ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

FACULTAD DE INGENIERIA EN CIENCIAS DE LA TIERRA

"ESTUDIO DE LA GESTIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS EN EL CANTÓN PUERTO BAQUERIZO MORENO (ISLA SAN CRISTÓBAL, PROVINCIA DE GALÁPAGOS)"

TESIS DE GRADO

Previo la obtención del Título de:

INGENIERO CIVIL

Presentada por:

NELA GEOVANNA LEÓN SÁNCHEZ
JUAN GABRIEL CHICO ÁLVAREZ

GUAYAQUIL – ECUADOR

2008

AGRADECIMIENTO

Nuestros agradecimientos muy sinceros a nuestros padres y hermanos Guillermo y María, Leonardo y Lusitania, Liliana, Andrea, Gabriela quienes cuyos ejemplos de superación estimularon nuestras ambiciones de superación en todos los aspectos positivos de la vida.

A nuestros compañeros por mirar siempre con optimismo el futuro. Éxitos por siempre.

A nuestros maestros un agradecimiento eterno e imperecedero por forjar en nosotros profesionales de éxito y con mentalidad positiva.

DEDICATORIA

Esta tesis es nuestro ideal, nuestro trabajo, nuestra inspiración, nuestro legítimo sentimiento de triunfo y una de las más altas y gratas satisfacciones de nuestras vidas. Por ello dedicamos esta tesis:

A Dios por permitirme terminar lo empezado, a mis padres Guillermo y María, por su confianza y paciencia, y a mi hijo, persona por la cual tengo que superarme cada día.

NELA

A Dios por estar siempre ahí velando por sus hijos y a mis queridos padres Leonardo y Lusitania, con infinito amor por guiarme por el sendero del bien y por su apoyo constante en el desarrollo de mis aspiraciones.

JUAN

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

Ing. Ricardo Gallegos
DECANO FICT
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Ing. Davis Matamoros
DIRECTOR DE TESIS

Ing. Albi Aguilar
VOCAL

Ing. Jorge Calle
VOCAL

DECLARACION EXPRESA

"La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, nos corresponde exclusivamente, y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL". (Art. 12 del Reglamento de Graduación de la ESPOL).

Autor de la tesis

Autor de la tesis

RESUMEN

En la sociedad, los residuos se originan en la mayor parte de las actividades humanas. Hasta una época relativamente reciente (antes del siglo XV), la producción de residuos era mínima, pues el número de habitantes era reducido, la actividad industrial nula, y los materiales se reutilizaban. Pero a partir de la Revolución Industrial (siglo XVII), el proceso productivo se desarrolla desmesuradamente y empiezan a acumularse residuos de todo tipo, en cantidad creciente, y muchos de los cuales originan contaminación ambiental.

Las islas Galápagos participan en este proceso productivo, y el manejo de los desechos sólidos en estas islas como la isla San Cristóbal (Puerto Baquerizo Moreno) – Galápagos, se ha convertido en una prioridad para las autoridades de la zona, pues la falta de control podría poner en riesgo este patrimonio natural.

El potencial mal manejo de desechos sólidos en el cantón Puerto Baquerizo Moreno – Isla de San Cristóbal podría perjudicar a las especies endémicas tanto en fauna como flora.

El sistema actual consiste en el transporte de los desechos hasta un vertedero libre, donde se puede producir auto-combustión en el mejor de los casos. Este vertedero no toma en cuenta la naturaleza del terreno (permeabilidad) con el consiguiente proceso de contaminación de aguas durante la época de lluvia, ni el problema de los humos y olores producidos en la auto-combustión, ni el de la presencia de roedores e insectos (estos son vehículos propagadores de gérmenes patógenos y de enfermedades contagiosas), ni dispersión de papeles y polvo por el viento, ni los atentados del paisaje.

La presente tesis plantea un proyecto en el que se utilizan técnicas para resolver el problema de la eliminación y tratamiento de los desechos sólidos urbanos para la isla San Cristóbal (Cantón Puerto Baquerizo Moreno), que como ya se indico, en la actualidad no dispone de un procedimiento racional de eliminación de residuos sólidos.

ÍNDICE GENERAL

Página

ÍNDICE DE TABLAS

Página

ÍNDICE DE FIGURAS

Página

CAPÍTULO 1.- INTRODUCCIÓN

1.1.- INTRODUCCIÓN

En la naturaleza, los residuos se originan a partir de la actividad productiva, por los seres vivos (plantas y animales). En la sociedad, los residuos se originan en la mayor parte de las actividades humanas. Hasta una época relativamente reciente (antes del siglo XV) [1], la producción de residuos era mínima, pues el número de habitantes era reducido, la actividad industrial nula, y los materiales se reutilizaban. Pero a partir de la Revolución Industrial (siglo XVII) [1], el proceso productivo se desarrolla desmesuradamente y empiezan a acumularse residuos de todo tipo, en cantidad creciente, y muchos de los cuales originan contaminación ambiental.

La generación de residuos es un fenómeno típicamente antrópico, determinado por las siguientes causas:

- Aumento demográfico de la población humana.
- Producción industrial creciente.

---

[1] Yadira Verónica Cordero Martínez, 1999, *Estudio de factibilidad para la implementación del manejo de residuos sólidos en una obra civil- Campamento Atahualpa*.

- Modelo consumista de las sociedades desarrolladas.
- Gestión económica donde prima la extracción, fabricación y consumo unidireccional, frente a la reutilización y reciclado de materiales.

Considerando que dentro de las etapas del ciclo de vida de los desechos sólidos (generación, transportación, almacenamiento, recolección, tratamiento y disposición final), las empresas constituyen el escenario fundamental, en el que se desarrollan y se vinculan las diferentes actividades asociadas al manejo de los mismos. Resulta esencial el tratamiento acertado de este tema y su consideración de forma priorizada en el contexto de las actividades de Gestión Ambiental.

Durante las dos últimas décadas, en nuestro país se han establecido varios sistemas de control para la gestión de los residuos, prestando especial atención a las estrategias de prevención (2). Sin embargo, a pesar de este énfasis en la prevención, la cantidad de residuos generados ha ido aumentando (2). El vertido y la incineración no controlada, en lugar del reciclaje, siguen siendo las prácticas predominantes en la gestión de residuos, lo cual pudimos apreciar en nuestra visita a San Cristóbal que

---

[2] Yadira Verónica Cordero Martínez, 1999, *Estudio de factibilidad para la implementación del manejo de residuos sólidos en una obra civil- Campamento Atahualpa*.

tenían como medida de Gestión de Residuos la del vertido y la incineración no controlada dicho anteriormente.

Se entiende por gestión de residuos sólidos a las acciones que deberán seguir las organizaciones dentro de un sistema de gestión ambiental, con la finalidad de prevenir y/o minimizar los impactos ambientales que pueden ocasionar la mala gestión de los desechos sólidos.

Un aspecto muy relevante en la gestión de los residuos consiste en conocer los impactos ambientales de las diferentes prácticas de gestión existentes. El aumento en la generación de residuos producida en Ecuador y en particular en la provincia de Galápagos durante los últimos años supone que las actividades de producción y consumo están incrementando las cantidades de materiales que cada año se devuelven al medio ambiente de una forma degradada. Esto representa una amenaza potencial a la integridad de los recursos renovables y no renovables. La gestión de residuos también posee una amplia variedad de impactos debido a que los procesos naturales dispersan los contaminantes y sustancias peligrosas hacia todos los componentes ambientales (aire, agua, suelo, paisaje, ecosistemas frágiles, las áreas protegidas, las áreas urbanas, asentamientos poblacionales en zonas rurales, etc.). La naturaleza y dimensión de estos impactos depende de la cantidad y composición de los residuos así como de los métodos adoptados para su manejo.

1.2.- ANTECEDENTES

Desde los comienzos de la humanidad el hombre se vio en la necesidad de vivir en grupos para poder sobrevivir. A partir de este esquema se formó el modo de vida actual, el cual es vivir en comunidades donde cada uno de los miembros posee un rol específico. Al principio cuando estos asentamientos no eran muy numerosos, el índice de contaminación que producían los mismos era muy bajo, y la naturaleza todavía tenía la capacidad de degradar todos los desechos.

Aunque los primeros humanos sin duda vivieron más o menos en armonía con el medio ambiente, como los demás animales, su alejamiento de la vida salvaje comenzó en la prehistoria, con la primera revolución agrícola. La capacidad de controlar y usar el fuego les permitió modificar o eliminar la vegetación natural, y la domesticación y pastoreo de animales herbívoros llevó al sobre-pastoreo y a la erosión del suelo [(3)]. El cultivo de plantas

---

[3] Yadira Verónica Cordero Martínez, 1999, *Estudio de factibilidad para la implementación del manejo de residuos sólidos en una obra civil- Campamento Atahualpa*.

originó también la destrucción de la vegetación natural para dar peso a las cosechas y la demanda de leña condujo a la denudación de montañas y al agotamiento de bosques enteros. Los animales salvajes se cazaban por su carne y eran destruidos en caso de ser considerados plagas o depredadores. No parecía haber problema, hasta que estos grupos empezaron a crecer con gran rapidez.

A partir de este momento se presentaron los dos problemas más importantes en una comunidad moderna: el abastecimiento de recursos y la eliminación de los desechos. Esto se explica mediante la segunda ley de la termodinámica, "No existe un proceso cuyo único resultado sea la absorción de calor de una fuente y la conversión íntegra de este calor en trabajo" [(4)], puesto que para poder abastecerse de alimentos o bienes las sociedades necesitan energía (biomasa) para transformarla y convertirla en algo útil (alimentos, vestido, etc.) Sin embargo se debe rechazar algo de esta energía en forma de desechos.

Es evidente que este es el problema más importante que una sociedad debe resolver para garantizar su supervivencia, prosperidad y por consiguiente la prosperidad de las generaciones venideras. Ya que un buen uso de los

---

[4] Yadira Verónica Cordero Martínez, 1999, *Estudio de factibilidad para la implementación del manejo de residuos sólidos en una obra civil-Campamento Atahualpa*.

recursos y un buen manejo de los desechos garantizan estabilidad al equilibrio ambiental. De aquí en adelante se usará el término desarrollo sustentable, que precisamente trata sobre preservar los recursos naturales tales que estos sean aprovechados y preservados por generaciones futuras.

Mientras las poblaciones humanas siguieron siendo pequeñas y su tecnología modesta, el impacto sobre el medio ambiente fue local. No obstante, al ir creciendo la población y mejorando y aumentando la tecnología, aparecieron problemas más significativos y generalizados. El rápido avance tecnológico producido tras la edad media culminó en la Revolución Industrial, que trajo consigo el descubrimiento, uso y explotación de los combustibles fósiles, así como la explotación intensiva de los recursos minerales de la Tierra fue con la Revolución Industrial cuando los seres humanos empezaron realmente a cambiar la faz del planeta, la naturaleza de su atmósfera y la calidad de su agua. Actualmente, el rápido crecimiento de la población humana y el desarrollo tecnológico someten al medio ambiente, produciendo un declive cada vez más acelerado en la calidad de éste y en su capacidad para sustentar la vida. (5)

---

5 Yadira Verónica Cordero Martínez, 1999, *Estudio de factibilidad para la implementación del manejo de residuos sólidos en una obra civil- Campamento Atahualpa*.

Por lo tanto, el manejo de los desechos sólidos en islas, como la isla San Cristóbal (Puerto Baquerizo Moreno) – Galápagos, se ha convertido en una prioridad para las autoridades de la zona, pues la falta de control podría poner en riesgo este patrimonio natural. En 1959, con el objetivo de administrar esta área, se establece el Servicio Parque Nacional Galápagos (SPNG), que es la entidad estatal encargada de la ejecución de los diversos programas de conservación y manejo de las islas.

El potencial mal manejo de desechos sólidos en la isla de San Cristóbal podría perjudicar a las especies endémicas tanto en fauna como flora. Por lo tanto, esta tesis propone un modelo de gestión integral de los residuos municipales.

1.3.- JUSTIFICACIÓN

En todas las regiones y países del mundo, la eliminación de los residuos de origen domestico, urbanos e industriales, plantea una serie de problemas. La presente tesis platea un proyecto en el que se utilizan técnicas para resolver el problema de la disposición final y tratamiento de los desechos sólidos urbanos generados en la isla San Cristóbal (Cantón Puerto Baquerizo Moreno), que en la actualidad no dispone de un procedimiento racional de eliminación de residuos sólidos.

El sistema actual consiste en el transporte de los desechos hasta un vertedero libre, donde se puede producir auto-combustión en el mejor de los casos. Este vertedero no toma en cuenta la naturaleza del terreno (permeabilidad) con el consiguiente proceso de contaminación de aguas durante la época de lluvia ni el problema de los humos y olores producidos en la auto-combustión, ni el de la presencia de roedores e insectos (que son vehículos propagadores de gérmenes patógenos y de enfermedades contagiosas), ni dispersión de papeles y polvo por el viento, ni los atentados del paisaje.

La tendencia cada vez mayor de la población de concentrarse en las zonas urbanas, acrecientan el problema y en la actualidad gracias a la experiencia obtenida en otros países, se puede aplicar la tecnología apropiada para evitarlo.

1.4.- OBJETIVOS

1.4.1 OBJETIVO GENERAL

Esta tesis busca dar solución al problema actual al cantón Puerto Baquerizo Moreno- San Cristóbal, en lo que respecta a sus desechos sólidos, sobre todo de origen doméstico.

1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar la cantidad de los residuos sólidos, generados en Puerto Baquerizo Moreno.
- Dar soporte a la definición e implementación de un nuevo modelo de gestión integral de los residuos para la zona en estudio.
- Realizar los estudios necesarios para la adecuada implementación de un sistema de Gestión integral de Residuos, cumpliendo con las regulaciones ambientales vigentes, sin alterar el hábitat en el lugar de disertación.
- Eliminar o minimizar los impactos generados por los desechos sólidos en el medio ambiente y la salud de la población en Puerto Baquerizo Moreno.

- Realizar un inventario y monitorear los desechos generados en las diferentes zonas de la isla.
- Proporcionar por medio de esta tesina la información necesaria para proyectos posteriores referente al tema estudiado.

1.5.- METODOLOGIA A EMPLEAR

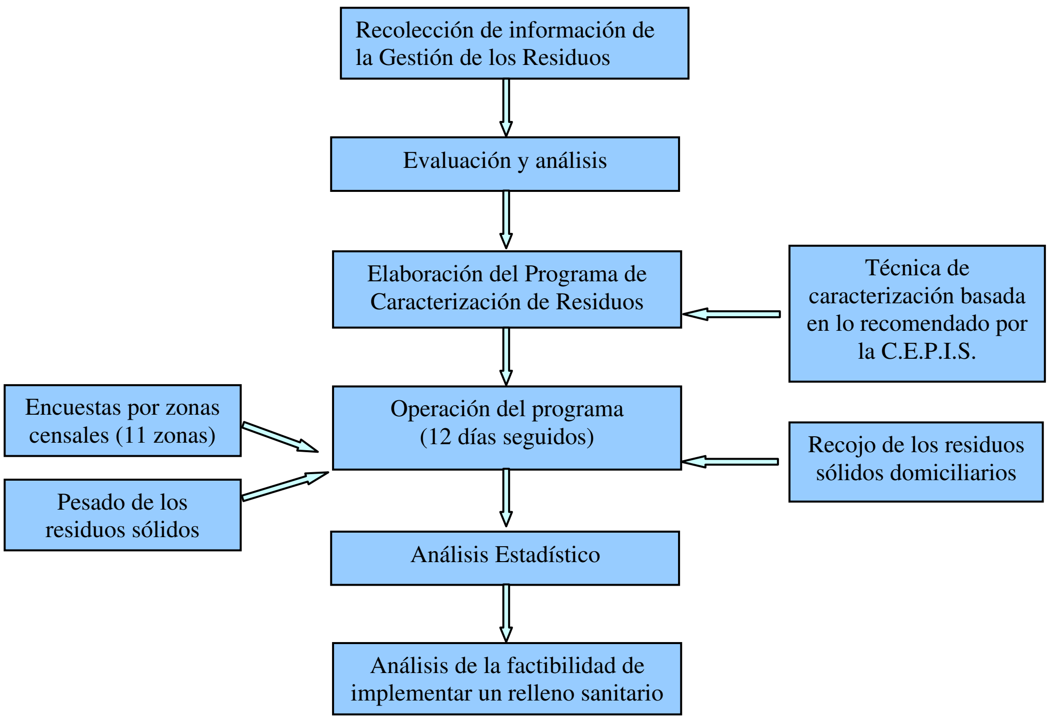


Figura 1.1
Metodología empleada

1.6.- SITUACIÓN ACTUAL DE LA ISLA SAN CRISTÓBAL

El Gobierno Municipal de la isla San Cristóbal, se halla en fase de definir un nuevo modelo de gestión integral de los residuos sólidos urbanos, motivado por la situación precaria del sistema actual el cual comprende un vertedero inestable y contaminante.

Con el objetivo de dar soporte a la definición e implementación de un nuevo modelo de gestión integral de los residuos, se ha firmado un convenio entre el Gobierno Municipal de San Cristóbal, el Programa ARAUCARIA de la Agencia Española de Cooperación Internacional (AECI) y del Parque Nacional Galápagos, el Instituto Catalán de Energía (ICAEN) y la Área Metropolitana de Barcelona (AMB).

En el cantón de Puerto Baquerizo Moreno, el programa ARAUCARIA contrató a ICAEN, con la aprobación del Municipio de San Cristóbal y la Agencia Metropolitana de Residuos del AMB, para elaborar un Plan Integral de Gestión de Residuos Sólidos de Puerto Baquerizo Moreno, San Cristóbal, Galápagos, quienes han dado gran aporte de información para la realización de esta tesis.

CAPÍTULO 2.- TEORÍA Y REVISIÓN DE INFORMACIÓN EXISTENTE EN EL PAÍS DEL MANEJO DE DESECHOS SÓLIDOS

2.1.- MANEJO DE DESECHOS SÓLIDOS EN EL ECUADOR

Desde hace varios años se ha implementado en las diferentes ciudades del Ecuador distintos sistemas para la recolección, tratamiento y disposición final de los residuos, siendo algunos de estos no muy eficientes, debido a estudios deficientes, una mala administración o por falta de fuentes de recursos.

EL MUNICIPIO DE LOJA

Una de las ciudades que constan con un sistema de gestión de residuos es la ciudad de Loja; considerada como una ciudad pionera en la protección del medio ambiente urbano. La ejecución de su programa de gestión integral de residuos sólidos ha sido un éxito. Este programa consta de aplicaciones puramente técnicas, combinadas con aspectos de educación cívica sobre erradicación de la pobreza, integración de grupos socialmente marginados y creación de incentivos para los consumidores. La gestión de residuos sólidos está relacionada con la protección del suelo y con las intervenciones sobre el paisaje urbano. La iniciativa se acompaña de continuas campañas informativas y monitoreo de resultados. Durante los cinco años transcurridos desde el inicio del programa (1996-2001), numerosos municipios tanto ecuatorianos como extranjeros, se han interesado y han visitado la zona. La iniciativa tiene intención de establecer una unidad específica municipal de asesoramiento técnico para otras municipalidades (transferencia horizontal de tecnología). Recientemente se ha iniciado en este sentido una colaboración con la Asociación de Municipalidades del Ecuador AME para garantizar la sostenibilidad y la continuidad de dicho asesoramiento.

Como primera medida, el Municipio de Loja construyó un vertedero controlado y a continuación comenzó la colección selectiva de desechos biodegradables y no biodegradables. Este tipo de actividad se ha extendido a más del 80% de la ciudad. Los repetidos análisis de muestras de basura confirman que alrededor del 90% de los hogares la separa adecuadamente.

Se han desarrollado dos proyectos productivos en torno a los residuos:

a) Los residuos biodegradables son utilizados para la fabricación de compost como fertilizante alternativo.

b) Los residuos no biodegradables son enviados a una planta de reciclaje donde papel, cartón, plásticos, vidrio y metales son recuperados, procesados y vendidos a las industrias que los emplean como materias primas.

El programa ha conseguido una considerable reducción de la contaminación en el entorno de Loja, una mejora en las condiciones sanitarias y una mayor conciencia ambiental de los ciudadanos. Ambos proyectos son económicamente sostenibles y beneficiosos para toda la comunidad.

El programa de gestión integral de residuos sólidos en Loja aspira a la sostenibilidad económica, ecológica y social. Para asegurar su continuidad, más allá de cambios políticos, crisis económicas u otras influencias externas, se ha integrado en la legislación municipal.

Algunas partes del proyecto ya han demostrado su sostenibilidad económica. Los ingresos por las ventas en la planta de compostaje por lombricultura cubren los gastos e incluso aseguran un pequeño beneficio. En la planta de reciclaje, la producción actual cubre los gastos de personal y se espera que cubra todos los costes operativos. El tratamiento especial de los residuos hospitalarios es pagado íntegramente por los productores.

Las tasas de basuras pagadas por los ciudadanos son insuficientes para financiar los costes de recolección y almacenamiento de residuos, las campañas educativas y los gastos en formación y capacitación. El municipio subsidia estos gastos. En Ecuador constituye un problema nacional el que los ciudadanos no paguen el coste real de la gestión de los residuos. El Municipio de Loja se ha planteado subir gradualmente las tasas hasta su valor real (cinco veces mayor), pero el plan ha sido desechado teniendo en cuenta la carga financiera ya impuesta a la población con las ventas de los cubos de basura.

Hasta ahora, la consultoría técnica para otros municipios es gratuita. Considerando el importante beneficio ambiental que supone a escala nacional, creemos que esta actividad debería ser integrada a largo plazo en un programa de asistencia gubernamental. Ya se han dado los primeros pasos concretados en consultas con el Banco Central por parte del Gobierno.

Para asegurar el mayor consenso posible sobre el "modus operandi" del programa se solicitan continuamente las opiniones de todas las partes implicadas. Los ciudadanos son invitados a criticar, proponer o discutir asuntos durante la campaña puerta a puerta o directamente en la sede municipal. El programa se ha ampliado a la totalidad de la población, teniendo en cuenta las diferencias de estatus social e ingresos (adquisición a plazos de los cubos de basura, contenedores gratuitos en asentamientos marginales) y las diferencias de cultura (urbana/rural).

MUNICIPIO DE GUAYAQUIL

Guayaquil es un buen ejemplo de una ciudad cuyo acelerado crecimiento urbano de acuerdo a censos realizados por el Instituto Nacional Ecuatoriano y Censos (INEC) durante la década de los ochenta, exacerbó los problemas de recolección de basura y eliminación de desechos sólidos. (6)

En 1990 la ciudad sólo podía recolectar un tercio de las 1,200 toneladas métricas de basura y desechos sólidos que se generaban diariamente. El problema se agravó de tal manera que algunas avenidas comenzaron a ser utilizadas como botaderos públicos a cielo abierto, deteriorando gravemente el medio ambiente. En octubre de 1990 la situación fue tan aguda que el gobierno de Ecuador se vio obligado a declarar un estado de emergencia sanitaria, debido a que la cantidad de basura acumulada en las calles amenazaba con propagar enfermedades.

Ante esta situación las autoridades locales de Guayaquil decidieron contratar la ayuda especializada de consultores extranjeros para llevar a cabo una

---

[6] CONSORCIO ILM, "*RELLENO SANITARIO "LAS IGUANAS"*".

reorganización del servicio de recolección de basura, que debía contemplar la construcción de una planta de incineración para los desechos sólidos y la creación y operación de un sistema de reciclamiento de basura que permitiría emplear a unas 110 familias de recicladores (chamberos) asentadas en las inmediaciones de los botaderos. Por último, se recomendó que los contratos de recolección fueran establecidos por un periodo de diez años para bajar los costos de la licitación.

El pago del servicio estaría sujeto al número de toneladas de basura recolectadas y verificado mediante un sistema de básculas instalado en los botaderos. Para la construcción de la planta de incineración y tratamiento de basura se debería establecer un sólo contrato para mantener los costos en un nivel adecuado. Además, se determinó que la compañía que construyera la planta, también tendría que operarla, lo que incentivará al constructor a mejorar el diseño para no tener problemas de operación. [7]

El proyecto realizado por los consultores externos fue aprobado por la municipalidad y actualmente se encuentra en proceso de instrumentación. El sistema empleado en Guayaquil implica una privatización parcial de los servicios municipales de recolección de basura para mejorar el servicio. Sin

[7] CONSORCIO ILM, "*RELLENO SANITARIO "LAS IGUANAS""*.

duda, las tarifas por la recolección de basura se incrementarán. Se crearía un programa de reciclamiento para los desechos sólidos y este último también permitirá proporcionar empleo a muchos recicladores que constituyen uno de los sectores más marginados de Guayaquil. Sin duda el plan inicial no ha sido cubierto en su totalidad ya que la parte recicladora de los residuos no se ha concretado todavía.

Para tener una idea de la situación de Guayaquil en el pasado podemos dividir esta transformación del sistema de recolección de basura, en 3 etapas: 1988-1992, 1992-2000, 2000-2004.

En la primera etapa, las autoridades de Guayaquil no tenían capacidad de colectar la basura. La crisis política y administrativa de ese entonces fue tan aguda que la municipalidad no hacía nada de lo que estaba en sus obligaciones con respecto a aseo urbano. La colección estaba bajo entera responsabilidad del municipio, lo que sumado con la crisis administrativa generaba un gran problema, el servicio era ineficiente y solo brindaba cobertura al 40% de todos los desechos que requerían ser removidos sin mencionar el manejo de la deposición final de los desechos.(8)

---

[8] CONSORCIO ILM, *"RELLENO SANITARIO "LAS IGUANAS""*.

En este tipo de recolección había básicamente 3 problemas principales.

- El excesivo número de empleados.
- Mal manejo de los desechos
- Cobertura y falta de logística en la ciudad.

El excesivo número de empleados que en el año de 1992 llegó a ser de 2170, hacía muy costoso el sistema de recolección. A esto se le agrega sin contar el costo de mantenimiento de vehículos recolectores, los cuales la mayoría estaban en mal estado o no funcionaban.

Los desechos recolectados de la ciudad eran enviados a un botadero a cielo abierto llamado botadero de San Eduardo, el cual no poseía ningún tipo de infraestructura para el manejo de los desechos. Vectores de enfermedades como ratas, gallinazos e insectos florecieron debido al abundante alimento proporcionado por la basura. Los lixiviados eran descargados directamente en el Estero Salado lo que generaba la contaminación del mismo.
Esto sigue siendo un problema muy significativo era la falta de sitios de almacenamiento temporal de desechos en la ciudad, sumado a la falta de educación y conciencia ambiental de la población. Es decir, que la ciudadanía no se comprometía con la limpieza de la ciudad quizás debido a

la ausencia de campañas de limpieza y educación en las escuelas para el adecuado manejo de los desperdicios.

De 1990 al 2000 se trató de mejorar este servicio contratando a empresas privadas para que se encarguen del manejo de los desechos. En abril de 1992 se declaró a la ciudad de Guayaquil en estado de emergencia sanitaria y se creó una comisión para que realice los estudios para la creación de un relleno sanitario. La ciudad fue dividida en dos zonas, A y B otorgándose el permiso para manejo de desechos a las empresas Ecualimpia y Bande respectivamente, sólo para la recolección de residuos mientras el municipio se encargaba de la disposición final. Sin embargo, se seguía utilizando el mismo botadero de San Eduardo. (9)

Adicional a la contaminación ambiental, se incrementaba el impacto social ya que en este botadero vivían y trabajaban cientos de familias (chamberos) que literalmente vivían de la basura, generando un problema de salubridad y derechos humanos. El 16 de agosto de 1993, El M.I. Municipio de Guayaquil convocó a licitación pública internacional para la concesión del servicio de colección, barrido y limpieza de vías públicas, transportes y descargas de desechos sólidos, en la ciudad de Guayaquil. El consorcio (Canadiense-

[9] CONSORCIO ILM, "*RELLENO SANITARIO "LAS IGUANAS""*.

Ecuatoriano) Vachagnon, fue considerada la oferta más económica y conveniente a los intereses de la M.I. Municipio de Guayaquil y de la ciudad para el proceso de colección de los desechos sólidos. Este consorcio comenzó a operar en el servicio de colección de desechos y barrido de vías públicas de la ciudad de Guayaquil, bajo un contrato que estuvo vigente hasta septiembre de 2001.

El año 1994 marca la transición histórica en la ciudad de Guayaquil (2.5 millones de habitantes), se concreta el sueño de contar con un sistema moderno y funcional en el proceso de recolección de desechos sólidos que genera la ciudad.

En dicho año, se convoca a una nueva licitación para el servicio de recolección de desechos sólidos, donde resulta ganador nuevamente el Consorcio Vachagnon, renovándose así el contrato por 7 años más, es decir, desde el 2002 hasta el 2009.

Respecto al servicio de disposición final Vachagnon opera las actividades del relleno, el cual también fue concesionado después de la construcción del relleno sanitario en el sector "Las iguanas" al norte de la ciudad.

El 13 de febrero de 1994, se convocó a licitación pública internacional la prestación del servicio de disposición final de las basuras no peligrosas en el relleno sanitario por un periodo de 7 años. El consorcio Ecuatoriano ILM fue el ganador del proceso de licitación para la disposición final de desechos sólidos. La compañía inició sus operaciones el 28 de Septiembre de 1994, y actualmente se encuentra en prórroga ya que se está realizando el nuevo proceso de licitación para escoger al nuevo operador para un periodo de 7 años.

2.2.- RESIDUOS Y CLASIFICACIÓN

Se entiende por desechos sólidos a aquellos desperdicios no peligrosos, putrescible o no putrescible, con excepción de excretas de origen humano o animal. Se comprende en la misma definición los desperdicios, cenizas, elementos del barrido de calles, desechos industriales, de establecimientos hospitalarios no contaminantes, plazas de mercado, ferias populares, playas, escombros, entre otros. (10)

[10] Yadira Verónica Cordero Martínez, 1999, *Estudio de factibilidad para la implementación del manejo de residuos sólidos en una obra civil- Campamento Atahualpa*.

Es todo sólido, líquido o gas confinado que ha dejado de ser útil para el ser humano. Posee:

- Fracción Orgánica (restos alimenticios, papel, cartón, plásticos, textiles, caucho y cuero).
- Fracción Inorgánica (vidrio, hojalatas, aluminio, otros metales, polvo).

El residuo se puede clasificar de varias formas, tanto por estado, origen o característica

CLASIFICACIÓN POR ESTADO

Un residuo es definido por estado según el estado físico en que se encuentre. Existe por lo tanto tres tipos de residuos desde este punto de vista sólidos, líquidos y gaseosos, es importante notar que el alcance real de esta clasificación puede fijarse en términos puramente descriptivos o, como es realizado en la practica, según la forma de manejo asociado : por ejemplo un tambor con aceite usado y que es considerado residuo, es intrínsicamente un liquido, pero su manejo va a ser como un sólido pues es transportado en camiones y no por un sistema de conducción hidráulica.
En general un residuo también puede ser caracterizado por sus características de composición y generación.

CLASIFICACIÓN POR ORIGEN

Se puede definir el residuo por la actividad que lo origine, esencialmente es una clasificación sectorial. Esta definición no tiene en la práctica límites en cuanto al nivel de detalle en que se puede llegar en ella. (11)

TABLA 2.1
Clasificación de los residuos sólidos según su origen

Residuos domiciliarios (Casas particulares):	• residuos orgánicos biodegradables • materiales recuperables como vidrio, papel, cartón y metal • residuos especiales (con contenido de sustancias peligrosas), por ej.: pilas, envases de spray, químicos de hogar, etc. • residuos domiciliarios de tipo comercial • materiales voluminosos (muebles, chatarra, escombros, etc.)
Residuos comunales (Aseo público)	• polvo de calle, basura, etc. • desechos vegetales provenientes de áreas verdes públicas (poda de árboles)
Residuos comerciales: Restaurantes, tiendas, supermercados, etc.	• residuos comerciales tipo domiciliario (papel, cartón, metal, o residuos orgánicos biodegradables) • escombros
Residuos Sólidos Industriales (RIS)	• RIS asimilables a los RS domiciliarios • RIS especiales o peligrosos
Residuos de Hospitales y consultorios	• residuos hospitalarios tipo domiciliario • residuos hospitalarios infecciosos

[11] Yadira Verónica Cordero Martínez, 1999, *Estudio de factibilidad para la implementación del manejo de residuos sólidos en una obra civil-Campamento Atahualpa*.

TIPOS DE RESIDUOS MÁS IMPORTANTES:

- **Residuos domiciliarios:**

La generación de residuos domiciliarios 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. El creciente desarrollo de la economía ecuatoriana ha traído consigo un considerable aumento en la generación de estos residuos. Los sectores de más altos ingresos generan mayores volúmenes per-cápita de los residuos, y estos residuos tienen un mayor valor incorporado que los provenientes de sectores más pobres de la población. (12)

- **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.

---

[12] Ingeniería Ambiental & Medio Ambiente , *Residuos sólidos*, noviembre del 2000, http://www.fortunecity.es/expertos/profesor/171/residuos.html

- **Residuos hospitalarios:**

Actualmente el manejo de los residuos hospitalarios no es el más apropiado, al no existir un reglamento claro al respecto. El manejo de estos residuos es realizado a nivel de generador y no bajo un sistema descentralizado. A nivel de hospital los residuos son generalmente esterilizados.

La composición de los residuos hospitalarios varía desde el residuo tipo residencial y comercial a residuos de tipo medico conteniendo substancias peligrosas. (13)

Según el Integrated Waste Management Board de California USA se entiende por residuo médico como aquel que esta 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.

---

[13] Ingeniería Ambiental & Medio Ambiente , *Residuos sólidos*, noviembre del 2000, http://www.fortunecity.es/expertos/profesor/171/residuos.html

CLASIFICACIÓN POR TIPO DE MANEJO

Se puede clasificar un residuo por presentar algunas características asociadas al manejo que debe ser realizado: Desde este punto de vista se pueden definir tres grandes grupos:

a) **Residuo peligroso:** Son residuos que por su naturaleza son inherentemente peligrosos de manejar y/o disponer y pueden causar muerte, enfermedad; o que son peligrosos para la salud o el medio ambiente cuando son manejados en forma inapropiada. (14)

b) **Residuo inerte:** Residuo estable en el tiempo, el cual no producirá efectos ambientales apreciables al interactuar en el medio ambiente.(14)

c) **Residuo no peligroso:** Ninguno de los anteriores.

[14] Ingeniería Ambiental & Medio Ambiente , *Residuos sólidos*, noviembre del 2000, http://www.fortunecity.es/expertos/profesor/171/residuos.html

2.3.- ELEMENTOS FUNCIONALES EN EL MANEJO DE DESECHOS SÓLIDOS

Los problemas asociados a la gestión de residuos sólidos en la sociedad actual son complejos, por la cantidad y la naturaleza diversa de los residuos, por el desarrollo de zonas urbanas dispersas, por las limitaciones de fondos para los servicios públicos en muchas grandes ciudades, por los impactos de la tecnología y por las limitaciones emergentes de energía y materias primas. En consecuencia, si la gestión de residuos sólidos hay que realizarla de una forma eficaz y ordenada, las relaciones y los aspectos fundamentales implicados deben ser identificados y ajustados para la uniformidad de los datos, y comprendidos claramente.

Las actividades asociadas a la gestión de residuos sólidos, desde el punto de generación hasta la evacuación final, han sido agrupados en seis elementos funcionales: 1) generación de residuos; 2) manipulación y separación de residuos, almacenamiento y procesamiento en origen; 3) recogida; 4) separación y procesamiento y transformación de residuos sólidos; 5) transferencia y transporte; 6) evacuación. (15)

---

[15] George Tchobanoglous, Hilary Theisen, Samuel Vigil, *Gestión Integral de Residuos Sólidos, Volumen I*, Traducción y revisión técnica Juan Ignacio Tejero Monzón, José Luis Gil Díaz, Marcel Szanto Narea. — Madrid : McGraw-Hill, 1998.

Los elementos funcionales se ilustran en la figura 2.1. Mediante la consideración de cada elemento funcional por separado, es posible: 1) Identificar los aspectos y las relaciones fundamentales implicadas en cada elemento.

2) Desarrollar donde sea posible relaciones cuantificables para poder realizar comparaciones, análisis y evaluaciones de ingeniería.

Esta separación de elementos funcionales es importante porque permite el desarrollo de un marco dentro del cual se puede evaluar el impacto de los cambios producidos y de los adelantos tecnológicos futuros. Por ejemplo, el medio de transporte en la recogida de residuos sólidos ha evolucionado desde el carro de tiro hasta el vehiculo motorizado pero el método fundamental de recogida o sea, la necesaria manipulación física manual sigue siendo el mismo. (16)

Generación de residuos. Generación de residuos abarca las actividades en las que los materiales son identificados como sin ningún valor adicional, y o bien son tirados o bien son recogidos juntos para la evacuación. Por ejemplo,

---

[16] Yadira Verónica Cordero Martínez, 1999, *Estudio de factibilidad para la implementación del manejo de residuos sólidos en una obra civil-Campamento Atahualpa*.

el envoltorio de una chocolate normalmente se considera de poco valor para el propietario una vez consumido, y suele suceder que se tira, especialmente, al aire libre. Es importante anotar en la generación de residuos que hay un paso de identificación y que este paso varía con cada residuo en particular.

La generación de residuos es, de momento, una actividad poco controlable. En el futuro, sin embargo, se ejercerá un mayor control sobre la generación de los residuos. En los estados donde los objetivos de desviación son establecidos por ley, y tienen que ser cumplidos bajo amenaza de sanción económica, es necesario instalar un sistema claro para controlar la desviación de residuos. La reducción en el origen, aunque no este controlada por gestores de residuos sólidos, actualmente esta incluida en las evaluaciones del sistema como un método para limitar las cantidades de residuos generados. (17)

Manipulación de residuos y separación, almacenamiento y procesamiento en el origen. El segundo de los seis elementos funcionales en el sistema de gestión de los residuos sólidos es la manipulación de residuos, y la separación, el almacenamiento y el procesamiento en el origen. La manipulación y la separación de residuos involucra las actividades

[17] George Tchobanoglous, Hilary Theisen, Samuel Vigil, *Gestión Integral de Residuos Sólidos, Volumen I*, Traducción y revisión técnica Juan Ignacio Tejero Monzón, José Luis Gil Díaz, Marcel Szanto Narea. — Madrid : McGraw-Hill, 1998.

asociadas con la gestión de residuos hasta que estos son colocados en contenedores de almacenamiento para la recogida. La manipulación incluye el movimiento de los contenedores cargados hasta el punto de recogida. La separación de los componentes de los residuos es un paso importante en la manipulación y el almacenamiento de los residuos sólidos en el origen. Por ejemplo, desde el punto de vista de las especificaciones de los materiales, y de los ingresos de la venta de los materiales recuperados, el mejor lugar para separar los materiales residuales, para la reutilización y el reciclaje, es en el punto de generación, osea en viviendas, restaurantes, hoteles, etc. Actualmente la separación en el origen de los residuos peligrosos por los ciudadanos esta siendo discutida e implantada en varios grados en distintas partes del mundo.

El almacenamiento in situ es de una importancia primordial, debido a la preocupación por la salud pública y a consideraciones estéticas. Los desagradables recipientes improvisados e incluso el almacenamiento al aire libre, ambos indeseables, se ven a menudo en muchos lugares comerciales y residenciales. El coste de equipo para almacenar los residuos sólidos en el origen normalmente corre a cargo del propietario de la casa o apartamento, o de la dirección de las propiedades comerciales e industriales. El procesamiento en el origen incluye actividades como la compactación y el compostaje de residuos de jardinería.

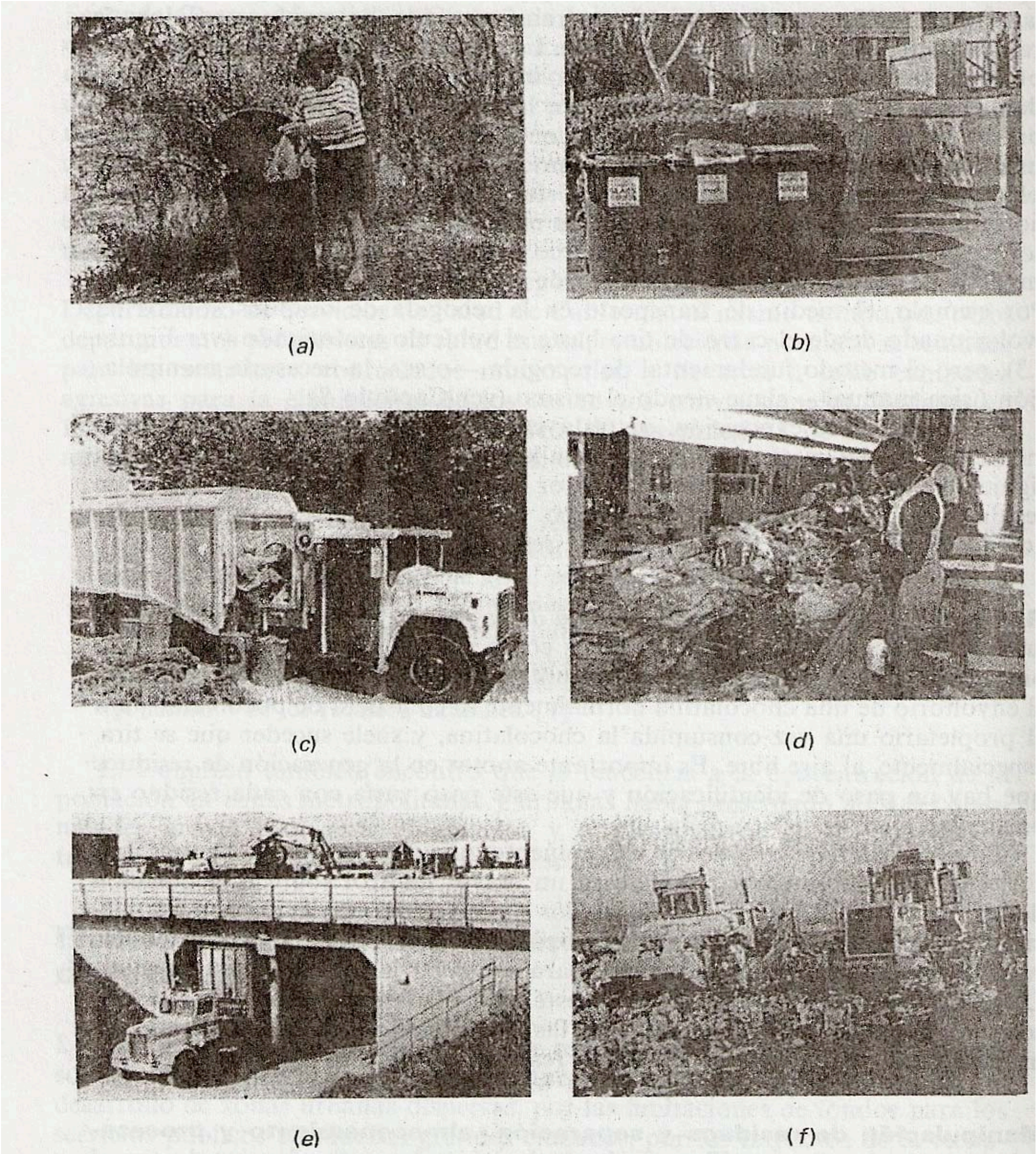


FIGURA 2.1
Fuente: TCHOBANOGLOUS, Vol. 1, Pág.12

Imágenes de los elementos funcionales que constituyen un sistema de gestión de residuos sólidos: (a) generación de residuos; (b) manipulación y separación, almacenamiento y procesamiento de residuos en el origen; (c) recogida; (d) separación y procesamiento y transformación de residuos sólidos: (e) transferencia y transporte, y (f) evacuación.

Recogida. El elemento funcional de la recogida, incluye no solamente la recogida de residuos sólidos y de materiales reciclables, sino también el transporte de estos materiales, después de la recogida, al lugar donde se vacía el vehículo de recogida. Este lugar puede ser una instalación de procesamiento de materiales, una estación de transferencia o un vertedero. En las pequeñas ciudades, donde los lugares de evacuación final están cerca, el transporte de residuos no es un problema grave. En las grandes ciudades, sin embargo, donde la distancia desde el punto de recogida hasta el punto de evacuación es a menudo de más de 20 kilómetros, esta distancia puede tener significativas implicaciones económicas. Cuando hay que recorrer largas distancias, normalmente se utilizan las instalaciones de transferencia y transporte. (18)

Separación, procesamiento y transformación de residuos sólidos. Separación, procesamiento y transformación de materiales de los residuos sólidos es el cuarto de los elementos funcionales. La recuperación de materiales separados, la separación y el procesamiento de los componentes de los residuos sólidos, y la transformación del residuo sólido, que se produce principalmente en localizaciones fuera de la fuente de generación de

[18] George Tchobanoglous, Hilary Theisen, Samuel Vigil, *Gestión Integral de Residuos Sólidos, Volumen I*, Traducción y revisión técnica Juan Ignacio Tejero Monzón, José Luis Gil Díaz, Marcel Szanto Narea. — Madrid : McGraw-Hill, 1998.

residuos, están englobados en este elemento funcional. Los tipos de medios e instalaciones utilizados en la actualidad para la recuperación de materiales residuales que han sido separados en el origen incluye la recogida en la acera, los centros de recogida selectiva y los centros de recompra. La separación y el procesamiento de residuos que han sido separados en el origen y la separación de residuos no seleccionados normalmente tienen lugar en las instalaciones de recuperación de materiales, estaciones de transferencia, instalaciones de incineración y lugares de evacuación. El procesamiento frecuentemente incluye: la separación de objetos voluminosos; la separación de los componentes de los residuos, por tamaño, utilizando cribas; la separación manual de los componentes de los residuos; la reducción del tamaño, mediante trituración; la separación de metales férreos, utilizando imanes; la reducción del volumen por compactación, y la incineración.

Los procesos de transformación se emplean para reducir el volumen y el peso de los residuos que han de evacuarse, y para recuperar productos de conversión y energía. La fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos (RSU) puede ser transformada mediante una gran variedad de procesos químicos y biológicos. El proceso de transformación química mas frecuente utilizado es la incineración, que se usa conjuntamente con la recuperación de energía, en forma de calor. El proceso de transformación biológica comúnmente utilizado es el compostaje aerobio. La selección de una serie dada de procesos dependerá de los objetivos buscados en la gestión de residuos. (19)

Transferencia y transporte. El elemento funcional transferencia y transporte comprende dos pasos: 1) la transferencia de residuos desde un vehículo de recogida pequeño hasta un equipo de transporte mas grande, y transporte subsiguiente de los residuos, normalmente a través de grandes distancias, a un lugar de procesamiento o evacuación. La transferencia normalmente tiene lugar en las estaciones de transferencia. Aunque el transporte mediante vehículo motorizado es el más común, también se usan para el transporte de los residuos los vagones de ferrocarril y las barcazas. (19)

Evacuación. El último elemento funcional en el sistema de gestión de residuos sólidos es la evacuación. Hoy en día, la evacuación de los residuos sólidos mediante los vertederos controlados o la extensión en superficie es el destino último de todos los residuos, bien sean residuos urbanos recogidos y

---

[19] George Tchobanoglous, Hilary Theisen, Samuel Vigil, *Gestión Integral de Residuos Sólidos, Volumen I*, Traducción y revisión técnica Juan Ignacio Tejero Monzón, José Luis Gil Díaz, Marcel Szanto Narea. — Madrid : McGraw-Hill, 1998.

transportados directamente a un lugar de vertido, o materiales residuales de instalaciones de recuperación de materiales (IRM), o rechazos de la combustión de residuos sólidos, o compost, u otras sustancias de diferentes instalaciones de procesamiento de residuos sólidos. Un vertedero controlado moderno no es un basurero; es una instalación de ingeniería utilizada para la evacuación de residuos sólidos en el suelo o dentro del manto de la tierra, sin crear incomodidades o peligros para la seguridad o la salud pública, tales como la reproducción de ratas e insectos, y la contaminación de aguas subterráneas.

La calificación de los terrenos llega a ser un determinante primordial en la selección, el diseño y el funcionamiento de las instalaciones de procesamiento y de los vertederos. Para todos los nuevos lugares de vertido se requieren declaraciones del impacto ambiental, para asegurar el compromiso con los temas de salud pública, estética y uso futuro del terreno. (20)

---

[20] George Tchobanoglous, Hilary Theisen, Samuel Vigil, *Gestión Integral de Residuos Sólidos, Volumen I*, Traducción y revisión técnica Juan Ignacio Tejero Monzón, José Luis Gil Díaz, Marcel Szanto Narea. — Madrid : McGraw-Hill, 1998.

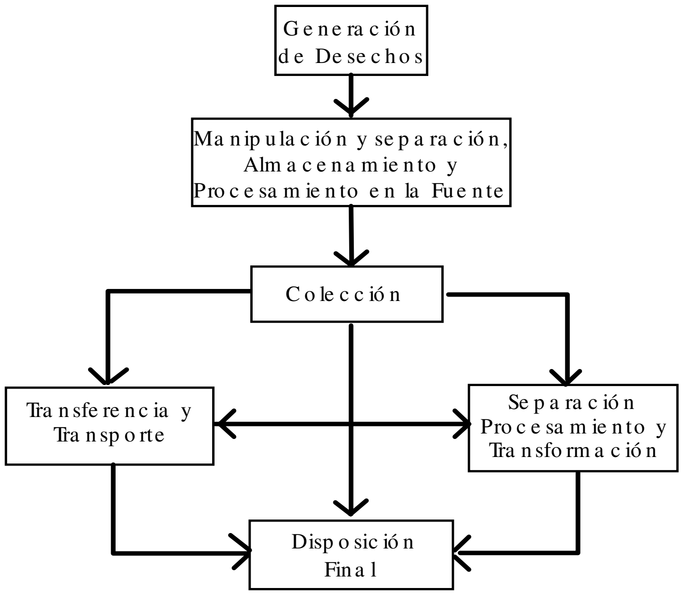


FIGURA 2.2
Fuente: TCHOBANOGLOUS, Vol.1, Pág. 13
Elementos funcionales en el manejo de los desechos sólidos

2.4.- ESCALA DE JERARQUÍAS PARA EL TRATAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS

Puede utilizarse una jerarquía (organización por orden de rango) en la gestión de residuos para clasificar las acciones en la implantación de programas dentro de la comunidad. La jerarquía de Gestión integral de Residuos Sólidos (GIRS) adoptada por la Agencia de Protección Ambiental en EE.UU. (EPA) esta formada por los siguientes elementos: reducción en origen, reciclaje, incineración de residuos, y vertido. La jerarquía de gestión integral de residuos sólidos utilizada en la presente tesis es: reducción en origen, reciclaje, transformación de residuos y vertido. El término transformación de residuos sustituye al término de USEPA incineración, que es demasiado limitado. Dentro de la más amplia interpretación de la jerarquía de GIRS, deberían desarrollarse programas y sistemas de GIRS en los que los elementos de la jerarquía se interrelacionen y se seleccionen para completarse el uno al otro. Por ejemplo, la recogida por separado de los residuos de jardinería puede utilizarse para afectar positivamente al funcionamiento de una instalación de incineración con recuperación de energía.

Es importante resaltar que USEPA no hace una distinción entre la transformación de residuos (incineración) y vertido; ambos son vistos como componentes viables de un programa integral de gestión de residuos. Sin embargo, algunos estados y organizaciones han adoptado una interpretación más restrictiva de la jerarquía de GIRS. En la interpretación mas restrictiva, el reciclaje solo puede considerarse después que ha sido hecho todo lo posible para reducir la cantidad de residuo en el origen. De forma similar, la transformación de residuos es estudiada solamente después que se ha logrado la máxima cantidad de reciclaje.

Reducción en origen. El rango más alto de la jerarquía de GIRS, la reducción en origen, implica reducir la cantidad y/o toxicidad de los residuos que son generados en la actualidad. La reducción en origen está en el primer lugar en la jerarquía porque es la forma más eficaz de reducir la cantidad de residuo, el coste asociado a su manipulación y los impactos ambientales. La reducción de residuos puede realizarse a través del diseño, la fabricación y el envasado de productos con un material tóxico mínimo, un volumen mínimo de material, o una vida útil más larga. La reducción de residuos también puede realizarse en la vivienda y en la instalación comercial o industrial, a través de formas de compra selectivas y de la reutilización de productos y materiales. (21)

Reciclaje. En segundo lugar en la jerarquía esta el reciclaje, que implica: 1) la separación y la recogida de materiales residuales; 2) la preparación de estos materiales para la reutilización, el reprocesamiento, y transformación en nuevos productos, y 3) la reutilización, reprocesamiento, y nueva fabricación de productos. El reciclaje es un factor importante para ayudar a reducir la demanda de recursos y la cantidad de residuos que requieran la evacuación mediante vertido.

[21] George Tchobanoglous, Hilary Theisen, Samuel Vigil, *Gestión Integral de Residuos Sólidos, Volumen I*, Traducción y revisión técnica Juan Ignacio Tejero Monzón, José Luis Gil Díaz, Marcel Szanto Narea. — Madrid : McGraw-Hill, 1998.

Transformación de residuos. En tercer lugar en la jerarquía de GIRS, se encuentra la transformación de residuos; ésta implica la alteración física, química o biológica de los residuos. Típicamente, las transformaciones físicas, químicas y biológicas que pueden ser aplicadas a los RSU son utilizadas:

1. para mejorar la eficacia de las operaciones y sistemas de gestión de residuos;

2) para recuperar materiales reutilizables y reciclables; 3) para recuperar productos de conversión (por ejemplo, compost), y energía en forma de calor, y biogás combustible. La transformación de materiales de los residuos normalmente da lugar a una mayor duración de la capacidad de los vertederos. La reducción del volumen de residuos mediante la combustión es un ejemplo bien conocido.

Vertido. Por último, hay que hacer algo con: 1) los residuos sólidos que no pueden ser reciclados y no tienen ningún uso adicional; 2) la materia residual que queda después de la separación de residuos sólidos en una instalación de recuperación de materiales; 3) la materia residual restante después de la recuperación de productos de conversión o energía. Solo hay dos alternativas disponibles para la manipulación a largo plazo de residuos sólidos y materia residual: evacuación encima o dentro del manto de la tierra y evacuación en el fondo del océano. El vertido, en la cuarta posición de la jerarquía de GIRS, implica la evacuación controlada de residuos encima o dentro del manto de la tierra, y es el método más común para la evacuación final de residuos. El vertido esta en la posición más baja de la jerarquía de GIRS porque representa la forma menos deseada por la sociedad de tratar los residuos.

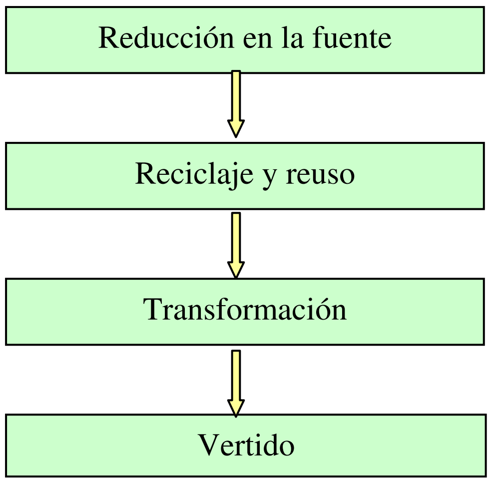


Figura 2.3
Fuente: TCHOBANOGLOUS, Vol. 1
Escala de jerarquías para el tratamiento de residuos sólidos

2.5.- FACTORES QUE AFECTAN LA GENERACIÓN DEL DESECHO

Estos factores se refieren a los hechos que producirán una variación en la cantidad de basura que se puede generar y que es desviado del flujo normal de residuos.

Generalmente estos factores tienen que ver con:

- Actividades de reciclaje y reducción
- Actitud pública y legislación
    - Hábitos de consumo y estilo de vida.
    - Educación
- Factores físicos y geográficos
    - Localización geográfica.
    - Temporada del año.
    - Frecuencia de colección.

En el cantón Puerto Baquerizo Moreno – isla San Cristóbal las cantidades de residuos generadas se verán afectadas por:

- La época del año, si es lluvioso o seca por la frecuencia de turistas en temporada.

2.6.- COMPONENTES O ETAPAS PARA REALIZAR UN MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS

- Planificación del Programa.
- Reconocimiento de las Variables Ambientales que impactan en el proyecto.
- Información o divulgación de los programas y objetivos.
- Manejo de Residuos Sólidos.
  - Programa de Reducción de Residuos / Reutilización.
  - Divulgación de Medidas.
  - Programa de Reciclaje.

    Separación en La Fuente.

    Almacenamiento.

    Venta.
- Análisis del transporte.
- Análisis de la disposición Final y tratamiento.
- Análisis y Monitoreo del Manejo de Residuos Sólidos a través de mediciones periódicas.

2.7.- RECICLAJE DE RESIDUOS SÓLIDOS

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 reuso de materiales provenientes de residuos. La 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.

El reciclaje es una de las alternativas utilizadas para reducir el volumen de los residuos sólidos. Este proceso consiste en recuperar materiales (reciclables) que fueron descartados y que pueden utilizarse para elaborar otros productos o el mismo. Ejemplos de materiales que pueden ser reciclados son el vidrio, metal, plástico, papel y cartón.

Existen tres actividades principales en el proceso del reciclaje:

- **Recolección:** Se deben de juntar cantidades considerables de materiales reciclables, separar elementos contaminantes o no reciclables y clasificar los materiales de acuerdo a su tipo específico.
- **Manufactura:** los materiales clasificados se utilizan como nuevos productos o como materias primas para algún proceso.
- **Consumo:** Los materiales de desperdicio deben ser consumidos. Los compradores deben demandar productos con el mayor porcentaje de materiales reciclados en ellos. Sin demanda, el proceso de reciclaje se detiene.

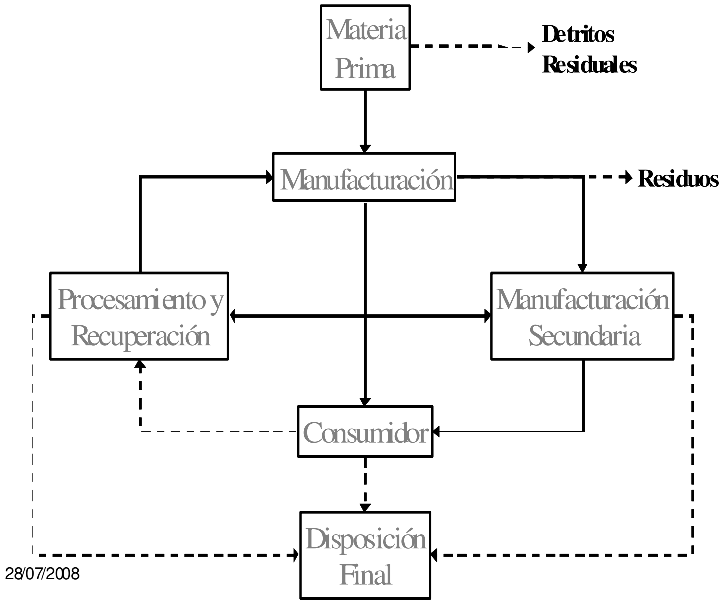


FIGURA 2.4
Fuente: TCHOBANOGLOUS, Vol. 1, Pág. 7
Flujo de materiales y la generación de residuos sólidos en una sociedad tecnológica

RECICLAJE DE MATERIA ORGÁNICA

La fracción orgánica puede ser reciclada mediante el compostaje. El compost es un abono y una excelente herramienta orgánica del suelo, útil en la agricultura, jardinería y obra publica, debido a que:

a) Mejora las propiedades químicas y biológicas de los suelos.

b) Hace más suelto y porosos los terrenos compactados y enmienda los arenosos.

c) Hace que el suelo retenga más agua.

RECICLAJE DE PAPEL

El consumo de papel (núcleos administrativos, editoriales de prensa, revistas, libros, etc.) y de cartón (envases y embalajes de los productos manufacturados) ha crecido también exponencialmente por el incremento de la población y de la cultura en todo el mundo desarrollado.

Beneficios ambientales del reciclaje de papel:

- Disminución de la necesidad de fibras vegetales vírgenes.
- Disminución del volumen de residuos domiciliarios (el 25% de nuestros desperdicios esta compuesto de papel y cartón).
- Disminución de la contaminación atmosférica y de la contaminación del agua.
- Disminución de las exportaciones de madera y de la importación de papel, representadas en miles de toneladas al año.

RECICLAJE DE PLÁSTICOS

Tanto en los residuos totales como en los de precedencia urbana, las poliolefinas son el componente mayoritario. Le siguen de cerca en importancia el policloruro de vinilo y el poliestireno, en orden diferente según su origen el poliestireno reftalato. "Dentro de los residuos urbanos los plásticos representan aproximadamente el 10% en peso." (22)

"La vida de un plástico no es infinita." (22). Por mucho que se alargue la existencia mediante el reciclado su destino final es la incineración o el relleno sanitario. En algunos casos, únicamente el reciclado químico es continuo, especialmente en aquellos en los que es aplicable la depolimerización con generación de los monómeros de partida.

El tipo de tratamiento que se da a los residuos plásticos viene determinado por una serie de factores de muy distinta naturaleza, en pocos casos tecnológicos, y entre los que habría que destacar la disponibilidad de terreno aptos para su uso como rellenos sanitarios, legislación ambiental apoyos y subvenciones de autoridades gubernamentales regionales y locales, etc. Así, mientras en América y Europa la mayor parte de los residuos municipales son

---

[22] Echarri Prim, Luis. *Ciencias de la tierra y del medio ambiente: Residuos sólidos urbanos*. 1998.

enterrados, en Japón, donde cada metro cuadrado es oro puro, se favorece su incineración. [23]

El reciclado químico, hoy casi inexistente, se desarrollará en los próximos años de una forma importante. Las unidades de incineración de residuos con generación de calor o electricidad son un valioso medio de explorar el alto contenido energético de los plásticos, con poder calorífico intermedio entre el petróleo y el carbón.

RECICLAJE DE VIDRIO

Cada persona genera aproximadamente 37 kg. de vidrio al año.

Los beneficios ambientales del reciclaje de vidrios se traducen en una disminución de los residuos municipales, disminución de la contaminación del medio ambiente, y un notable ahorro de los recursos naturales. Cada kg. de vidrio recogido sustituye 1.2 kg. de materia virgen.

---

[23] Echarri Prim, Luis. *Ciencias de la tierra y del medio ambiente: Residuos sólidos urbanos*. 1998.

Reutilizar: Existen envases de vidrio retornable que, después de un proceso adecuado de lavado, pueden ser utilizados nuevamente con el mismo fin. Una botella de vidrio puede ser reutilizada entre 40 y 60 veces, con un gasto energético del 5% respecto al reciclaje. Esta es la mejor opción.

Reciclar: El vidrio es 100% reciclable y mantiene el 100% de sus cualidades: 1 kg de vidrio usado produce 1 kg de vidrio reciclado. El reciclaje consiste en fundir vidrio para hacer vidrio nuevo. La energía que ahorra el reciclaje de una botella mantendrá encendida una ampolleta de 100 watt durante 4 horas.

ENVASES

Diariamente, utilizamos una cantidad considerable de envases de los llamados ligeros.

- Envases de plásticos (poliestireno blanco, de color, PET, PVC, otros).
- Latas de hierro y aluminio.

Cada persona bota el aproximado a 48 kg. de envases anualmente (antecedentes Cataluña España).

Los envases de plásticos se pueden reciclar para la fabricación de bolsas de plástico, mobiliario urbano, señalización, o bien para la obtención de nuevos envases de uso no alimentario.

2.8.- CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS

La finalidad de un estudio de caracterización de residuos es identificar las fuentes, características y cantidades de residuos generados. Los estudios de caracterización de residuos son difíciles de llevar a cabo por el gran número de fuentes y el número limitado de muestras de residuos que se pueden analizar.

Los pasos típicos implicados en un estudio de caracterización de residuos son los siguientes:

1. Recoger información existente.

✓ El uso de la información existente puede ahorrar dinero y tiempo, y servir como referencia. Como fuentes de información existentes se pueden incluir:

- ✓ Estudios y documentos anteriores de gestión y planificación de residuos sólidos
- ✓ Archivos de compañías de recolección de residuos (publicas y privadas)
- ✓ Archivos de instalaciones de procesamiento (por ejemplo, instalaciones de compostaje, de incineración, etc.)
- ✓ Archivos de vertederos e instalaciones de transferencia
- ✓ Estudios anteriores sobre evacuación de residuos
- ✓ Información de comunidades similares
- ✓ Departamento de Obras Publicas
- ✓ Empresas de servicio publico
- ✓ Informes de comercio al por menor
- ✓ Archivos de empleo de la comunidad (Cámara de Comercio).

2. Identificar fuentes de generación de residuos y las características de los residuos.

- ✓ Fuentes
  - Domesticas
  - Comerciales
  - Institucionales
  - Construcción y demolición

- Servicios municipales

3. Desarrollar metodologías de muestreo

✓ Identificación y caracterización de muestras incluyendo

- Fuente (s)
- Tamaño de muestra (por ejemplo, kilos de residuos separados)
- Número de muestras necesarias para relevancia estadística
- Duración del período de muestreo
- Época del año

4. Realizar estudios de campo.
5. Realizar sondeos de mercado para residuos especiales.
6. Valorar los factores que afectan a las tasas de generación de residuos.

2.9.- METODOLOGÍA PARA LA ELABORACIÓN DEL PROGRAMA DE CARACTERIZACIÓN

La Metodología comprende:

1. Análisis de la distribución de la población.
2. Determinación del número de muestras por zonas censales.
3. Procedimiento para la recolección de las muestras.

4. Calculo de la producción per-capita y la densidad.
5. Análisis de la composición Física de los residuos por zonas censales.

2.10.- IMPORTANCIA DE LA BUENA ELECCIÓN PARA LA DISPOSICIÓN FINAL

Luego de haber realizado el análisis físico; y haber determinado cantidad, características, humedad, densidad y otras variables importantes de los residuos sólidos producidos, se definió que el método más recomendable para disposición final será el de RELLENO SANITARIO, por ser el único método admisible para esta fase del manejo de los residuos sólidos, ya que no representa mayores molestias a la salud pública.

Esta técnica ingenieril, nos presenta las siguientes ventajas:

a) Este método, es sin lugar a dudas, la alternativa más conveniente, dado su capacidad de recibir todo tipo de desechos.
b) La inversión inicial es prácticamente reducida, tanto en equipo como en infraestructura y personal.
c) Se eliminará el inconveniente de botaderos abiertos.
d) Bajos costos de operación y mantenimiento.
e) Generar empleo de mano de obra no calificada.

f) El relleno sanitario puede comenzar a funcionar en forma rápida con método de eliminación.

g) Recuperar los terrenos donde se instala el relleno sanitario, pues se tornarán útiles para la construcción de parques, áreas recreativas, campos deportivos, etc.

h) El relleno sanitario es un método completo y definitivo para la eliminación de todo tipo de desechos sólidos.

i) Puede ubicarse cerca al área urbana, reduciendo los costos de transporte y facilitando la supervisión por parte de la comunidad.

j) Podemos decir que un relleno sanitario realizado correctamente puede llegar a producir bastantes fuentes de trabajo, con el reciclado de papel, vidrio, metales, etc., se obtienen ganancias, y se resuelve parte del problema de la basura, y el económico. Si se utilizan los residuos orgánicos se podrían cultivar esos terrenos que estarán fértiles por todos los desechos orgánicos que han recibido.

k) De esta forma la municipalidad puede tener otros ingresos de dinero y puede llegar a adquirir su propia planta recicladora, por ej.: La municipalidad de la zona elaboraría los materiales inorgánicos y los vendería obteniendo así una fuerte suma de dinero.

Aparte de recomendar que el único método admisible de disposición final sea la del Relleno Sanitario, es importante resaltar que éste es de dos tipos: Relleno Sanitario que opera con maquinaria pesada y Relleno Sanitario Manual; ambos presentan las ventajas anteriormente mencionadas; pero sería muy importante cuando se plantee la construcción del mismo analizar la posibilidad de implementar un Relleno Sanitario Manual que requiere mínimo o nulo empleo de maquinaria pesada durante su operación. Este tipo de relleno puede operar para poblaciones menores de 40000 habitantes y para ciudades que generan menos de 20tn/día de basura, requisitos que se presentan en el cantón Puerto Baquerizo Moreno – San Cristóbal teniendo en cuenta las proyecciones de población y producción de residuos sólidos.

Mediante esta técnica se requerirá sólo maquinaria pesada para la adecuación del sitio, construcción de vías internas, excavación de zanjas o material de cobertura; los demás trabajos pueden realizarse manualmente lo que permitirá utilizar mano de obra local que tanto abunda en San Cristóbal y evitar los elevados gastos que representa adquirir y mantener maquinaria pesada.

Como ya hemos visto anteriormente recomendamos que el único método para esta fase del manejo de los residuos sólidos es la del relleno sanitario, cualquiera sea el tipo de relleno sanitario que se decida implementar, recomendamos que su diseño, construcción, implementación, operación, mantenimiento y otras consideraciones, requerirá de un ESTUDIO ESPECÍFICO, donde se detalle todas las especificaciones técnicas. Además, consideramos de vital importancia que dicho proyecto de Relleno Sanitario cuente con su respectivo ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL, a fin de prevenir, mitigar, controlar los efectos negativos, y cumplir con las normas ecuatorianas y del PNG (Parque Nacional Galápagos).

2.11.- TIPOS DE TRATAMIENTO (RELLENOS SANITARIOS, INCINERACIÓN, COMPOSTAJE Y OTROS)

RELLENOS SANITARIOS

Históricamente, los rellenos sanitarios han sido el método más económico y ambientalmente más aceptable para la evacuación de residuos sólidos en todo el mundo. Incluso con la implantación de la reducción de residuos, del reciclaje y de las tecnologías de transformación (compostaje), la evacuación en rellenos sanitarios de los rechazos procedentes de los residuos sólidos sigue siendo un componente importante dentro de una estrategia para la gestión integral de residuos sólidos. La gestión de los rellenos sanitarios implica la planificación, diseño, explotación, clausura y control postclausura de vertederos.[24]

Los vertederos sanitarios son instalaciones ingenieriles usadas para disponer los desechos sólidos sobre la tierra o dentro del manto terrestre reduciendo su volumen al mínimo aplicable sin provocar peligros o molestias a la salud y la seguridad pública y/o ambiental. Su objetivo es evitar:

- La contaminación ambiental (aire, agua, suelo).
- Proliferación de vectores de enfermedades.

Tipos de Rellenos Sanitarios: Existen varios tipos de relleno sanitario. Los tres principales son: Relleno de área, de zanja y combinado o rampa, los cuales tienen distintas técnicas de operación, pero similares. Normalmente, las condiciones y características de los terrenos exigen una operación combinada de los distintos sistemas, tendientes a un mejor aprovechamiento de la disponibilidad del terreno, material de recubrimiento y rendimiento de los equipos de operación.[24]

---

[24] Jorge Jaramillo, Septiembre de 1991, *Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales*, Whashington D.c , Ed Francisco Zepeda.

1. Relleno Sanitario Tipo Área.- El Relleno de Área normalmente se emplea cuando se dispone de terrenos con depresiones y hondonadas naturales y artificiales, canteras, pozos producidos por extracción de materiales (ripio, arena, arcilla), lugares pantanosos o marismas, terrenos adyacentes a los ríos u otros similares.

2. Relleno Sanitario Tipo Zanja o Trinchera.- Este tipo de relleno sanitario es probablemente uno de los más prácticos y apropiados, ya que su operación es sencilla y la escasez de material de recubrimiento no produce problemas siempre que el terreno para este sistema de disposición final sea convenientemente elegido.

3. Relleno Sanitario Tipo Combinado o Rampa.- "El relleno tipo combinado se opera en forma similar a los rellenos de área y zanja, pero los desperdicios descargados se extienden sobre una rampa, se apisonan y recubren diariamente con una capa de material de 0.15 m de espesor." (25)

"Terminada la operación y alcanzado el nivel previsto debe tener una pendiente de unos 30°, se recubre con una capa de tierra, o material similar,

---

[25] Jorge Jaramillo, Septiembre de 1991, *Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales*, Whashington D.c, Ed Francisco Zepeda.

de 0.60 m. de espesor." (25) El método de rampa se utiliza en terrenos de declive moderado o en aquellos que tienen una capa delgada de material susceptible de ser usado para recubrimiento o como sello del relleno.

En un relleno sanitario el termino *celda* se utiliza para describir el volumen de material depositado en un vertedero durante un período de explotación, normalmente un día (ver Figura 2.4). Una celda incluye: los residuos sólidos depositados y la materia de recubrimiento. "El recubrimiento diario normalmente consiste en 15 o hasta 30 cm de suelo natural o materiales alternativos, como compost, que se aplican a los frentes de trabajo del vertedero al final de cada período de operación."(20). Los objetivos del recubrimiento diario son: controlar el vuelo de materiales residuales; prevenir la entrada o salida del vertedero de vectores sanitarios, tales como ratas, moscas y otros, y controlar durante la operación la entrada de agua en el vertedero.

"El *nivel* es una capa completa de celdas sobre una zona activa del vertedero (ver Figura 2.4). Normalmente, los vertederos se conforman en una serie de niveles. La berma (o terraza) se utiliza frecuentemente cuando la altura del vertedero excede de 1.25 m a 2 m." (26) Las bermas se utilizan para mantener la estabilidad de la pendiente del vertedero, para la localización de canales para el drenaje del agua superficial, y para la localización de tuberías destinadas a la recuperación del gas de vertedero. El nivel final incluye la capa de recubrimiento.

Capa final de cobertura se aplica a toda la superficie del vertedero después de concluir todas las operaciones de vertido. La cobertura final normalmente consiste en múltiples capas de tierra y/o materiales como geomembranas diseñadas para facilitar el drenaje superficial, interceptar aguas filtrantes y soportar la vegetación superficial.

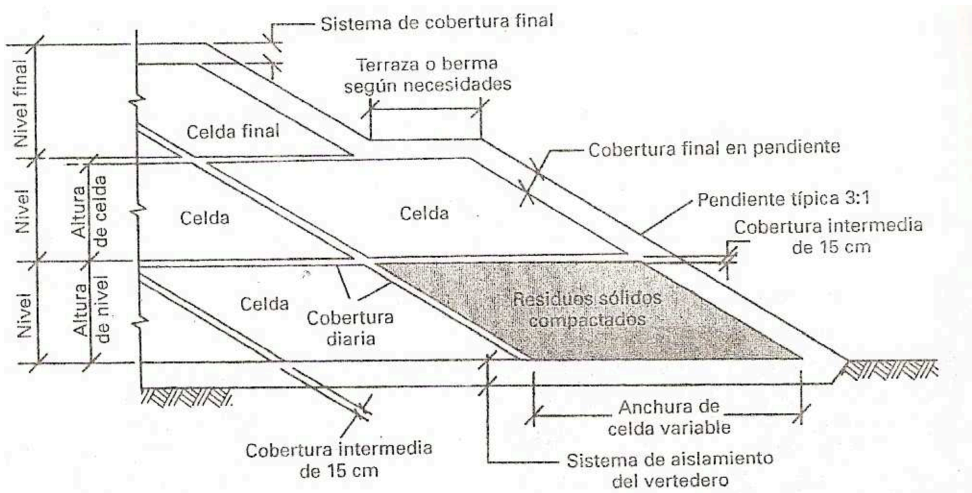


FIGURA 2.5
Fuente: TCHOBANOGLOUS, Vol. 1, Pág. 410
Vista en sección de un vertedero sanitario controlado

---

26 George Tchobanoglous, Hilary Theisen, Samuel Vigil, *Gestión Integral de Residuos Sólidos, Volumen I*, Traducción y revisión técnica Juan Ignacio Tejero Monzón, José Luis Gil Díaz, Marcel Szanto Narea. — Madrid : McGraw-Hill, 1998.

El líquido que se acumula en el fondo de un vertedero se conoce como *lixiviado*. En vertederos profundos, frecuentemente se recoge el lixiviado en puntos intermedios. En general el lixiviado es el resultado de la precipitación, de la escorrentía no controlada y del agua de irrigación que entra en el vertedero. El lixiviado también puede incluir aguas inicialmente contenidas en los residuos, así como aquellas procedentes de aguas subterráneas que se infiltren. El lixiviado contiene diversos constituyentes derivados de la solubilización de los materiales depositados en el vertedero y de los productos de reacciones químicas y bioquímicas que se producen dentro del vertedero.

Gas de vertedero es la mezcla de los gases que se encuentran dentro de un vertedero. La mayor parte del gas de vertedero esta formado por metano (CH_4) y dióxido de carbono ($C0_2$), productos principales de la descomposición anaerobia de la fracción orgánica biodegradable de los RSU en el vertedero. Otros componentes del vertedero son nitrógeno y oxígeno atmosférico, amoniaco y compuestos orgánicos en cantidades traza.[(27)]

[27] George Tchobanoglous, Hilary Theisen, Samuel Vigil, *Gestión Integral de Residuos Sólidos, Volumen I*, Traducción y revisión técnica Juan Ignacio Tejero Monzón, José Luis Gil Díaz, Marcel Szanto Narea. — Madrid : McGraw-Hill, 1998.

Recubrimientos de vertedero son materiales (naturales y fabricados) que se utilizan para recubrir el fondo y las superficies laterales del vertedero. Los recubrimientos suelen estar formados por capas de arcilla compactadas y/o geomembranas diseñados para prevenir la migración del lixiviado y del gas de vertedero.

Las instalaciones para el control del vertedero incluyen recubrimientos, sistemas para la recogida y extracción del lixiviado, sistemas de extracción y recogida del gas de vertedero, y capas diarias y finales de recubrimiento.

La supervisión ambiental implica actividades, asociadas con la recogida y el análisis de muestras de agua y de aire, que se utilizan para supervisar el movimiento de los gases y del lixiviado del vertedero en la zona de vertido.

Clausura de vertedero es el término utilizado para describir los pasos que se deben seguir para cerrar y asegurar la zona del vertedero una vez completada la operación de relleno.

Mantenimiento postclausura se refiere a las actividades asociadas con la supervisión y mantenimiento a largo plazo del vertedero completado (normalmente 30 a 50 años).

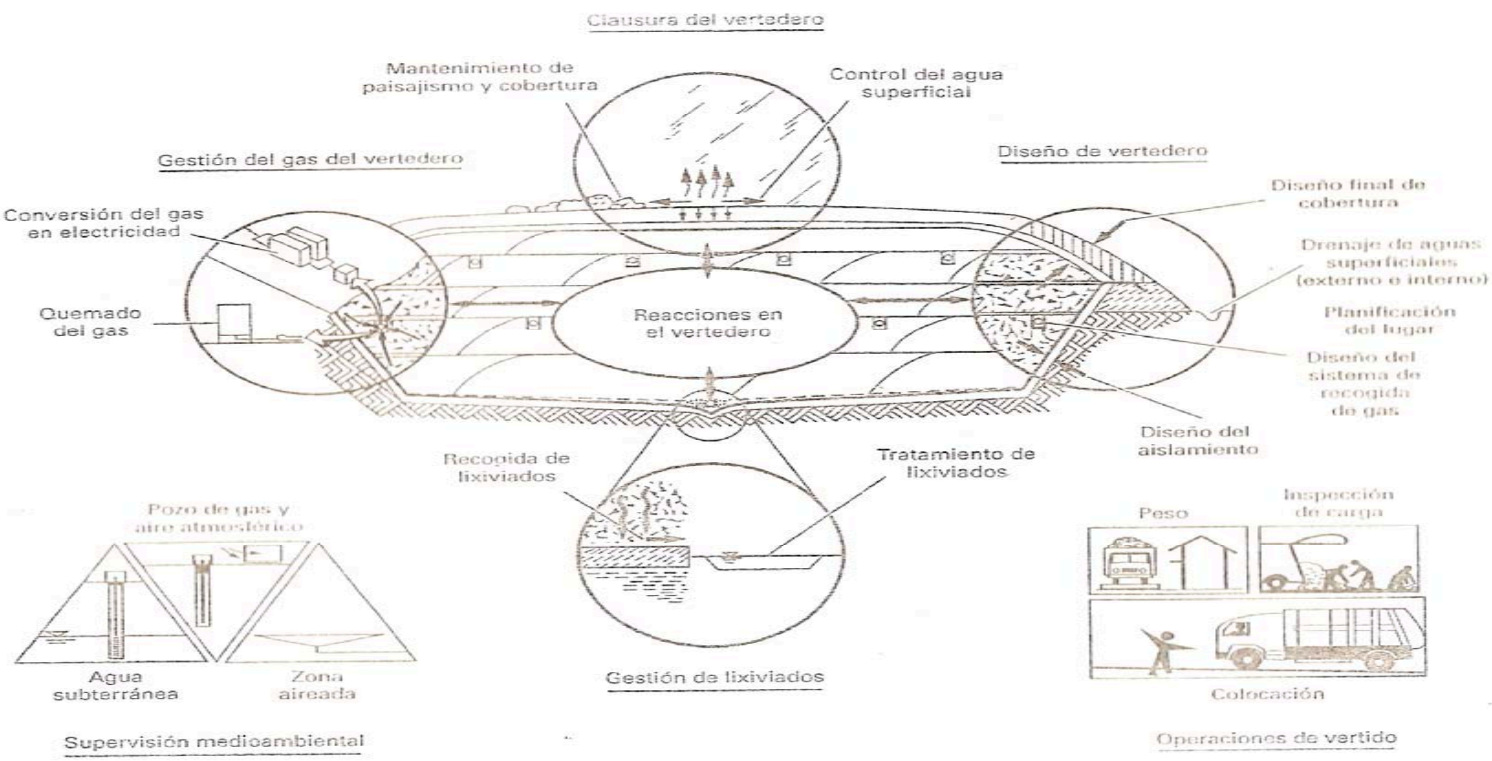


FIGURA 2.6
Fuente: TCHOBANOGLOUS, Vol. 1, Pág. 412
Esquema de operaciones y procesos en rellenos sanitarios

INCINERACIÓN

La incineración es el Método de Tratamiento más antiguo y el más usado en algunos países, donde en muchos casos la falta de espacio y terrenos apropiados obligan a emplearlo. [(28)]

Los objetivos principales de este tratamiento son la reducción de volumen y del peso de la masa, así como la transformación de la basura en materiales relativamente no combustibles, inodoros, homogéneos, de mejor aspecto y sin valor para el desarrollo de plagas y animales.

La incineración consiste en la combustión controlada de desechos combustibles sólidos, líquidos o gaseosos. Para comprender mejor el proceso de incineración debemos estudiar primero los principios de la combustión que se define como un proceso químico de oxidación, acompañado por el desprendimiento de energía (luz y/o calor).

Uno de los rasgos más atractivos del proceso de incineración es el de que se puede usar para reducir el volumen original de los desechos sólidos combustibles en un 80 a 90 por ciento. En algunos incineradores nuevos diseñados para operar a temperaturas suficientemente altas para producir un

---

[28] George Tchobanoglous, Hilary Theisen, Samuel Vigil, *Gestión Integral de Residuos Sólidos, Volumen I*, Traducción y revisión técnica Juan Ignacio Tejero Monzón, José Luis Gil Díaz, Marcel Szanto Narea. — Madrid : McGraw-Hill, 1998.

material fundido antes de enfriarse, puede ser posible reducir el volumen hasta el 5 % o menos. Aunque la tecnología de la incineración ha avanzado en las dos últimas décadas, la polución del aire continúa siendo un problema grande. Aunque se puedan satisfacer las exigencias más estrictas de control de polución del aire mediante el uso de la tecnología existente y en desarrollo, el aspecto económico continúa siendo más un problema que con otras alternativas.

Las operaciones básicas involucradas en la incineración de desechos sólidos se identifican en la figura 2.6. La operación empieza con la descarga de los desechos sólidos de los vehículos de recolección (1) en el foso de almacenamiento (2) la longitud de la plataforma de descargue y del foso de almacenamiento es una función del número de camiones que deben descargar simultáneamente. La profundidad y el ancho del foso de almacenamiento se determinan de la tasa a la que se reciben las cargas y la tasa a la que se queman. La capacidad de almacenamiento generalmente promedia el volumen de un día. La grúa (3) se usa para cargar desechos a la tolva de carga (4). El operador de la grúa puede seleccionar la mezcla de desechos para obtener un contenido uniforme de humedad en la carga. Los objetos grandes o combustibles también son removidos de los desechos. Los desechos sólidos de la tolva de carga caen sobre las parrillas (5) donde son quemados. Generalmente, se usan varios tipos de parrillas mecánicas, sus características se describen en la figura 2.6 y en la figura 2.7 se muestran algunas parrillas representativas. (29)

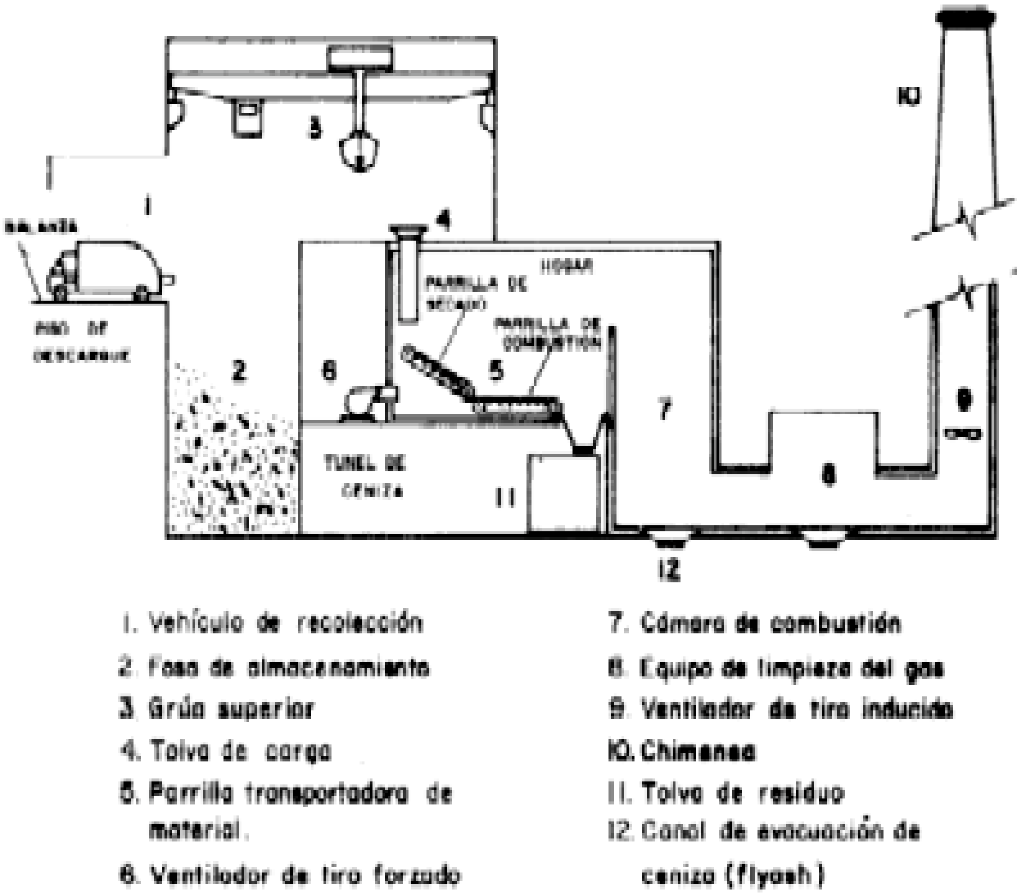


Figura 2.7
Fuente: TCHOBANOGLOUS, Vol. 1, Pág. 331
Sección transversal de un incinerador municipal de alimentación contínua y encendido total.

[29] George Tchobanoglous, Hilary Theisen, Samuel Vigil, *Gestión Integral de Residuos Sólidos, Volumen I*, Traducción y revisión técnica Juan Ignacio Tejero Monzón, José Luis Gil Díaz, Marcel Szanto Narea. — Madrid : McGraw-Hill, 1998.

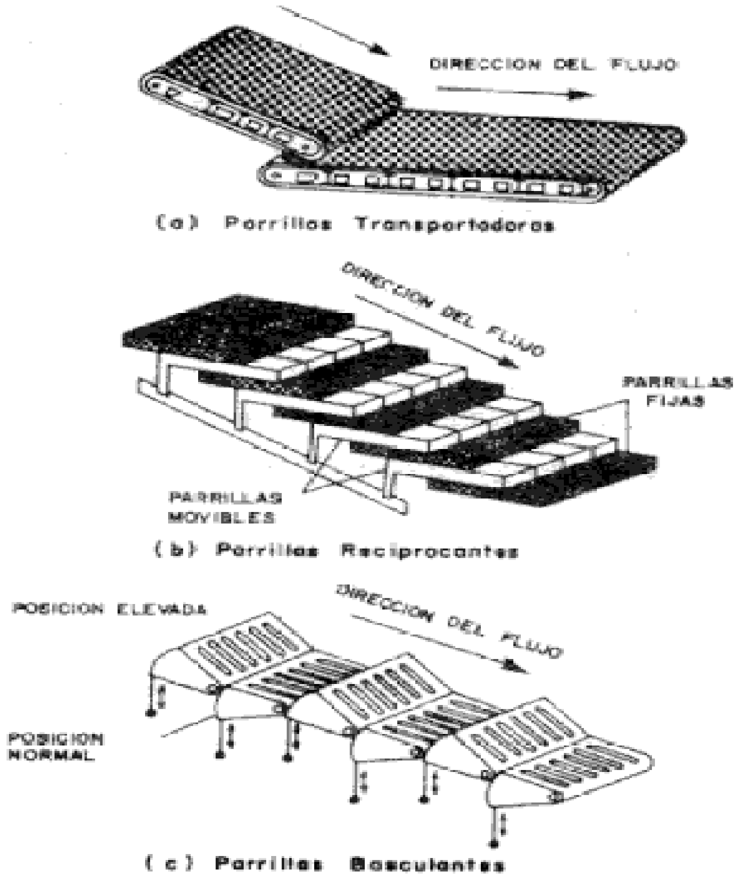


Figura 2.8
Fuente: DESECHOS SÓLIDOS - PRINCIPIOS DE INGENIERÍA Y ADMINISTRACIÓN, Internet
Parrillas típicas usadas en incineradores de encendido total

COMPOSTAJE

En los años 70 creció en popularidad el uso del compostaje como un medio para reciclar materiales orgánicos. Es una forma eficaz de reducir el volumen y alterar la composición física de los residuos sólidos y a la vez producir un subproducto útil. Se utilizan diversos métodos, según la cantidad de espacio disponible y los residuos que hay que fermentar. En algunos estados, la ley obliga al compostaje de hojas por parte de los propietarios de casas individuales. En términos de problemas globales de gestión de residuos sólidos que las ciudades tienen que afrontar, el impacto del compostaje doméstico sobre el volumen de los residuos sólidos que hay que manipular es relativamente pequeño. No obstante, el compostaje de hojas puede ser un factor importante en el cálculo para determinar la cantidad de residuos desviados fuera de los vertederos.

La materia orgánica recogida selectivamente permite obtener un compost de cualidad, material que es muy apreciado en la agricultura ya que mejora la calidad física, química y biológica del suelo.

El proceso de compostaje es un proceso bioquímico que se sirve de los microorganismos que se hallan en la naturaleza (básicamente bacterias y hongos) para descomponer la materia orgánica de forma acelerada y que tiene por resultado un material estable con alto contenido de nutrientes. El compostaje reproduce la degradación de los productos orgánicos que se da de forma natural en la naturaleza, transformando residuos en productos de gran utilidad para enriquecer el suelo agrícola.

Las propiedades del compostaje son:

- Mejora las propiedades físicas del suelo. La materia orgánica favorece la estabilidad de la estructura de los agregados del suelo agrícola, reduce la densidad aparente, aumenta la porosidad y permeabilidad, y aumenta su capacidad de retención de agua en el suelo. Se obtienen suelos más esponjosos y con mayor retención de agua.
- Mejora las propiedades químicas. Aumenta el contenido en macronutrientes N, P, K, y micronutrientes, la capacidad de intercambio catiónico (C.I.C.) y es fuente y almacén de nutrientes para los cultivos.
- Mejora la actividad biológica del suelo. Actúa como soporte y alimento de los microorganismos ya que viven a expensas del humus y contribuyen a su mineralización.
- La población microbiana es un indicador de la fertilidad del suelo.

Como se ha comentado, el proceso de compostaje se basa en la actividad de microorganismos que viven en el entorno, ya que son los responsables de la descomposición de la materia orgánica. Para que estos microorganismos puedan vivir y desarrollar la actividad descomponedora se necesitan unas condiciones óptimas de temperatura, humedad, oxigenación, ph y relación carbono-nitrógeno.

2.12.- PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS

Las características físicas más importantes de los RSU incluyen: peso específico, contenido de humedad, tamaño de partícula y distribución del tamaño, capacidad de campo y porosidad de los residuos compactados. La exposición se limita a un análisis de los residuos sólidos domésticos, comerciales, y algunos industriales. Hay que resaltar, sin embargo, que los fundamentos para el análisis presentado se pueden aplicar a todo tipo de residuos sólidos. Pueden encontrarse en diversas publicaciones de la Sociedad Americana para el Ensayo de Materiales (ASTM) detalles adicionales sobre los diversos métodos de ensayos físicos, químicos y microbiológicos aplicables a los residuos sólidos. (30)

PESO ESPECÍFICO

El peso específico se define como el peso de un material por unidad de volumen (por ejemplo, kg/m3). Como el peso específico de los RSU frecuentemente se refiere a residuos sueltos, encontrados en los contenedores, no compactados, compactados, etc., la base utilizada para los

---

[30] George Tchobanoglous, Hilary Theisen, Samuel Vigil, *Gestión Integral de Residuos Sólidos, Volumen I*, Traducción y revisión técnica Juan Ignacio Tejero Monzón, José Luis Gil Díaz, Marcel Szanto Narea. — Madrid : McGraw-Hill, 1998.

valores presentados siempre debe ser citada. Los datos sobre el peso específico a menudo son necesarios para valorar la masa y el volumen total de los residuos que tienen que ser gestionados. Desafortunadamente, hay poca o ninguna uniformidad en la forma de presentar los pesos específicos dentro de la literatura sobre el tema. Frecuentemente no se hace ninguna distinción entre los pesos específicos de RSU compactados y no compactados. En la tabla 2.2 se presentan pesos específicos típicos para varios tipos de residuos tal como son encontrados en los contenedores, compactados o no compactados.(31)

TABLA 2.2
DATOS TÍPICOS SOBRE PESO ESPECÍFICO Y CONTENIDO EN HUMEDAD PARA RESIDUOS DOMÉSTICOS, COMERCIALES, INDUSTRIALES Y AGRÍCOLAS

Tipo de Residuo	Peso específico típico, kg./m3	Contenido en humedad típico
Orgánicos		
Residuos de comida	291	70
Papel-cartón	69,5	5,5
plásticos	65	2
Inorgánicos		
Vidrio	196	2

Fuente: TCHOBANOGLOUS, Vol. 1, Pág. 82

[31] George Tchobanoglous, Hilary Theisen, Samuel Vigil, *Gestión Integral de Residuos Sólidos, Volumen I*, Traducción y revisión técnica Juan Ignacio Tejero Monzón, José Luis Gil Díaz, Marcel Szanto Narea. — Madrid : McGraw-Hill, 1998.

Como los pesos específicos de los residuos sólidos varían notablemente la localización geográfica, la estación del año y el tiempo de almacenamiento se debe tener mucho cuidado a la hora de seleccionar los valores típicos. Los residuos sólidos urbanos, tal como se entregan por los vehículos de compactación, se ha comprobado que varían desde 178 Kg /m 3 hasta 415 kg/m 3, un valor típico de aproximadamente 300 kg/m 3.

CONTENIDO DE HUMEDAD

El contenido de humedad de los residuos sólidos normalmente se expresa en función del peso-húmedo. La humedad de una muestra se expresa como un porcentaje del peso del material húmedo. El método peso-húmedo se usa más frecuentemente en el campo de la gestión de residuos sólidos. En forma de ecuación, el contenido de humedad peso-húmedo se expresa de la forma siguiente:

$$M = \left(\frac{w - d}{w} \right) 100$$

Fórmula 2.1

Donde:

M = Contenido de humedad, porcentaje.

W = Peso inicial de la muestra según se entrega (kg).

d = Peso de la muestra después de secarse a 105°C (kg).

TAMAÑO DE PARTÍCULA Y DISTRIBUCIÓN DEL TAMAÑO

El tamaño y la distribución del tamaño de los componentes de los materiales de los residuos sólidos son una consideración importante dentro de la recuperación de materiales, especialmente con medios mecánicos, como cribas, tromel y separadores magnéticos.

Una indicación general de la distribución del tamaño de partícula (por la dimensión más larga y su capacidad para pasar una criba) puede obtenerse de los datos presentados en figuras 2.8 y 2.9. Los datos típicos sobre la distribución del tamaño de los componentes individuales en los RSU se presentan en figura 2.10. Basándose en una sola medida lineal, el tamaño medio de los componentes individuales encontrados en los RSU domésticos está entre 178 y 203 mm. Los datos típicos sobre la distribución de tamaño de las latas de aluminio, las latas de hojalata y el vidrio, se presentan en la figura 2.11. Como hay diferencias significativas entre las diversas medidas de tamaño, se deben hacer mediciones individuales para los residuos en cuestión, utilizando una medición de tamaño que proporcionara la información necesaria para una aplicación específica. (32)

CAPACIDAD DE CAMPO

La capacidad de campo de los residuos sólidos es la cantidad total de humedad que puede ser retenida por una muestra de residuo sometida a la acción de la gravedad. La capacidad de campo de los residuos es de una importancia crítica para determinar la formación de la lixiviación en los vertederos. El exceso de agua sobre la capacidad de campo se emitirá en forma de lixiviación. La capacidad de campo varía con el grado de presión aplicada y el estado de descomposición del residuo.

PERMEABILIDAD DE LOS RESIDUOS COMPACTADOS

La conductividad hidrológica de los residuos compactados es una propiedad física importante que, en gran parte, gobierna el movimiento de líquidos y

[32] George Tchobanoglous, Hilary Theisen, Samuel Vigil, *Gestión Integral de Residuos Sólidos, Volumen I*, Traducción y revisión técnica Juan Ignacio Tejero Monzón, José Luis Gil Díaz, Marcel Szanto Narea. — Madrid : McGraw-Hill, 1998.

gases dentro de un vertedero. El coeficiente de permeabilidad normalmente se escribe como:

$$k = Cd^2 \frac{\gamma}{\mu} = \kappa \frac{\gamma}{\mu}$$

Fórmula 2.2

Donde:

K = Coeficiente de permeabilidad.

C = Constante sin dimensiones o factor de forma.

d = Tamaño medio de los poros.

γ = Peso especifico del agua.

μ = Viscosidad dinámica del agua.

κ = Permeabilidad intrínseca.

El termino Cd^2 se conoce como permeabilidad intrínseca (o específica). La permeabilidad intrínseca depende solamente de las propiedades del material sólido, incluyendo la distribución de los tamaños de poro, la complejidad, la superficie específica y la porosidad. Los valores típicos de la permeabilidad intrínseca de los residuos sólidos compactados en un vertedero se encuentran dentro de la gama: 10^{-11} y 10^{-12} m^2 en la dirección vertical y unos 10^{-10} m^2 en la dirección horizontal. (33)

2.13.- PROPIEDADES QUÍMICAS DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS

La información sobre la composición química de los componentes que conforman los RSU es importante para evaluar las opciones de procesamiento y recuperación. Por ejemplo, la viabilidad de la incineración depende de la composición química de los residuos sólidos. Normalmente, se puede pensar que los residuos son una combinación de materiales semihúmedos combustibles y no combustibles. Si los residuos sólidos van a utilizarse como combustible, las cuatro propiedades más importantes que es preciso conocer son:

1. Análisis físico.
2. Punto de fusión de las cenizas.

[33] George Tchobanoglous, Hilary Theisen, Samuel Vigil, *Gestión Integral de Residuos Sólidos, Volumen I*, Traducción y revisión técnica Juan Ignacio Tejero Monzón, José Luis Gil Díaz, Marcel Szanto Narea. — Madrid : McGraw-Hill, 1998.

3. Análisis elemental.

4. Contenido energético.

Cuando la fracción orgánica de los RSU se va a comportar o se va a utilizar como alimentación para la elaboración de otros productos de conversión biológica, no solamente será importante tener la información sobre los elementos mayoritarios que componen los residuos, sino también será importante tener información sobre los elementos en cantidades traza que se encuentran en los residuos.(34)

TABLA 2.3
Análisis próximo y datos energéticos típicos para materiales encontrados en los RSU domésticos, comerciales e industriales

Tipo de Residuos	Análisis próximo, porcentaje en peso				Contenido energético Kcal./ kg		
	Humedad	Materia Volátil	Carbono fijo	No combustible	Como recogidos	Seco	Seco y libre de cenizas
Residuos de comida	70	21,4	3,6	5	998	3,324	3,989
Cartón	5,2	77,5	12,3	5	3,912	4,127	4,357
Papel	10,2	75,9	8,4	5,4	3,777	4,206	4,476
Plásticos	0,2	95,8	2	2	7,834	7,995	8,902

Fuente: TCHOBANOGLOUS, Vol. 1, Pág. 90

---

[34] George Tchobanoglous, Hilary Theisen, Samuel Vigil, *Gestión Integral de Residuos Sólidos, Volumen I*, Traducción y revisión técnica Juan Ignacio Tejero Monzón, José Luis Gil Díaz, Marcel Szanto Narea. — Madrid : McGraw-Hill, 1998.

TABLA 2.4
Datos típicos sobre el análisis elemental de los componentes combustibles en los RSU domésticos

Componentes	Peso húmedo kg	Peso seco Kg	Composición kg					
			C	H	O	N	S	CENIZAS
Constituyentes orgánicos rápidamente biodegradables								
residuos de comida	64	19,2	9,216	1,2288	7,2192	0,4992	0,0768	0,96
Papel-cartón	19	17,86	7,8584	1,0716	7,8584	0,05358	0,03572	0,10716
Total		37,06	**17,0744**	**2,3004**	**15,0776**	**0,55278**	**0,11252**	**1,06716**

De los datos obtenidos en campo se pudo obtener los componentes combustibles de los RSU tal como se muestra en la tabla 2.4.

2.14.- PROPIEDADES BIOLOGICAS DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS

Excluyendo el plástico, la goma y el cuero, la fracción orgánica de la mayoría de los RSU se puede clasificar de la forma siguiente (35):

[35] George Tchobanoglous, Hilary Theisen, Samuel Vigil, *Gestión Integral de Residuos Sólidos, Volumen I*, Traducción y revisión técnica Juan Ignacio Tejero Monzón, José Luis Gil Díaz, Marcel Szanto Narea. — Madrid : McGraw-Hill, 1998.

1. Constituyentes solubles en agua, tales como azucares, féculas, aminoácidos, y diversos ácidos orgánicos.

2. Hemicelulosa, un producto de condensación de azucares con cinco y seis carbonos.

3. Celulosa, un producto de condensación de glucosa de azúcar con seis carbonos.

4. Grasas, aceites y ceras, que son esteres de alcoholes y ácidos grasos de cadena larga.

5. Lignina, un material polímero que contiene anillos aromáticos con grupos metoxi (-OCH3), cuya fórmula exacta aun no se conoce (presente en algunos productos de papel como periódicos y en tablas de aglomerado).

6. Lignocelulosa, una combinación de lignina y celulosa.

7. Proteínas, que están formadas por cadenas de aminoácidos.

Quizás la característica biológica más importante de la fracción orgánica de los RSU es que casi todos los componentes orgánicos pueden ser convertidos biológicamente en gases y sólidos orgánicos e inorgánicos relativamente inertes. La producción de olores y la generación de moscas están relacionadas también con la naturaleza putrefactible de los materiales orgánicos encontrados en los RSU (por ejemplo, residuos de comida). (36)

BIODEGRADABILIDAD DE LOS COMPONENTES DE RESIDUOS ORGÁNICOS

El contenido en sólidos volátiles (SV), determinado a 550°C, frecuentemente se utiliza como una medida de la biodegradabilidad de la fracción orgánica de los RSU. El uso de SV para la descripción de la fracción orgánica de los RSU es erróneo, porque algunos de los constituyentes orgánicos de los RSU son altamente volátiles pero bajos en biodegradabilidad (por ejemplo, el papel de periódico y algunos recortes de plantas). Alternativamente, se puede usar el contenido de lignina de un residuo para estimar la fracción biodegradable, mediante la relación siguiente: (37)

$$BF = 0{,}83 - 0{,}028\ LC$$

Fórmula 2.3

---

[36] George Tchobanoglous, Hilary Theisen, Samuel Vigil, *Gestión Integral de Residuos Sólidos, Volumen I*, Traducción y revisión técnica Juan Ignacio Tejero Monzón, José Luis Gil Díaz, Marcel Szanto Narea. — Madrid : McGraw-Hill, 1998.

[37] George Tchobanoglous, Hilary Theisen, Samuel Vigil, *Gestión Integral de Residuos Sólidos, Volumen I*, Traducción y revisión técnica Juan Ignacio Tejero Monzón, José Luis Gil Díaz, Marcel Szanto Narea. — Madrid : McGraw-Hill, 1998.

Donde:

BF = Fracción biodegradable expresada en base a los sólidos volátiles (SV).

0,83 = Constante empírica.

0,028 = Constante empírica.

LC = Contenido de lignina de los SV expresado como un porcentaje en peso seco.

La biodegradabilidad de varios de los compuestos orgánicos encontrados en los RSU, basada en el contenido de lignina, se muestra en la tabla 2.5. Como puede observarse en la tabla 2.5, los residuos con altos contenidos de lignina, tales como papel de periódico, son significativamente menos biodegradables que los residuos orgánicos encontrados en los RSU.

La velocidad a la que los diversos componentes pueden ser degradados varía notablemente. Con fines prácticos, los componentes principales de los residuos orgánicos en los RSU a menudo se clasifican como de descomposición rápida y lenta.

TABLA 2.5
DATOS SOBRE LA FRACCIÓN BIODEGRADABLE DE COMPONENTES SELECCIONADOS DE RESIDUOS ORGÁNICOS BASÁNDOSE EN EL CONTENIDO DE LIGNINA

COMPONENTE	SÓLIDOS VOLÁTILES (SV) PORCENTAJE DE SÓLIDOS TOTALES (ST)	CONTENIDO DE LIGNINA (CL) PORCENTAJE DE SV	FRACCIÓN BIODEGRADABLE (FV)
Residuos de comida	7-15	0,4	0,82
Papel	96,4	21,9	0,22
Cartón	94	12,9	0,47

Fuente: TCHOBANOGLOUS, Vol. 1, Pág. 102

PRODUCCIÓN DE OLORES

Los olores pueden desarrollarse cuando los residuos sólidos se almacenan durante largos períodos de tiempo in situ entre recogidas, en estaciones de transferencia, y en vertederos. El desarrollo de olores en las instalaciones de almacenamiento «in situ» es más importante en climas calidos. Normalmente la formación de olores se produce por la descomposición anaerobia de los fácilmente descomponibles componentes orgánicos que se encuentran en los RSU. Por ejemplo, bajo condiciones anaerobias (reducción), el sulfato puede ser reducido a sulfuro (S^{2-}), que subsiguientemente se combina con el hidrógeno para formar H_2S. La formación de H_2S puede ilustrarse a través de las siguientes reacciones. [38]

$$\underset{\text{Ácido láctico}}{2CH_3CHOHCOOH} + \underset{\text{Sulfato}}{SO_4^{2-}} \rightarrow \underset{\text{Ácido acético}}{2CH_3COOH} + \underset{\text{Ión Sulfuro}}{S^{2-}} + H_2O + CO_2$$

$$4H_2 + SO_4^{2-} \rightarrow S^{2-} + 4H_2O$$

$$S^{2-} + 2H^+ \rightarrow H_2S$$

El ion sulfuro también puede combinarse con sales metálicas que pueden estar presentes, como hierro, para formar sulfuros metálicos.

$$S^{2-} + Fe^{2+} \rightarrow FeS$$

El color negro de los residuos sólidos que han experimentando descomposición anaerobia en un vertedero se debe principalmente a la formación de sulfuros metálicos. Si no fuera por la formación de diversos sulfuros, los problemas de olor en los vertederos podrían ser muy importantes.

La reducción bioquímica de un compuesto orgánico que tiene un radical de azufre puede causar la formación de compuestos malolientes, tales como

---

[38] George Tchobanoglous, Hilary Theisen, Samuel Vigil, *Gestión Integral de Residuos Sólidos, Volumen I*, Traducción y revisión técnica Juan Ignacio Tejero Monzón, José Luis Gil Díaz, Marcel Szanto Narea. — Madrid : McGraw-Hill, 1998.

metilmercaptano y ácido aminobutírico. La reducción de la metionina, un aminoácido, sirve como ejemplo. (39)

$$CH_3SCH_2CH_2CH(NH_2)COOH \xrightarrow{+2H} CH_3SH + CH_3CH_2CH_2(NH_2)COOH$$

Metionina Metilmercaptano Ácido aminobutírico

El metilmercaptano puede hidrolizarse bioquímicamente para obtener alcohol metílico y sulfuro de hidrógeno:

$$CH_3SH + H_2O \rightarrow CH_4OH + H_2S$$

REPRODUCCIÓN DE MOSCAS

En el verano y durante todas las estaciones en climas cálidos como el Ecuador, la reproducción de moscas es una cuestión importante para el almacenamiento in situ de residuos. Las moscas pueden desarrollarse en menos de dos semanas después de poner los huevos. La historia vital de una mosca común desde el huevo hasta su estado adulto se puede describir de la forma siguiente: (40)

---

[39] George Tchobanoglous, Hilary Theisen, Samuel Vigil, *Gestión Integral de Residuos Sólidos, Volumen I*, Traducción y revisión técnica Juan Ignacio Tejero Monzón, José Luis Gil Díaz, Marcel Szanto Narea. — Madrid : McGraw-Hill, 1998.

[40] George Tchobanoglous, Hilary Theisen, Samuel Vigil, *Gestión Integral de Residuos Sólidos, Volumen I*, Traducción y revisión técnica Juan Ignacio Tejero Monzón, José Luis Gil Díaz, Marcel Szanto Narea. — Madrid : McGraw-Hill, 1998.

Desarrollo de los huevos	8–12 horas
Primera etapa del período larval	20 horas
Segunda etapa del período larval	24 horas
Tercera etapa del período larval	3 días
Etapa crisálida	4 – 5 días
Total	9–11 días

El problema del desarrollo de las moscas, desde la etapa larval (gusano), en los contenedores de almacenamiento «in situ» depende de los siguientes hechos: si los gusanos se desarrollan, son difíciles de quitar cuando se vacían los contenedores. Los que permanecen pueden desarrollarse hasta convertirse en moscas. Los gusanos también salen de los bidones destapados y se desarrollan hasta convertirse en moscas en el terreno circundante.

CAPÍTULO 3.- RECOPILACIÓN DE INFORMACIÓN PARA EL ESTUDIO

3.1.- PLANIFICACIÓN DE LA RECOLECCIÓN DE DATOS

El Instituto Ecuatoriano de Estadísticas y Censos (INEC) establece el número de zonas censales en que se divide el Cantón Puerto Baquerizo Moreno-San Cristóbal, se obtuvo un plano con las diferentes zonas censales del cantón, con el cual se pudo realizar la división del lugar por zonas censales para la obtención de información. (Anexo 1).

Según plano otorgado por el INEC el cantón esta dividido en 11 zonas censales, de acuerdo a este número se seleccionó una vivienda por zona, por lo cual se calculó el número de fundas plásticas que se tenían que repartir por vivienda para la recolección de los residuos sólidos. En el caso de los residuos generados en el cantón Puerto Baquerizo Moreno-San Cristóbal se utilizó la totalidad de los residuos por cada zona.

Las personas de cada vivienda se encargaban de la respectiva clasificación de los desechos sólidos en los siguientes componentes:

- MATERIA ORGÁNICA
- PAPEL
- CARTÓN
- PLÁSTICOS
- VIDRIO

Se pesó cada uno de sus componentes de la basura teniendo el dato del peso total y el peso de cada componente:

$$\text{Porcentaje } \% = (Pi)\ 100/\ Wt$$

Fórmula 3.1

Pi **:** Peso de cada componente de los residuos recolectados.

Wt **:** Peso total de los residuos recolectados en el día.

El procedimiento se repitió durante los doce días que duró el muestreo de la recolección de los residuos.

3.2.- METODOLOGÍA EMPLEADA PARA LA RECOPILACIÓN DE DATOS

1. Análisis de la distribución de la población

Se recurrió al INEC para recolectar los datos de la población del Cantón Puerto Baquerizo Moreno.

TABLA 3.1
Distribución de la Población residente del cantón San Cristóbal

PARROQUIAS	TOTAL	HOMBRES	MUJERES
TOTAL CANTÓN	**6 142**	**3 247**	**2 895**
PTO. BAQUERIZO MORENO (URBANO)	5 539	2 904	2 635
PARROQUIAS RURALES:	603	343	260
EL PROGRESO	494	279	215
ISLA STA. MARÍA (FLOREANA	109	64	45

Fuente: INEC año 2006

2. Determinación del número de muestras por zonas censales

Debido a factores logísticos y económicos, se decidió tomar muestras en una vivienda por zona censal, teniendo así 6 muestras diarias en los primeros 6 días en 6 zonas distintas, y 5 muestras diarias en los siguientes días en las

5 zonas restantes. En total se obtuvieron 66 muestras en los doce días de muestreo.

3. Procedimiento para las encuestas

Una vez obtenido el tamaño de la muestra que es la cantidad de viviendas a muestrear, se ejecutó el siguiente procedimiento:

a) Se procedió a realizar una selección aleatoria de las viviendas a muestrear por zonas censales en el mapa y se trazó los recorridos, y se determinó el tiempo de muestreo por sector de 6 días, dividiendo así la toma de datos en dos sectores.

- Sector 1: S1, S2, S3, S4, S5,
- Sector 2: S6, S7, S8, S9, S10, S11

b) Se explicó los objetivos, metodología y tiempo de trabajo a la población involucrada en el estudio (amas de casa y familia en general de las viviendas a muestrear). Se les entregó la información respectiva del trabajo por realizar.

c) Se registró el nombre del responsable y el número de habitantes por vivienda seleccionada, al momento de realizar estas actividades se les preguntó la hora de recolección de la basura para realizar las mediciones requeridas antes de que el recolector pase por sus hogares. (Anexo 2).

d) Se le colocó etiquetas a las fundas de diferente color, con los nombres de los desechos sólidos a separar.

TABLA 3.2
Color de Funda

COLOR DE FUNDA			
VERDE	BLANCO	AZUL	NEGRA
PLASTICOS Y CARTONES	VIDRIO	PAPELES	ORGANICOS

FOTO 3.1
Colocación de etiquetas a las diferentes fundas por repartir

e) Se entregaron 24 fundas vacías de 4 diferentes colores a cada una de las viviendas seleccionadas.

FOTO 3.2
Entrega de las fundas para la recolección de los desechos sólidos

f) Al día siguiente se recogieron las fundas en el horario definido con el dueño de casa.

g) Las fundas ya caracterizadas fueron pesadas y registradas, para luego dejarlas en el lugar para que éstas sean recogidas normalmente por el recolector, esto se realizó durante 6 días seguidos por cada sector.

3.3.- FUENTES CONTRIBUYENTES EN LA OBTENCIÓN DE DATOS E INFORMACIÓN

Para la obtención de información se recurrió a la población local y a diferentes instituciones tales como:

El Instituto Ecuatoriano de Estadísticas y Censos (INEC), suministró la cantidad de población existente en el cantón de Puerto Baquerizo Moreno- San Cristóbal al año 2006.

El Parque Nacional Galápagos, suministró la mayor cantidad de información como: el recorrido actual del carro recolector de basura, el plano del sitio donde se construirá el nuevo relleno sanitario y ensayos de suelo para ver si el lugar es apto para la construcción del relleno.

La Población en general estuvo muy dispuesta a ayudar en la recolección de sus desechos sólidos para la obtención de la información necesaria para la presente tesis.

3.4.- DATOS RECOPILADOS EN CAMPO (FORMAS DE RECOLECCIÓN, RUTAS DE RECOLECCIÓN, VEHÍCULOS RECOLECTORES, ETC.)

En la actualidad la frecuencia de la recolección de desechos sólidos, se realiza una vez al día, los siete días de la semana. Debido a la poca población existente en Puerto Baquerizo Moreno, el Municipio cuenta con un solo vehículo recolector, mostrado en las fotos 3.3. Por este motivo, solamente hay un operador.

La recolección de los desechos se efectúa en un horario definido por barrio.

FOTO 3.3
Vehículo recolector del cantón Puerto Baquerizo Moreno (isla san Cristóbal)

FOTO 3.4
Vehículo recolector del cantón Puerto Baquerizo Moreno (isla san Cristóbal)

3.5.- DISPOSICIÓN FINAL ACTUAL DE LOS DESECHOS SÓLIDOS

En la actualidad, los desechos sólidos recolectados del cantón Puerto Baquerizo Moreno-San Cristóbal son depositados sin ningún tipo de tratamiento en un vertedero a cielo abierto, para luego ser incinerados.

FOTO 3.5
Vertedero a cielo abierto donde son depositados los desechos sólidos del cantón Puerto Baquerizo Moreno (isla San Cristóbal)

FOTO 3.6
Vertedero a cielo abierto donde son depositados los desechos sólidos del cantón Puerto Baquerizo Moreno (isla San Cristóbal)

3.6.- TRATAMIENTO DE LOS DESECHOS SÓLIDOS REALIZADO EN LA ACTUALIDAD (RECICLAJE, TIPOS DE MATERIALES RECICLADOS, COMPRADORES)

En la actualidad a los desechos sólidos no se les da ningún tratamiento, como ya se dijo anteriormente estos después de ser recolectados son transportados directamente al vertedero a cielo abierto donde posteriormente son incinerados.

CAPITULO 4: ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL DEL CASO DE ESTUDIO DE LA ISLA SAN CRISTÓBAL

4.1 PRODUCCIÓN PER CÁPITA (PPC) (DOMÉSTICA Y TURÍSTICA)

Para este cálculo, durante doce días consecutivos, se procedió de la siguiente manera:

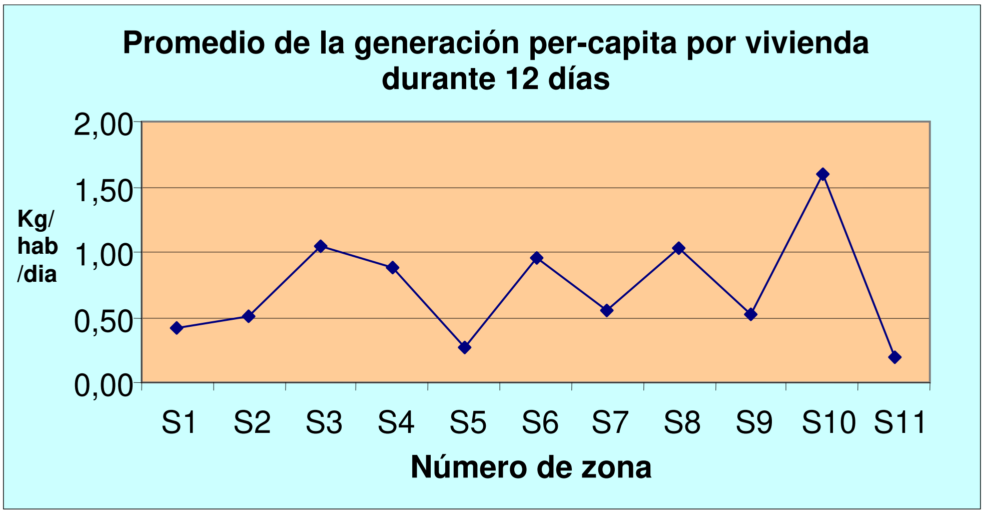
- Las bolsas recogidas fueron pesadas diariamente (Wi) durante los doce días que duro el muestreo. Este proceso representa la cantidad de basura diaria caracterizada según: materia orgánica, papeles, vidrios y plásticos, generada en cada vivienda (Kg./Viv./hab.)

- Para obtener la generación per-capita (Kg./hab./día), se divide (para cada vivienda muestreada) el peso de las bolsas entre el número de habitantes.

$$PPC = \frac{\text{Kg. recolectados}}{\text{N° de habitantes}}$$

Fórmula 4.1

- Finalmente se calcula la generación per-capita promedio de todas las viviendas durante los 12 días.



Como podemos observar en la abscisa horizontal se identifican las 11 viviendas de donde se tomaron las muestras de los distintos sectores que se encuentran en Puerto Baquerizo Moreno-Isla San Cristóbal y la abscisa vertical muestra el promedio de la generación per-capita durante los 6 días de muestreo, dándose a ver que la zona con mayor producción es la S10.

CÁLCULO PRELIMINAR DE LA GENERACIÓN PER-CAPITA

$$ppc = \frac{Dsr}{Pob * 6}$$

Fórmula 4.2

Donde:

Ppc= producción por habitante por día (kg/hab-día)

Dsr= cantidad de desechos sólidos recolectados en una semana

Pob= Población área urbana

6= días de la semana

$$ppc = \frac{154.98kg}{(11viv * 4hab) * 6dias}$$

$$ppc = 0.587kg / hab - dia$$

4.2 ÁREA SERVIDA PROPUESTA

Para la realización de nuestro estudio se ha considerado que el área servida propuesta es de un 80% de la población, considerando que el vehículo recolector llega a casi la totalidad de las viviendas, ya que las calles de Puerto Baquerizo Moreno se encuentran en buen estado, lo cual permite el ingreso del vehículo recolector.

4.3 CONSIDERACIONES PARA RECOLECCIÓN

Hay que considerar para la recogida de los desechos sólidos, lo siguiente:

a) RECIPIENTES.- En la actualidad los recipientes utilizados para la disposición de los RSU son de cualquier tipo, ya pueden ser estos:

- Tachos (de diferentes colores, tamaños, etc.), lo cual da como principal inconveniente la dispersión de papel, polvo y volcamiento de tachos de basura.

- Sacos, que tiene una gran ventaja, por el ahorro de tiempo, puesto que normalmente se pierde el 30 % de su tiempo en devolver el cubo recogido después del vaciado en el camión pero tiene desventajas como: en su llenado, sensibilidad a la lluvia y no es tan resistente. Además se debe tomar en cuenta ciertas características, como el de no desgarrarse en el fondo al dejar caer una botella, también no deberá perder después de 24 horas más del 5% de la cantidad de inicial de agua contenida.

b) LOS VEHICULOS.- Siendo la isla San Cristóbal una isla con pocos habitantes y en específico Puerto Baquerizo Moreno, solo es necesario un vehículo recolector, ya que no se realiza el reciclaje.

c) EL PERSONAL.- El personal empleado en la actualidad para la recolección de los RSU consta principalmente de dos personas, el chofer del camión y la persona que se encarga de la recolección manual de los desechos sólidos (ayudante).

En el futuro se contará con el mismo número de personal.

d) ORGANIZACIÓN CIUDADANA.- Debemos comprender que la labor del departamento de aseo de calles debe ser conjunta con una disciplina de parte de los usuarios, cumpliendo con pequeñas pero importantes disposiciones del municipio, facilitando la labor de dicho departamento en beneficio de la comunidad.

En la actualidad se cuenta con poca organización ciudadana en cuanto a la clasificación de los desechos una vez generados. En el futuro mediante cuñas publicitarias se garantiza mejorar la organización ciudadana.

e) PLANIFICACIÓN EN LAS TRAYECTORIAS.- El recolector de los RSU sigue una trayectoria planificada de tal manera que el vehículo llega lleno al vertedero y con suficiente combustible. En el futuro se utilizará la misma trayectoria, modificando solo el punto de llegada.

4.4 FORMAS DE RECOLECCIÓN

El término recolección, incluye no solamente la recolección o toma de los residuos sólidos de diversos orígenes, sino también el transporte de estos residuos hasta el lugar donde los vehículos de recolección se vacían. La descarga del vehículo de recolección también se considera como parte de la operación de recolección. Mientras las actividades asociadas al transporte y la descarga son similares para la mayoría de los sistemas de recolección, la recolección o toma de los residuos sólidos varían según las características de las instalaciones, actividades o localizaciones donde se generan los residuos, y los métodos utilizados para el almacenamiento in situ de los residuos acumulados entre recolecciones.

La recolección es la etapa más importante en términos de costos dentro de la gestión de los residuos. Las formas de recolección son: Recolección de residuos no seleccionados y recolección de residuos separados en origen.

En Puerto Baquerizo Moreno –Isla San Cristóbal– la recolección de los desechos se la realiza utilizando el método de los residuos no seleccionados, por lo que la recolección consiste en que los desechos son recogidos en la acera, callejón o instalación comercial, siendo el propietario de la casa el responsable de colocar los recipientes en la acera el día de la recolección.

FOTO 4.1
Recolección de residuos puestos en la acera por los residentes

En el futuro la recolección de los desechos se la realizará utilizando el método de los residuos separados en origen, por lo que la recolección consistiría en que los desechos serán recogidos en la acera, callejón o instalación comercial, siendo el propietario de la casa el responsable de colocar los recipientes en la acera el día de la recolección.

4.5 SISTEMAS DE RECOLECCIÓN

El sistema de recolección utilizado en Puerto Baquerizo Moreno–Isla San Cristóbal es el sistema de caja fija, en el cual los contenedores utilizados para el almacenamiento de residuos se quedan en el punto de generación, excepto cuando son llevados a la acera o a otro lugar para su vaciado. Este sistema se puede utilizar para la recolección de todo tipo de residuos, y el sistema que se utiliza es el de vehículos cargados manualmente.

FOTO 4.2
Recogedor vaciando manualmente un contenedor en un vehículo de recolección compactador.

El sistema de recolección más satisfactorio que pueda proporcionarse a la población resultará después de un estudio cuidadoso en donde inciden numerosos factores como:

- Tipo de residuo producido y cantidad
- Característica topográfica de la ciudad
- Clima
- Zonificación urbana
- Frecuencia de recolección
- Tipo de equipo
- Extensión del recorrido
- Localización de la basura
- Organización de las cuadrillas
- Rendimiento de las cuadrillas
- Responsabilidades

4.6 MEDIOS UTILIZADOS PARA LA RECOLECCIÓN

Los medios se refieren a los mecanismos empleados. En Puerto Baquerizo Moreno se utiliza medios manuales para recoger los residuos. Los medios manuales incluyen la disposición de los residuos desde los recipientes al carro recolector, y esta actividad es realizada por el personal de recolección de los residuos.

4.7 OPTIMIZAR LA RECOLECCIÓN

Para optimizar la recolección de los desechos sólidos es necesario contar con la cantidad necesaria de personal y vehículo recolector, así como el adecuado. Los cuales aportarían hacia una correcta optimización. Para ello se contrataría a dos personas, el conductor del camión y el encargado de la recolección de los residuos.

4.8 ANALISIS DEL SISTEMA DE RECOLECCIÓN

Para establecer las necesidades de vehículos y mano de obra en los diversos sistemas y métodos de recolección, se debe determinar el tiempo unitario necesario para llevar a cabo cada tarea.

Mediante la separación de las actividades de recolección en operaciones unitarias, se pueden:

1) Desarrollar datos de diseño y relaciones que son universalmente válidas.

2) Evaluar las variables asociadas con las actividades de recolección y las variables relacionadas o controladas por la localización individual.

Las actividades implicadas en la recolección de residuos se concretan en cuatro operaciones unitarias:

1. Toma
2. Transporte
3. Lugar de descarga
4. Tiempo muerto

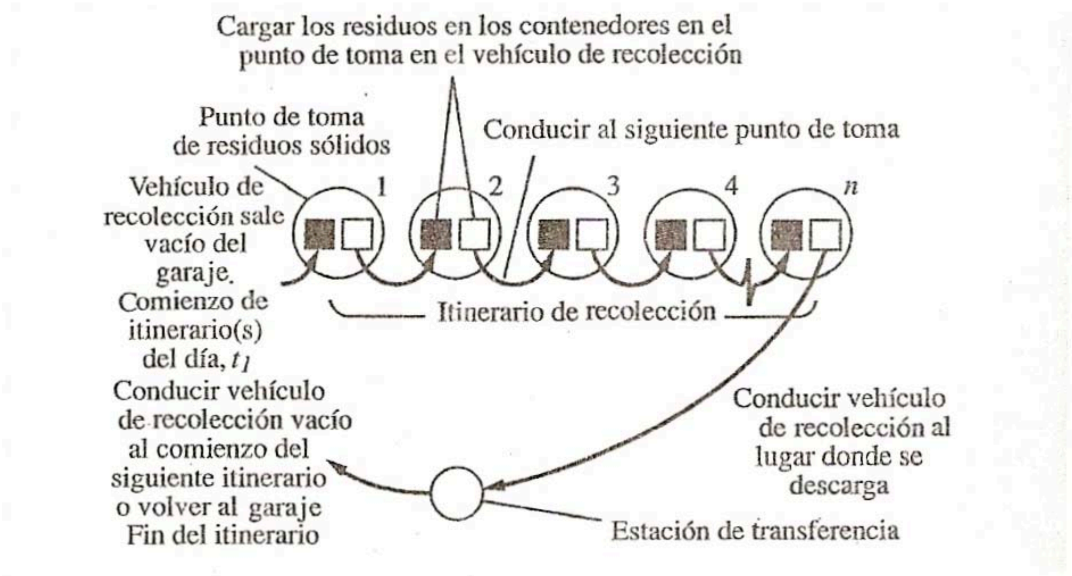


FIGURA 4.1
Fuente: TCHOBANOGLOUS, Vol. 1, Pág.242
Esquema de la secuencia operacional para un sistema de caja fija

4.9 PROCESOS QUE SIGUEN EL RESIDUO LUEGO DE LA RECOLECCIÓN

Luego de que el residuo es recolectado éste puede ser transformado o aprovechado como combustible siempre y cuando sea de tipo orgánico, si es sometido a algún proceso determinado.

En la actualidad en Puerto Baquerizo Moreno los residuos no siguen ningún proceso después de la recolección, estos son incinerados una vez depositados en el vertedero a cielo abierto.

4.10 PROCESOS DE TRANSFORMACIÓN BIOLÓGICA

Actualmente en Puerto Baquerizo Moreno no se realiza un proceso de transformación biológica con los residuos orgánicos recolectados, pero ya que en el cantón Puerto Baquerizo Moreno – Isla San Cristóbal se va a realizar el reciclaje por medio de los habitantes de la isla, no se producirá una mezcla con los residuos orgánicos (de comida) con las otras clases de residuos. De allí que es factible ubicar al compostaje como una alternativa viable para el tratamiento o desviación de los residuos.

4.11 IDENTIFICACIÓN DE LOS MATERIALES QUE SE VAN A RECICLAR EN PUERTO BAQUERIZO MORENO

Muchos de los materiales encontrados en la corriente de los desechos sólidos pueden ser reciclados. Los materiales que se recolectan comúnmente son: cartón, papel, envases de vidrio, y ciertos tipos de plásticos.

Según el porcentaje de materiales recolectados en Puerto Baquerizo Moreno, los materiales factibles para ser reciclables en nuestro estudio son:

a) Papel-cartón
b) Plásticos

Ya que estos materiales tienen porcentajes considerables en la recolección de los residuos sólidos, en un 19 y 15 por ciento respectivamente, dentro de nuestro estudio. Pero debido a costos de transporte hacia el exterior no se va a considerar el reciclaje ya que no son cantidades representativas.

4.12 TIPOS DE CONTENEDORES PARA LOS RECICLABLES

En la actualidad en el cantón de Puerto Baquerizo Moreno no se tiene estandarizado un tipo de contenedor, por lo cual se utiliza sacos, fundas plásticas, tachos, etc.

En el futuro se estandarizará el tipo de contenedor teniendo así lo siguiente:

- En un recipiente reutilizable de color azul, se depositaran los desechos reciclables o reutilizables tales como: papel, cartón, plástico y vidrio. El contenedor una vez vaciado por el personal de recogida, se volverá a depositar en el sitio del que se ha recogido para ser utilizado de nuevo.

- En un recipiente reutilizable de color verde se depositaran los desechos orgánicos fácilmente degradables (comidas). Dentro de la recogida se no se aconseja recoger excrementos de animales. También se desaconseja la utilización de fundas de plástico, ya que en el posterior tratamiento de estos residuos entorpecen el proceso de compostaje de la materia orgánica.

FOTO 4.3
Tipo de contenedor para los reciclables

4.13 ESTACIONES DE TRANSFERENCIA

En el cantón Puerto Baquerizo Moreno isla san Cristóbal no se utilizan estaciones de transferencia para el transporte de los residuos, ya que actualmente los lugares de recolección se encuentran cercanos. Por lo tanto, no se ampliará más en este tema.

4.14 VEHÍCULOS UTILIZADOS (TIPOS Y CANTIDADES)

En el cantón Puerto Baquerizo Moreno – Isla San Cristóbal debido a la poca cantidad de habitantes existentes hasta el momento, es posible la utilización de un solo camión recolector, por lo que la recolección de dos fracciones el mismo día permite valorar la opción de utilizar la caja del camión compartimentada que permita, si interesa, el efectuar la recogida de dos fracciones, orgánica mas otra.

Puerto Baquerizo Moreno contará con un solo vehículo recolector si el horario se define en recolectar las residuos orgánicos y los reciclables el mismo día, o en días diferentes.

Para el desarrollo de esta tesis hemos definido la recolección de los residuos en un solo vehículo. Siendo el volumen del vehículo recolector 7m ^{3}.

4.15 MODIFICACIÓN U OPTIMIZACIÓN DE LAS RUTAS DE COLECCIÓN (ANÁLISIS DE COSTO DEL TRANSPORTE DE LA BASURA)

Debido a que el lugar de disposición final no será el mismo en donde actualmente se están depositando los residuos recolectados, se realizó una modificación al recorrido del vehículo recolector.

La principal inversión a realizar es el camión de recogida de los residuos.

INVERSION ($)	
Vehiculo de recolección (7 m^3)	33.000
Chasis de recogida (7m^3)	19.150
Material diverso (vestuario, etc...)	1500
TOTAL	53.650

Costes de operación

En cuanto a los costes de operación se han considerado que el equipo de conductor y dos operarios, con los siguientes precios unitarios de coste de personal:

COSTE LABORAL ($/AÑO)	
Conductor	7.500
Operario	4.800

4.15.1 RUTAS

La ruta más óptima que debería seguir el camión de basura para efectuar la recolección se encuentra en el anexo 3.

4.16 PROPUESTA DE RELLENO SANITARIO (SELECCIÓN DEL SITIO, DISEÑO DEL RELLENO, ESTIMACIÓN DE LA VIDA ÚTIL, TRATAMIENTO DEL LIXIVIADO, COSTOS)

4.16.1. SELECCIÓN DEL SITIO

Según la información recolectada de estudios anteriores realizados por el programa ARAUCARIA, se evaluaron 4 sitios cercanos a la población de Puerto Baquerizo Moreno.

SITIO # 1: BOTADERO ACTUAL

En el actual vertedero denominado Botadero, ubicado a 1.5 Km. de la zona poblada, se evidencia un mal manejo de los residuos, los mismos que son depositados en el lugar sin ningún tipo de tratamiento ni separación. Estos materiales generan lixiviados altamente tóxicos que al alcanzar capas inferiores contaminan aguas subterráneas, que finalmente transportan este material al mar, presumiendo un impacto negativo al ecosistema. Razón por la cual es indispensable establecer un Sistema de Gestión de Residuos Sólidos Urbanos tecnificado.

Un detalle importante es mencionar que el actual vertedero se encuentra próximo a una cañada con cauce de agua superficial, la cual se contamina por las escorrentías de aguas lluvias. La gradiente del suelo va de de 2° a 60°, lo que ha provocado el deslave de los residuos sólidos hacia el curso de aguas superficiales. Una actividad que se registra en el sitio es la quema de basura, la que se incinera a condiciones de baja temperatura los materiales celulósicos y plásticos. Estos últimos al ser quemados, podrían generar dioxinas, compuestos altamente tóxicos. (41)

SITIO # 2: CHANCADORA

Ubicado a 2.5 Km. de la zona urbana de Puerto Baquerizo Moreno hacia la vía El Progreso. El área inspeccionada presenta en la superficie rocas sueltas de variados tamaños, que van desde 20 cm. hasta 2 a 3 metros de diámetro, la gradiente del suelo va de 3° a 35°, se estima que en las capas inferiores exista composición rocosa. (41)

---

41 Cooperación Española para la Conservación de la Biodiversidad en Latinoamérica (ARAUCARIA), "*Plan integral de gestión de residuos sólidos urbanos San Cristóbal - Galápagos*".

SITIO # 3: CEMENTERIO

A 6 Km. de distancia de la zona urbana sobre el margen izquierdo de la vía Puerto Baquerizo Moreno– El Progreso. Este sitio presenta algunas cañadas de agua superficial que están a corta distancia unas de otras y colinda con una cerca que separa a un predio agrícola privado. (42)

SITIO # 4: LAS NEGRITAS

Ubicado a 4 Km. de la Zona Urbana, sobre el margen derecho de la vía Puerto Baquerizo Moreno–El Progreso. El ingreso al área se realiza a través de un camino lastrado de 200m. Por las características geológicas, logísticas y ambientales que este sitio presenta, el estudio se enfocó en este lugar para definir la mejor ubicación del relleno sanitario. (42)

En la metodología que empleo el programa ARAUCARIA para el estudio del área en mención se aplicó variables geológicas e hidrológicas de aguas superficiales y también el área disponible en función de los volúmenes y características de la generación de los residuos sólidos urbanos de Puerto Baquerizo Moreno.

---

[42] Cooperación Española para la Conservación de la Biodiversidad en Latinoamérica (ARAUCARIA), "*Plan integral de gestión de residuos sólidos urbanos San Cristóbal – Galápagos*".

4.16.2 METODOLOGÍA DE SELECCIÓN DEL SITIO

Los factores considerados en la evaluación de las potenciales áreas de ubicación del relleno sanitario a largo plazo incluyeron:

1. Condiciones climatológicas
2. Hidrología del agua superficial
3. Condiciones bióticas
4. Distancia de transporte
5. Generación de malos olores
6. Condiciones edafológicas.
7. Condiciones y topografía del lugar
8. Restricción en la localización

Para poder seleccionar el sitio apropiado se aplicó una matriz de discriminación donde se analizaron cada uno de los factores anteriores.

CUADRO 4.1
Matriz de Discriminación de Sitios de Estudio

Condiciones Ideales	Sitios de Estudio							
	Botadero Actual		Chancadora		Cementerio		Negritas	
	Cumple	No Cumple	Cumple	No Cumple	Cumple	No Cumple	Cumple	No Cumple
1. Precipitación menor a evado transpiración								
2. Ausencia de cursos de agua o cañadas								
3. No fragmentación del hábitat								
4. Distancia no mayor a 15 Km. de la población								
5. Distancia mínima a 3 Km. de la población								
6. Dirección del viento								
7. Pendiente < 7° y > 10 °								
8. Restricción de Ubicación								

Las variables consideradas para determinar el lugar en la evaluación de las potenciales áreas de ubicación del relleno sanitario son:

1. Límite Líquido
2. Límite Plástico
3. Constante de permeabilidad
4. Distancia a aguas superficiales
5. Agua Subterránea
6. Nivel Freático
7. Profundidad de Muestra

CUADRO 4.2
Puntos de Muestreo en las Zonas de Estudio

PARAMETROS	P1	P 2	P 3.a	P 3.b	P4	P 5	P 6	P 7.a	P 7.b	P 8
Límite Líquido (%)	53.6	64	55.9	48.7	58.8	65.2	77.9	70	50.6	72.5
Límite Plástico (%)	27.04	37.29	29.22	20.79	28.57	35.44	55.86	44.57	21.76	42.35
Coeficiente de permeabilidad (cm/seg.)	*	$2*10^{-5}$	$1.9*10^{-5}$	$2.6*10^{-5}$	*	*	*	$6.5*10^{-5}$	$2.9*10^{-5}$	*
Distancia a aguas superficiales	MB	MB	MB	MB	MB	MB	R	MB	MB	R
Nivel Freático	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP
Agua Subterránea	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	P
Profundidad (m)	0.4-0.5	0.8-1.0	0.5-0.7	0.7-0.9	0.5-0.7	0.3-0.5	0.7-0.9	0.5-0.7	0.8-1.0	0.8-1.0

* Este coeficiente es menor al valor de 10^{-10} m/seg. que es el valor aceptado

Significado: MB = Muy Bueno; B = Bueno; R = Regular; NP = No presencia; P = Presencia

A partir del cuadro de matriz de decisión, podemos establecer que los puntos que presentan las propiedades mas idóneas son los PUNTOS 3, 4, 5 y 7, cuyos valores presentan propiedades geológicas requeridas para su uso como relleno sanitario, y son superiores comparativamente a los otros puntos estudiados. Las propiedades analizadas son límites líquidos, índice de plasticidad, índice de permeabilidad y coeficiente de permeabilidad. En cuanto a distancias de aguas superficiales, aguas subterráneas y límite freático presentan condiciones mas apropiadas para el uso ya señalado. [43]

Por lo tanto, el sitio mas idóneo a ser dedicado como vertedero de residuos sólidos es el sector conocido como "Las Negritas", es el área delimitada por los puntos P4, P7, P3 y P5. Presenta una superficie aproximada de 2.7 Ha, mayor al requerimiento de 1.4 hectáreas, que es la mínima calculada para el nuevo vertedero de Puerto Baquerizo Moreno. [43]

Por lo cual, se recomienda que el área para ser dedicada al nuevo vertedero de desechos sólidos sea el área delimitada por los puntos P4, P7, P3 y P5.

---

[43] Cooperación Española para la Conservación de la Biodiversidad en Latinoamérica (ARAUCARIA), "*Plan integral de gestión de residuos sólidos urbanos San Cristóbal - Galápagos*".

4.16.3. DISEÑO DEL RELLENO SANITARIO

4.16.3.1 ESTIMACIÓN DEL ÁREA REQUERIDA PARA EL RELLENO SANITARIO

Se obtuvo mediante plano (Anexo 4) el área del lugar propuesto para el diseño del relleno sanitario, siendo el área 54,094.24 m^2. Una vez obtenido el área requerida del relleno sanitario procedimos a concluir si el espacio obtenido es el adecuado.

4.16.3.2 DETERMINACIÓN DE LA VIDA ÚTIL DEL RELLENO SANITARIO

Las suposiciones utilizadas para la determinación de la capacidad y vida útil del relleno sanitario se presentan a continuación. Para esta partimos de datos del INEC sobre la población y las cantidades estimadas de residuos diarios que se van a verter. Se definieron los siguientes parámetros:

Altura de cada nivel del relleno sanitario, incluyendo el material de recubrición	3 m
Pendiente de la cara frontal del relleno sanitario	3:1
Peso específico de los residuos compactados en el vertedero	685 kg/m ^{3}
Elevación máxima del vertedero	150 m

El peso específico compactado en el relleno sanitario se definió de la siguiente manera:

TABLA 4.1
Determinación del peso especifico compactado

Componente	Porcentaje en peso kg	Densidad	Volumen tal como son desechados , m3	Factor de compactación	Volumen compactado en el relleno sanitario
Orgánicos					
Residuos de comida	640	291	2,2	0,33	0,73
Papel-cartón	190	69,5	2,7	0,17	0,46
plásticos	150	65	2,3	0,1	0,23
Inorgánicos					
Vidrio	20	196	0,1	0,4	0,04
		Peso especifico compactado=	1000/1,46		685 kg/m 3

Como parte de la determinación de la vida útil, se desarrollo un perfil superficial del suelo a través del lugar propuesto para el relleno sanitario. (Anexo 5). Como se puede observar la elevación máxima del relleno sanitario es de 150 m y se utilizan un total de 8 niveles.

A continuación, se procedió a determinar la capacidad volumétrica del sitio propuesto mediante el método de cuadrícula del área de los contornos de 3m que corresponden a los niveles individuales

TABLA 4.2
Área del relleno sanitario

		Área m^2		
Numero de nivel	**Elevación (m)**	**En el contorno**	**media entre contornos**	**Capacidad entre contorno**
	127	1912,50		
1			2728,13	8184,38
	130	3543,75		
2			4514,06	13542,19
	133	5484,38		
3			6426,56	19279,69
	136	7368,75		
4			6370,31	19110,94
	139	5371,88		
5			5892,19	17676,56
	142	6412,50		
6			6904,69	20714,06
	145	7396,88		
7			7748,44	23245,31
	148	8100,00		
8			4050,00	12150,00
				133.903,13

Por lo tanto, la capacidad máxima del vertedero es de 133.903,13 m3.

Mediante los datos obtenidos en campo de las cantidades totales diarias de residuos (Anexo 6), se puede determinar la tasa diaria de generación de basura de las muestras tomadas de los 11 hogares escogidos al azar, que se realizó entre el 2 y 14 de octubre del 2.006.

Se resume estos totales en la siguiente tabla:

TABLA 4.3
Peso total de los residuos sólidos recolectados por zonas

Número de zona	Número de habitantes por vivienda de la zona	PESO (Kg.)					
		02/10/06	03/10/06	04/10/06	05/10/06	06/10/06	07/10/06
S1	4	1.14	1.25	2.95	2.05	0.91	1.59
S2	3	1.14	0.54	0.4	2.27	3.41	1.36
S3	5	0.57	3.05	3.46	6.7	7.95	9.43
S4	2	2.84	1.52	0.34	2.95	1.73	1.25
S5	6	2.61	0.2	1.42	2.78	2.02	0.8
S6	3	5.8	2.9	0.8	3.55	1.82	2.27
Número de zona	Número de habitantes por vivienda de la zona	PESO (Kg.)					
		08/10/06	09/10/06	10/10/06	11/10/06	12/10/06	13/10/06
S7	4	3.64	1.48	2.05	1.48	2.50	2.27
S8	3	1.25	5.57	2.95	2.84	2.73	3.18
S9	4	3.52	1.7	0.89	2.82	1.7	2.05
S10	2	3.41	4.2	2.39	3.3	3.18	2.61
S11	3	0.91	1.02	0.23	0.32	0.23	0.8

Peso total de los residuos sólidos según el material recolectado.

TABLA 4.4
Peso de los diferentes tipos de residuos recolectados por zona

Zonas	Materia Orgánica, kg.	Papeles, kg.	Vidrio, kg.	Plásticos, kg.
S1	6,48	0,68	0,91	1,82
S2	5,68	0,85	0,00	2,59
S3	9,09	17,90	0,00	4,18
S4	6,02	1,20	1,25	2,16
S5	7,31	1,25	0,57	0,71
S6	14,09	1,22	0,11	1,70
S7	8,98	3,18	0,00	1,25
S8	13,41	3,07	0,00	2,05
S9	9,77	1,66	0,00	1,25
S10	15,91	2,16	0,00	1,02
S11	1,14	1,23	0,00	1,14

Peso total de los residuos sólidos durante los 12 días

TABLA 4.5
Peso total de los residuos sólidos recolectados

Zona	Kg./vivienda
S1	9,89
S2	9,12
S3	31,17
S4	10,64
S5	9,84
S6	17,13
S7	13,41
S8	18,52
S9	12,68
S10	19,09
S11	3,5
	154,99

Determinando la cantidad de residuos sólidos que se van a verter en el relleno sanitario, se establece la cantidad de habitantes en el cantón Puerto Baquerizo Moreno, lo cual se obtuvo mediante el último censo realizado en el año 2.006 por el INEC. Según este dato obtenido, se realiza una proyección de la población para estimar la producción en el futuro, para definir las cantidades de desechos sólidos que se deben disponer durante el periodo de diseño.

El crecimiento de la población se estimó por el método geométrico, el cual asume una tasa de crecimiento constante. La siguiente expresión nos muestra su cálculo:

$$Pf = Po(1 + r)^n$$

Fórmula 4.3

Donde:

Pf= Población futura

Po= Población actual

r= tasa de crecimiento

n= (tf-to) intervalo en años

La tabla 4.6 muestra el cálculo de la proyección poblacional para el año de diseño.

TABLA 4.6

Proyección de la población para el año 2037

P	Población	Año
Po	5539	2006
P1	5766	2007
P2	6003	2008
P3	6249	2009
P4	6505	2010
P5	6772	2011
P6	7049	2012
P7	7338	2013
P8	7639	2014
P9	7952	2015
P10	8278	2016
P11	8618	2017
P12	8971	2018
P13	9339	2019
P14	9722	2020
P15	10120	2021
P16	10535	2022
P17	10967	2023
P18	11417	2024
P19	11885	2025
P20	12372	2026
P21	12879	2027
P22	13407	2028
P23	13957	2029
P24	14529	2030
P25	15125	2031
P26	15745	2032
P27	16391	2033
P28	17063	2034
P29	17762	2035
P30	18491	2036
P31	19249	2037

Producción per cápita

La Producción per-cápita de desechos sólidos se estimó de la siguiente manera:

$$ppc = \frac{Dsr}{viv * \# hab x 6}$$

Fórmula 4.4

Donde:

Ppc= producción por habitante por día (Kg./hab.-día)

Dsr= cantidad de desechos sólidos recolectados en una semana (Kg./sem)

ppc1= 0.587 Kg./hab.-día Primer año

Se estima que la producción per-cápita aumenta en un 1% anual, entonces para los siguientes años:

$$ppc = ppc1 + (1\%)$$

Fórmula 4.5

TABLA 4.7
Proyección de la producción per-capita

PPc	PPC inicial	PPC final
ppc2=	pcc1+(1%)	0,593
pcc3=	0,593	0,599
ppc4=	0,599	0,605
pcc5=	0,605	0,611
ppc6=	0,611	0,617
pcc7=	0,617	0,623
ppc8=	0,623	0,629
pcc9=	0,629	0,636
pcc10=	0,636	0,642
pcc11=	0,642	0,649
pcc12=	0,649	0,655
pcc13=	0,655	0,662
pcc14=	0,662	0,668
pcc15=	0,668	0,675
pcc16=	0,675	0,682
pcc17=	0,682	0,688
pcc18=	0,688	0,695
pcc19=	0,695	0,702
pcc20=	0,702	0,709
pcc21=	0,709	0,716
pcc22=	0,716	0,724
pcc23=	0,724	0,731
pcc24=	0,731	0,738
pcc25=	0,738	0,745
pcc26=	0,745	0,753
pcc27	0,753	0,760
pcc28=	0,760	0,768
pcc29=	0,768	0,776
pcc30=	0,776	0,783
pcc31=	0,783	0,791

El conocimiento de la producción de desechos sólidos nos permite establecer, cuáles deben ser los equipos de recolección más adecuados, la cantidad de personal, las rutas, la frecuencia de recolección, la necesidad de esta área para la disposición final.

TABLA 4.8
Volumen de residuos sólidos generados para el año 2037

Volumen diario, m3/ día	Volumen anual, m3/ año	Total acumulado, m3	Año
5,46	1994	1994	2009
5,74	2097	4091	2010
6,04	2204	6295	2011
6,35	2318	8612	2012
6,68	2437	11049	2013
7,02	2562	13611	2014
7,38	2694	16305	2015
7,76	2832	19137	2016
8,16	2978	22115	2017
8,58	3131	25246	2018
9,02	3292	28538	2019
9,48	3461	31999	2020
9,97	3639	35638	2021
10,48	3826	39465	2022
11,02	4023	43487	2023
11,59	4230	47717	2024
12,18	4447	52164	2025
12,81	4676	56840	2026
13,47	4916	61756	2027
14,16	5169	66925	2028
14,89	5435	72360	2029
15,65	5714	78074	2030
16,46	6008	84082	2031
17,31	6317	90398	2032
18,20	6641	97040	2033
19,13	6983	104022	2034
20,11	7342	111364	2035
21,15	7719	119083	2036
22,24	8116	127200	2037

Comparando el área del lugar propuesto para el relleno sanitario con la producción de la población hasta el año 2037, definimos que la vida útil del relleno sanitario es de 29 años, ya que la capacidad del sitio donde se va a construir el relleno sanitario es de 133.903,13m^3 y hasta los 29 años la capacidad que puede almacenar el relleno es de 127.200 m^3. Para propósitos de esta tesis definimos una vida útil del relleno de 25años.

4.16.3.3 COMPOSICIÓN PORCENTUAL DE LOS DESECHOS SÓLIDOS EN PUERTO BAQUERIZO MORENO

TABLA 4.9
Composición porcentual de los residuos sólidos recolectados

ZONAS	% Materia Orgánica	% Papeles-cartón	% Vidrio	% Plásticos
S1	65	7	9	18
S2	62	9	0	28
S3	29	57	0	13
S4	57	11	12	20
S5	74	13	6	7
S6	82	7	1	10
S7	67	24	0	9
S8	72	17	0	11
S9	77	13	0	10
S10	83	11	0	5
S11	32	35	0	32
Suma	**702**	**205**	**27**	**166**
TOTAL	**64**	**19**	**2**	**15**

4.16.3.4 DETERMINACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE LIXIVIADOS Y GASES

1. Estimación del contenido de humedad y peso seco de los constituyentes orgánicos e inorgánicos.

TABLA 4.10
Estimación de contenido de humedad y peso seco de los componentes orgánicos e inorgánicos

Componente	Porcentaje en peso	Contenido en humedad %	Peso húmedo	Peso seco
Orgánicos				
Residuos de comida	64	70	44,8	19,2
Papel-cartón	19	6	1,14	17,86
plásticos	15	2	0,3	14,7
Inorgánicos				
Vidrio	2	3	0,06	1,94

2. Estimación de la composición química y la cantidad de gas que puede derivarse de los constituyentes orgánicos de los RSU. El contenido de humedad de los constituyentes se extrae de la tabla anterior.

TABLA 4.11
Distribución porcentual de los elementos más importantes que componen los residuos

Componentes	Peso húmedo Kg.	Peso seco Kg.	Composición Kg.					
			C	H	O	N	S	CENIZAS
Constituyentes orgánicos rápidamente biodegradables								
residuos de comida	64	19,2	9,216	1,2288	7,2192	0,4992	0,0768	0,96
Papel-cartón	19	17,86	7,8584	1,0716	7,8584	0,05358	0,03572	0,10716
Total		37,06	**17,0744**	**2,3004**	**15,0776**	**0,55278**	**0,11252**	**1,06716**

3. Cálculo de la composición molar de los elementos despreciando la ceniza.

TABLA 4.12
Composición molar de los elementos

	C	H	O	N	S
g/mol	12,01	1,01	16	14,01	32,06
total moles rápidamente descomponibles	1,4217	2,2776	0,9424	0,0395	0,0035

4. Determinación de la fórmula química aproximada sin azufre.

TABLA 4.13
Determinación de la fórmula química sin azufre

Componente	relación mol (nitrógeno=1) rápidamente descomponibles	
Carbono	36,0	36
hidrogeno	57,7	58
Oxígeno	23,9	24
Nitrógeno	1,0	1

La fórmula química sin azufre $C_{36}H_{58}O_{24}N$

5. Estimación de la cantidad de gas que puede derivarse de la descomposición rápida de los constituyentes orgánicos en los RSU.

a) Utilizando la ecuación

$$C_aH_bO_cN_d + \left(\frac{4a-b-2c+3d}{4}\right)H_2O \rightarrow \left(\frac{4a+b-2c-3d}{8}\right)CH_4 + \left(\frac{4a-b+2c+3d}{8}\right)CO_2 + dNH_3$$

De la ecuación anterior tenemos:

$$C_{36}H_{58}O_{24}N_1 + 10H_2O \rightarrow 19CH_4 + 17CO_2 + NH_3$$

Se determina el volumen metano y dióxido de carbono producido. Los pesos específicos del metano y del dióxido de carbono a una temperatura y presión específica son 0,717 y 1,978 Kg/m^3, respectivamente.[44]

Tabla 4.14 Peso molecular, densidad y peso específico de los gases encontrados en un vertedero controlado en condiciones estándar (0º C,1 atm)

Gas	Fórmula	Peso molecular	Densidad, g/l	Peso específico, kg/m^3
Aire		28,97	1,2928	1,293
Amoníaco	NH_3	17,03	0,7708	0,771
Dióxido de carbono	CO_2	44,00	1,9768	1,977
Monóxido de carbono	CO	28,00	1,2501	1,250
Hidrógeno	H_2	2,016	0,0898	0,089
Sulfuro de hidrógeno	H_2S	34,08	1,5392	1,538
Metano	CH_4	16,03	0,7167	0,717
Nitrógeno	N_2	28,02	1,2507	1,251
Oxígeno	O_2	32,00	1,4289	1,428

Fuente: *Tchobanoglous, Volumen I, Pág. 431*

[44] George Tchobanoglous, Hilary Theisen, Samuel Vigil, *Gestión Integral de Residuos Sólidos, Volumen I*, Traducción y revisión técnica Juan Ignacio Tejero Monzón, José Luis Gil Díaz, Marcel Szanto Narea.—Madrid : McGraw-Hill, 1998.

Metano= $18m^3N$

Dióxido de Carbono = $16m^3N$

Se determina la cantidad teórica total de gas generado por unidad en peso seco de la materia orgánica destruida.

$$Vol/kg= \frac{\text{Metano} + \text{Dioxido de carbono}}{\text{Peso seco de la materia organica}}$$

Vol/kg= 0.92 m^3/kg

4.16.3.5 DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS COMPACTADOS, SIN Y CON DETRACCIÓN DE RESIDUOS.

a) Cálculo del peso específico compactado de los residuos sólidos

$$\text{Peso específico compactado}= \frac{1000kg}{1.46m^3}$$

Peso específico compactado= 685 Kg./m^3

b) Determinación del peso específico compactado de los residuos.

TABLA 4.15
Determinación del peso especifico compactado de los residuos sólidos

Componente	Porcentaje en peso Kg.	Volumen tal como son desechados, m^3	Factor de compactación	Volumen compactado en el relleno sanitario, m^3
Orgánicos				
Residuos de comida	640	2,2	0,33	0,73
Papel-cartón	190	2,7	0,17	0,46
plásticos	150	2,3	0,1	0,23
Inorgánicos				
Vidrio	20	0,1	0,4	0,04
			Total	1,46 m^3

4.16.3.6 DETERMINACIÓN DE LA GENERACIÓN DE GAS DE VERTEDERO.

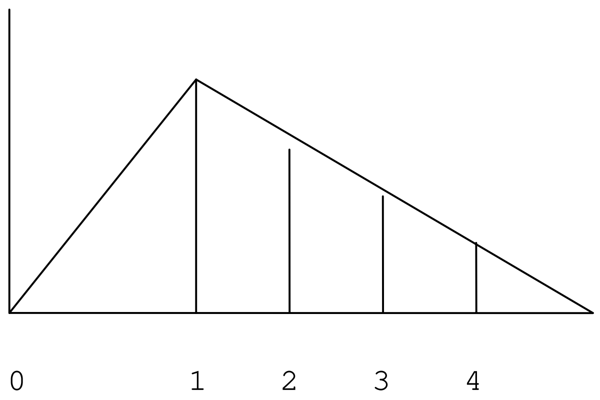
1. Determinación de la distribución de la producción de gas

Vida de vertedero	25 años
Composición de los residuos para RSU domésticos para orgánicos es de	98 %
Composición de los residuos para RSU domésticos para inertes es de	2 %
La fracción orgánica esta compuesta de plástico en	15 %
La fracción orgánica esta compuesta de material rápidamente biodegradable en un	82 %
Peso seco de material rápidamente biodegradable	37 %
Residuos orgánicos rápidamente biodegradables disponibles para la degradación	75 %
La cantidad total de gas de vertedero producido por la fracción biodegradable de los materiales rápidamente biodegradables colocados cada año es de	0,92 m^3/kg
El periodo de tiempo para la descomposición de material orgánico rápidamente descomponible es de	5 años

- *Suponer que la tasa de descomposición del material rápidamente esta basada en un modelo triangular de producción de gas, donde la tasa mas alta de producción se produce el primer y quinto año, respectivamente, después del comienzo de producción de gas. Se supone que la producción de gas comienza al final del primer año de explotación*

Se determina la cantidad de gas que se ha producido al final de cada año por kilogramo de material residual orgánico rápidamente biodegradable cuando estos materiales se descomponen durante un periodo de 5 años, como se muestra en la figura siguiente

a) Como se utiliza un modelo triangular de producción de gas, se puede ilustrar gráficamente la producción de gas para un período de 5 años para los residuos rápidamente biodegradables, como se muestra en la figura siguiente.



b) Como el área del triangulo es igual a la mitad de la base multiplicada por la altura, la cantidad total de gas producido es igual a

Total de gas producido, m^3= $\frac{1}{2}$ (base, año) x (altura, tasa mas alta de producción de gas, m^3/año)

c) Si la cantidad total de gas por Kg. de RRB es igual a 0,92 m^3 entonces la tasa máxima generada en el 1er año en que se produce gas es igual a:

Tasa máxima de producción de gas, m^3/año= $0.92\,m^3 * \frac{2}{5}\,año$

d) La cantidad de gas producido durante el primer año en que se produce gas es igual a:

Gas producido durante el primer año, m^3= $\frac{1}{2} * 1año * 0.37\frac{m^3}{año}$

Los valores de tasa de generación y gas producidos hasta el año quinto se muestran en la siguiente tabla.

TABLA 4.16
Tasa de generación y gas producido hasta el quinto año

Final del año	Tasa de producción de gas, m3/ año	Producción de gas, m3
1	0	
		0,18
2	0,37	
		0,32
3	0,28	
		0,23
4	0,19	
		0,13
5	0,09	
		0,06
6	0	
total		0,92

2. Determinar la distribución de gas producido de material orgánico rápidamente biodegradable por Kg. de residuos totales depositados en el vertedero

a) Determinación de la fracción de los residuos totales RRB basándose en el peso seco

Rápidamente biodegradable / kg res total 0,278 Kg.

Determinación de la cantidad de gas producido por Kg. RRB

Gas Residuo Biodegradable= 0.26 m^3

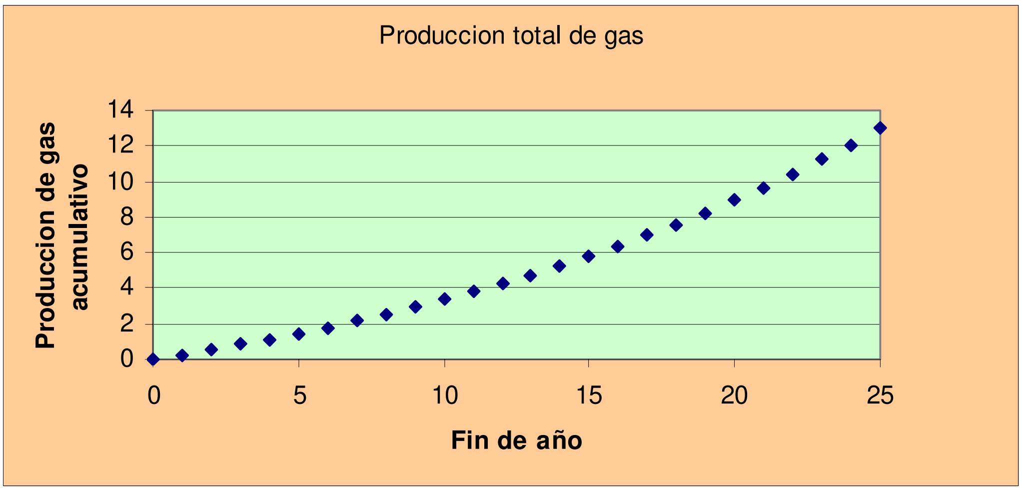
Se repite el procedimiento para los siguientes 24 años de vida útil del relleno sanitario. (Ver anexo 7)

TABLA 4.17
Tasa de Generación de gas de vertedero de residuos colocados en el año indicado, m3/ año

Final del Año	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Total	Gas, m3	Producción acumulativa, m3
0	0	0	0	0	0	0	0,000	0	0
1	0	0,370	0,280	0,190	0,090	0	0,930	0,26	0,26
2	0	0,113	0,086	0,057	0,029	0	0,285	0,280	0,540
3	0	0,125	0,094	0,062	0,031	0	0,312	0,29	0,830
4	0	0,137	0,103	0,069	0,034	0	0,343	0,31	1,140
5	0	0,151	0,113	0,075	0,038	0	0,377	0,32	1,460
6	0	0,167	0,125	0,084	0,042	0	0,418	0,34	1,800
7	0	0,185	0,138	0,092	0,046	0	0,461	0,360	2,160
8	0	0,206	0,154	0,103	0,051	0	0,514	0,38	2,540
9	0	0,225	0,169	0,113	0,056	0	0,563	0,4	2,940
10	0	0,249	0,187	0,124	0,062	0	0,622	0,42	3,360
11	0	0,277	0,208	0,139	0,069	0	0,693	0,44	3,800
12	0	3,070	0,230	0,154	0,077	0	3,531	0,46	4,260
13	0	0,339	0,259	0,169	0,085	0	0,852	0,49	4,75

14	0	0,376	0,282	0,188	0,094	0	0,940	0,51	5,260
15	0	0,415	0,311	0,208	0,104	0	1,038	0,54	5,800
16	0	0,456	0,342	0,228	0,114	0	1,140	0,57	6,370
17	0	0,504	0,378	0,252	0,126	0	1,260	0,59	6,960
18	0	0,860	0,650	0,430	0,220	0	2,160	0,63	7,590
19	0	0,618	0,464	0,309	0,155	0	1,546	0,66	8,250
20	0	0,680	0,510	0,340	0,170	0	1,700	0,69	8,940
21	0	0,756	0,567	0,378	0,189	0	1,890	0,73	9,670
22	0	0,836	0,627	0,418	0,209	0	2,090	0,77	10,440
23	0	0,921	0,691	0,460	0,230	0	2,302	0,8	11,240
24	0	1,016	0,762	0,508	0,254	0	2,540	0,84	12,080
25	0	1,184	0,843	0,562	0,281	0	2,870		
TOTAL								0,89	12,970

CUADRO 4.3
Producción total de gas



4.16.3.7 DETERMINACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE LIXIVIADOS

Con la información obtenida en el desarrollo de la tesis se calcula la cantidad anual de lixiviados producidos en el vertedero que se va a explotar durante 25 años.

a) Características de los residuos

Peso específico compactado de los residuos	685 Kg./m ^{3}
Contenido de humedad inicial de los residuos	20 %

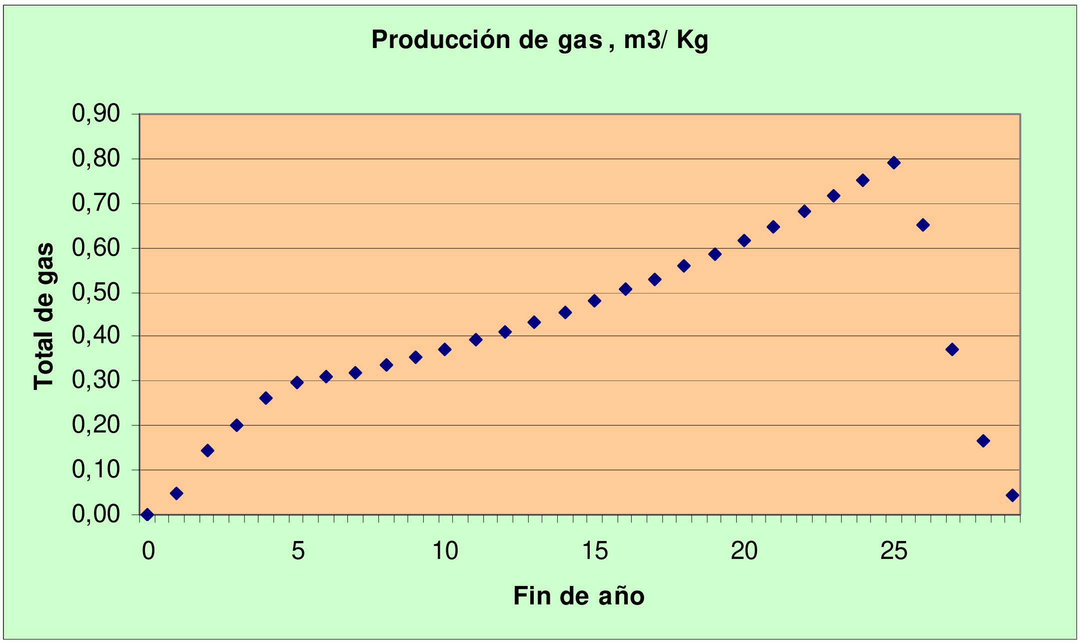
b) Características del vertedero

Altura del nivel	3 m
Relación residuos/recubrimiento	1:1
Numero de niveles	8
Peso específico del suelo (incluyendo humedad)	1770 Kg./m ^{3}
El agua consumida en la formación de gas de vertedero	0,16 Kg./m ^{3}
El agua presente como vapor de agua en el gas de vertedero	0,016 Kg./m ^{3}
Peso específico de gas de vertedero	1,339 Kg./m ^{3}

c) Producción de gas

CUADRO 4.4

Producción de gas m^3/ Kg.



d) Se calcula la capacidad de campo en función de peso de sobrecarga

$$FC = 0.6 - 0.55\left[\frac{W}{4.536 + W}\right]$$

Fórmula 4.6

FC= La fracción de agua en los residuos basándose en su peso seco

W = El peso de sobrecarga calculado a una altura media de los residuos en el nivel en cuestión, Kg.

e) Cantidades de lluvia

Lluvia que entra en la cubrición diaria durante los primeros 25 años de explotación	40 cm/año
Lluvia que entra en la cubrición final después de 25 años	2.5 cm/año

f) Se definen los elementos del balance de aguas para el primer nivel. El gráfico de definición pertinente se muestra a continuación.

A continuación se muestra la figura 4.2 en la cual denotamos las características antes mencionadas como son los niveles que presenta nuestro relleno sanitaria el cual consta de 8 niveles en donde se especifica el material de cobertura y la cantidad de lluvia anual que puede caer al relleno.

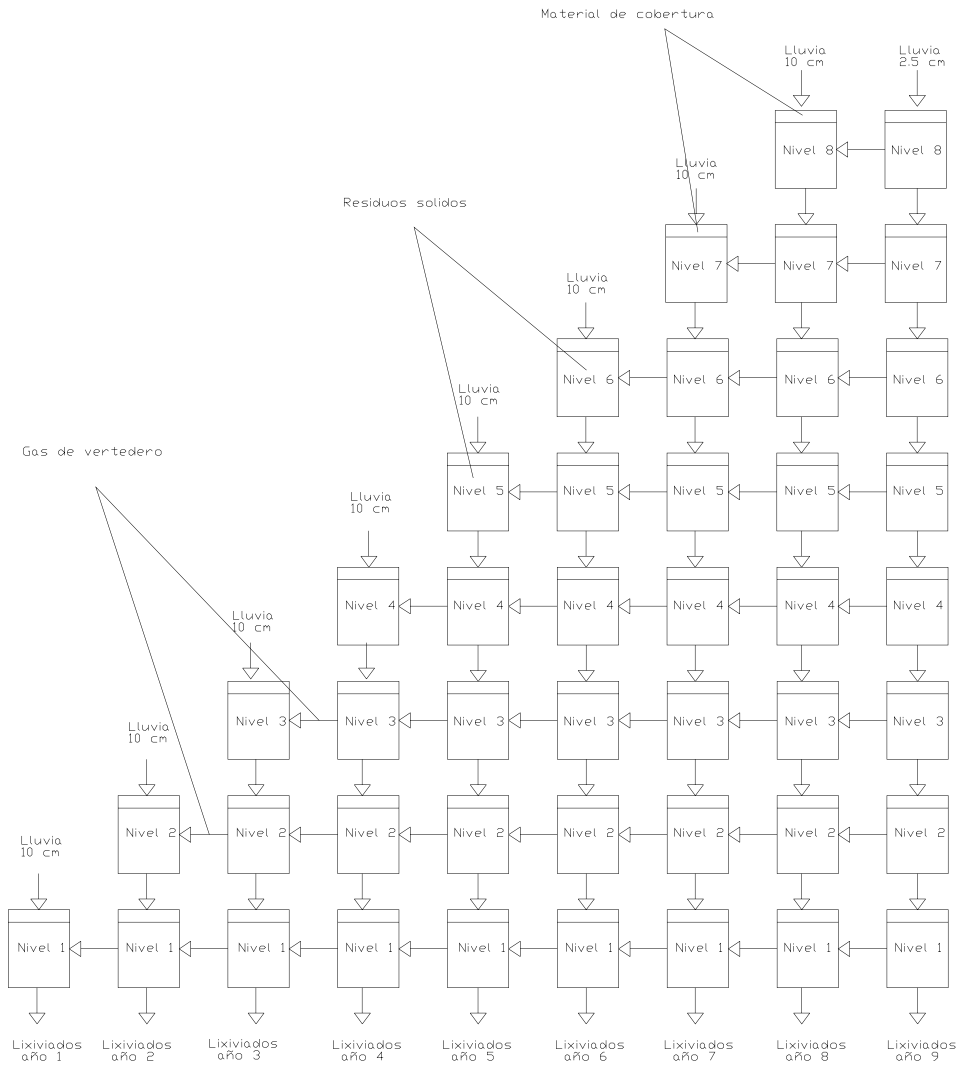


FIGURA 4.2
Fuente: TCHOBANOUGLUS, VOL. 1 Pág. 572
Elementos de balance de agua

Se determina el peso de material de recubrimiento y de los residuos sólidos en cada nivel para los 25 años de vida útil del relleno sanitario.

Peso del material de recubrimiento= 590

Peso de residuos sólidos= 1826,67

Peso total inicial del nivel= 2416,67

Peso seco de residuos sólidos= 1461,33

Contenido en humedad de residuos sólidos= 365,33

Peso de la lluvia entrando en el vertedero durante c/u de los primeros 5 años = 99,99

Peso total del nivel= 2516,66

Se prepara un balance de aguas para cada uno de los niveles y se determina la cantidad de lixiviado que se puede esperar para cada uno de los niveles (Ver anexo 8). Anteriormente se ha mostrado el dibujo de definición pertinente para cada uno de los niveles. Cabe acotar que los lixiviados serán canalizados hacia una piscina para su respectivo tratamiento.

TABLA 4.18
Producción de lixiviados

Año	Kg/m^2	m^3
1	107,53	18,62
2	284,42	49,24
3	359,49	62,23
4	382,81	66,27
5	416,34	72,07
6	442,224	76,55
7	462,050	79,99
8	477,755	82,70
9	283,78	49,13
10	52,98	9,17
11	52,98	9,17
12	56,57	9,79
13	56,57	9,79
14	56,57	9,79
15	56,57	9,79
16	56,57	9,79
17	56,57	9,79
18	56,57	9,79
19	56,57	9,79
20	56,57	9,79
21	56,57	9,79
22	56,57	9,79
23	56,57	9,79
24	56,57	9,79
25	56,57	9,79

COSTES DE INVERSIÓN DEL RELLENO SANITARIO

Una estimación de los costes de inversión y operación del relleno sanitario situado en la cantera son los que se recogen en la tabla adjunta:

COSTOS DE INVERSIÓN

Maquinaria	$ 72.000
Materiales	$ 301.208

La adquisición del terreno no lo incluimos como un costo de inversión ya que este es donado por el Parque Nacional Galápagos.

GASTOS ANUALES DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

Responsable del relleno	$ 7.500
Responsable de operación	$ 4.800
Mantenimiento de equipos	$ 10.197

La impermeabilización del relleno se ha calculado a partir de los requisitos que aparecen en el artículo 28 del reglamento, en la que se establecen los requisitos mínimos para impermeabilizar el relleno sanitario. Para el cálculo de los costes unitarios se ha tenido en cuenta la siguiente estructura del impermeabilizado de la base del relleno sanitario:

- Una primera capa, de mínimo de 30cm, de arcilla con una permeabilidad inferior a 10^{-9} cm/s.

- Encima de esta capa se colocará una lámina impermeable de Polietileno de alta densidad (PEAD) de mínimo 1,5mm.

- Posteriormente se colocará una lámina de geotextil de 300gr/m ^{2}, con la finalidad de proteger la zona impermeable de objetos punzantes que la puedan dañar.

- Sobre el geotextil se colocarán 50 cm. de grava, zona que se empleará para drenar el relleno sanitario de lixiviados.

Los costes unitarios considerados para esta impermeabilización son los siguientes.

Geotextil 300gr/m2	4,4	$\$/m^2$
PEAD 1,5mm	5,1	$\$/m^2$
Arcillas	13,0	$\$/m^3$
Grava	28,0	$\$/m^3$

4.17 DISEÑO DE LA PLANTA DE COMPOSTAJE (PLANOS Y CÁLCULOS)

La materia orgánica recogida selectivamente permite obtener un compost de calidad, material que es muy apreciado en la agricultura ya que mejora la calidad física, química y biológica del suelo, y por lo tanto muy apropiado para utilizarlo en la propia isla.

Para garantizar un buen proceso de compostaje es necesario que se tengan presente dos aspectos que son determinantes para este tipo de instalaciones:

- La materia orgánica ha de estar libre de otros materiales, la presencia de los cuales puede afectar el buen funcionamiento del proceso o la calidad del producto obtenido.

- La materia orgánica a compostar pasa por distintas fases biológicas cada una de las cuales precisa de una gestión distinta. Por lo cual una buena gestión es fundamental para garantizar el éxito del tratamiento de los residuos orgánicos.

Por ello se recomienda que el proceso de compostaje se contemple como un proceso de producción de compost y no como una planta de tratamiento de residuos. Para lograr este objetivo es frecuente que la producción de compost se adjudique a un gestor privado estrechamente relacionado con los consumidores del compost, pero siempre bajo la supervisión de la administración, la cual ha de supervisar que se efectúe todo el proceso según lo pactado.

A partir de las caracterizaciones realizadas en mes de marzo de 2006 la cantidad de materia orgánica presente en los residuos que llegaban al vertedero era del 60% .

Las previsiones de recogida, con la aplicación de la colección selectiva de forma individual, quedan acopiadas en la tabla adjunta, y en la cual se puede apreciar que la cantidad prevista a recoger puede variar de forma considerable con el tiempo.

AÑO	2009	2013	2018	2023	2028	2033	2037
MATERIA ORGANICA, TN	612	718	878	1073	1312	1604	1884

Por ello sería prudente prever una instalación con capacidad física de crecimiento. En una primera fase se recomienda un diseño para poder tratar unas 800 toneladas anuales.

A parte de los residuos domésticos en las plantas de compostaje también se pueden gestionar otros residuos orgánicos como los que se generan en las actividades agropecuarias, en mataderos, etc. En el proceso de compostaje es necesaria la presencia de madera triturada (astillas) libre de elementos contaminantes (pinturas, barnices, antiparásitos, etc.). Este material, una vez triturado, se emplea como elemento estructurante en el proceso de compostaje facilitando la aireación de la mezcla, y como material que aporta parte del carbono contenido en el compost producido.

La producción de compost está directamente relacionada con la cantidad de materia orgánica entrada en la planta de compostaje, la calidad de ésta y el proceso de elaboración. En general se estima que la producción total de compost se halla entre el 10% y el 20%, en peso, de la fracción orgánica entrada. Los parámetros que influirán en la producción de compost son:

- La humedad del material de entrada.
- La proporción de mezcla entre la fracción orgánica y el material estructurante (madera y maleza triturada).
- El sistema de separación del compost del resto de elementos.

Proceso de compostaje propuesto

Las cantidades de residuos a tratar y las características geográficas de la isla de San Cristóbal, permiten la utilización de sistemas de compostaje de baja intensidad. El proceso que se describe es sin la utilización de activadores biológicos (bacterias).

En líneas generales la metodología propuesta a emplear es la siguiente:

- Los residuos orgánicos llegan a la planta y se retiran los elementos de mayor tamaño no degradables.

- Los residuos se mezclan con la madera triturada obteniendo un producto homogéneo y poroso, que facilitará la oxigenación de la masa a compostar.

- Una vez efectuada la mezcla, el producto obtenido se apila en filas de forma piramidal, momento en que la masa empieza el proceso de compostaje. Las pilas, también conocidas como camellones, estarán sometidas a un control de humedad y temperatura. Esto permitirá verificar el correcto funcionamiento del proceso de degradación.

- La higienización (eliminación de patógenos y semillas) del material a compostar se garantiza con el incremento de temperatura de la masa a tratar, la cual se obtiene por la propia actividad biológica de la degradación de la materia orgánica. Las instalaciones de compostaje logran la higienización del material con el calentamiento de las pilas a temperaturas de 65 – 70° C, gracias a las cuales los patógenos se eliminan y las semillas se desactivan.

En el caso de elaborar compost en la isla de San Cristóbal, a causa de la importancia de no introducir semillas foráneas, se propone emplear algún sistema que garantice estos valores de temperatura. Una posibilidad es cubrir el camellón con materiales que aseguren el calentamiento sobre toda la masa tratada. Con materiales de las características del GORO TEX se logran temperaturas 76-82 °C durante los primeros días, con lo cual se garantiza la inocuidad del producto obtenido.

Otras técnicas para garantizar la higienización del material, que podrían valorarse, consisten por ejemplo en la pasteurización del material con un golpe térmico usando energía externa, la radiación del producto, etc.

- De forma periódica las pilas se remueven para esponjar el producto, controlando la temperatura y facilitando la descomposición correcta de toda la pila. También se regula la humedad, a través de riego de las pilas, para que los microorganismos estén en las condiciones óptimas.

- La masa, después de unos 90 días, ya no presenta actividad biológica y se considera producto estabilizado y listo para su uso como compost

- Las pilas, una vez estabilizadas, se someten a un proceso de cribado del que se extrae por un lado compost (fase fina del material) y el resto formado por restos de madera triturada e impropios (fase gruesa). De la fase gruesa se recuperan las maderas y el resto se elimina a botadero.

Superficie necesaria para la primera fase.

La superficie prevista, para poder tratar 800 toneladas/año, es de aproximadamente 2.600 m^2, con la distribución que se detalla en el cuadro adjunto. Las pilas y las zonas de trabajo convienen que estén bajo cubierto para evitar las precipitaciones y la radiación directa del sol. Por tanto se ha de prever que de los 2.600 m^2 necesarios unos 1.000 m^2 estarían bajo techo. El recinto debe de disponer de arquetas para la recogida de los líquidos desprendidos por los residuos (lixiviados), los cuales tendrán un sistema que desfogue al punto donde se depositan los lixiviados producidos por el relleno sanitario.

DIMENSIONADO DE LA PLANTA DE COMPOSTAJE		
Capacidad	800	Toneladas
Area de descomposición y madurado	**731**	m^2
Zona de recepción y preparación residuos	150	m^2
Zona de afino y almacen de compost	700	m^2
Recepción y almacen de material estruct.	400	m^2
Zona trituración	150	m^2
Servicios, taller, almacen	250	m^2
Area mínima de trabajo	**2381**	m^2

Personal

La planta de compostaje, al igual que cualquier instalación y por razones de seguridad, no puede operar con una sola persona. Por ello se contempla la necesidad de disponer de tres personas dedicadas a la planta de compostaje para poder ser operativa durante todo el año. El personal ha de manipular maquinaria pesada (pala mecánica o tractor, volteadora, criba, trituradora de madera, etc.).

Maquinaria y equipos

Los equipos y maquinaria que se han previsto para esta instalación es la que se relaciona a continuación.

- Trituradora madera.
- Tractor pala.
- Volteadora o similar y apertura bolsas.
- Equipo control de higienización Goro-tex.
- Criba de afino compost.
- Equipo bombeo lixiviados.

- Equipo bombeo pluviales.
- Red antiincendios.
- Agua y electricidad.

Costes de inversión

El presupuesto estimado para poder construir y operar la planta de compostaje con los criterios aplicados son los siguientes:

INVERSIONES				
	valor	unidades	costo unitario	costo total
Obra civil	2.600	m^2		
Superficie total	500	m^2	80	40.000
Pavimentación y obra civil				
Accesos				
Nave(oficina, vestuarios, almacen, taller)	50	m^2	210	10.500
Techo zona de trabajo (cobertizo)	1.000	m^2	60	60.000
Balsa lixiviados	10	m^2	45	450
Balsa pluviales	40	m^2	45	1.800
protección perimetral	234	m^2	12	2.810
Subtotal				115560
Maquinaria y Equipos				
Trituradora madera-maleza	1			20.000
Tractor pala	1		30000	30.000
Volteadora o similar y apertura bolsas	1		18000	18.000
Equipo control de higienización - Goro tex-	30		250	7500
Criba de afino compost	1			6.000
Equipo bombeo lixiviados	1			600
Equipo bombeo pluviales	1			450
Red antiincendios	1			3.600
Agua y electricidad				3.000
Subtotal				89150
Total				204710

Costes de operación

En cuanto a los costes de operación estimados son los que se recogen en la siguiente tabla:

COSTES DE OPERACIÓN/ AÑO			
Responsable de proceso	1	7.500	7.500
Personal de operación	2	4.800	9.600
Mantenimiento de equipos			12.481
Amortizaciones de equipo e instalaciones			10.569
Imprevistos			5.358
Total			**45.508**

CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS

En esta tesis hemos analizado el manejo de desechos sólidos del cantón Puerto Baquerizo Moreno, identificando los desechos sólidos generados durante un periodo de doce días durante el mes de Octubre del 2006 con la técnica de caracterización basada en lo recomendado por la C.E.P.I.S (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente), determinándose la composición del flujo de basura y a partir de esto se revisaron las diferentes alternativas de tratamiento.

Las siguientes son las conclusiones más importantes del estudio realizado:

CONCLUSIONES

1. La generación per-cápita de los residuos sólidos, es un parámetro muy importante para la toma de decisiones en lo que se refiere a proyección y diseño de los sistemas de manejo y disposición final de los desechos sólidos, es por ello que se le dió un gran énfasis a este

parámetro. Por ende, se realizó un inventario y monitoreo de los desechos generados en las diferentes zonas de la isla, clasificando los tipos de residuos sólidos generados en las viviendas establecidas por cada zona censal del cantón. Esto nos permitió inferir la cantidad de los residuos sólidos producidos por la población del cantón Puerto Baquerizo Moreno estableciendo una cantidad de residuos para el año 2007 de 0.587 Kg./hab./día.

2. El muestreo realizado, y en general los resultados mostrados mediante la toma de muestras para el año 2007, nos indican que los residuos sólidos generados por la población del cantón Puerto Baquerizo Moreno están constituidos en una mínima cantidad, 2% por vidrios, seguido por plásticos en un 15% , papel-cartón en un 19% , y en mayor cantidad por desechos orgánicos en un 64% , los cuales pueden ser aprovechados para transformarlos en abonos orgánicos, en especial los residuos de mercado y restaurantes, con los criterios técnicos necesarios para un tratamiento completo y eficiente.

3. La implementación del reciclaje no es un caso factible para el cantón Puerto Baquerizo Moreno, ya que los porcentajes de los materiales a reciclar como cartón, papel, vidrio y plásticos son bajos en relación al costo de su transporte hacia el continente.

4. El estudio realizado proporciona las propuestas técnicas para brindar un mejor servicio de limpieza pública, en sus diferentes fases, pues, conociendo las características cualitativas y cuantitativas y con el trabajo de campo y la investigación realizada, se estará en la capacidad suficiente de ampliar la cobertura del servicio de limpieza pública y mejorar la calidad del actual servicio, considerando aspectos como presupuesto, equipamiento, mano de obra, etc.

RECOMENDACIONES

1. Reforzar el servicio de recolección, mediante la implementación de sistemas no convencionales de recolección (triciclos), permitirá brindar, ampliar y optimizar ese servicio. Además, este sistema requiere de poca inversión inicial y puede emplearse mano de obra local disponible en la ciudad, ello permitirá también facilitar la organización de acciones de recuperación de residuos.

2. La educación ambiental, es de suma importancia, para llevar adelante las propuestas técnicas del presente trabajo. La aplicación de ello mediante estrategias metodológicas adecuadas, permitirá crear en largo plazo, conciencia en el ciudadano y lograr su participación a

nivel individual y de gobierno local permitirá trabajar en forma conjunta a favor de una actuación responsable respecto a la protección y conservación del ambiente

3. Es necesario que la Municipalidad en coordinación con las diferentes instituciones educativas de la ciudad ejecuten actividades encaminadas a concienciar a la población para que coadyuve a mejorar la calidad del servicio en la etapa de caracterización que se debe realizar con cuidado, para tener datos exactos de cada tipo de componente, y en general asumir su responsabilidad respecto a la conservación del ambiente. De igual manera la Municipalidad, deberá llevar adelante y en forma inmediata campañas de difusión a través de diferentes medios de comunicación para informar y concienciar a los vecinos, en pro de un mejor servicio de limpieza pública.

4. Recomendamos a las autoridades locales revisar y tener en cuenta la propuesta contenida en este trabajo, pues la única finalidad es brindar un mejor sistema de gestión integral de residuos sólidos.

5. Al final del estudio es muy importante agradecer a la población por su participación, informar acerca de los resultados finales del estudio y brindarles el informe final si lo desean, para que se sientan parte del estudio, y quizás en futuros estudios poder contar con su colaboración.

5.2 PROPUESTA DE LA MEJOR ALTERNATIVA PARA LA DISPOSICIÓN FINAL DE LOS RESIDUOS

La implementación y construcción de un futuro proyecto de relleno sanitario manual, se presenta como una alternativa técnica y económica, debido a que este método, es sin lugar a dudas la alternativa más conveniente, dado su capacidad de recibir todo tipo de desechos, la inversión inicial es prácticamente reducida, tanto en equipo como en infraestructura y personal, bajos costos de operación y mantenimiento, genera empleo de mano de obra no calificada, recupera los terrenos donde se instala el relleno sanitario, pues se tornarán útiles para la construcción de parques, áreas recreativas, campos deportivos, etc.

1. El sitio mas idóneo a ser dedicado como vertedero de residuos sólidos es el sector conocido como "Las Negritas", es el área delimitada por los puntos P4, P7, P3 y P5 que además presenta una superficie

aproximada de 4.4 Ha, mayor al requerimiento de 1.2 hectáreas, que es la mínima calculada para el nuevo vertedero.

2. El volumen calculado requerido del relleno sanitario es de 127.200 m^3, con lo cual concluimos que el espacio físico seleccionado para la implementación del relleno sanitario es el adecuado, ya que de acuerdo con el plano se calculó que el volumen del sitio es de 133.903 m^3.

3. Se determinó una vida útil del relleno sanitario de 25 años, mediante la confirmación del volumen calculado por medio del plano y el obtenido por la tasa de generación de residuos sólidos.

4. Se determinó que la cantidad de gases generados en el relleno sanitario para el cantón Puerto Baquerizo Moreno es de 12.44 m^3 para los 25 años de vida útil, y una cantidad de lixiviados generados en el relleno sanitario de 4.114,26 kg./m^2

5. Si tenemos en cuenta que el área promedio a rellenar para disponer los desechos sólidos de esta pequeña población no es muy grande, los volúmenes de percolado serán pequeños. Por lo tanto se puede optar por su infiltración en el suelo dado que con el paso del tiempo, la

carga contaminante de los lixiviados disminuye una vez terminado el relleno; además el suelo actúa como filtro natural. No obstante, para proteger las aguas superficiales y subterráneas , se deben tomar las siguientes medidas:

- Verificar que las aguas subterráneas y superficiales cercanas no estén siendo utilizadas para el consumo humano o animal.
- Tratar de contar con un suelo arcilloso o en su defecto impermeabilizar, la parte inferior mediante una capa de arcilla de 0.30 – 0.60m .
- Interceptar, canalizar y desviar el escurrimiento superficial y los pequeños hilos de agua, a fin de reducir el volumen del líquido percolado, y de mantener en buenas condiciones la operación del relleno.
- Construir un sistema de drenaje para posibilitar la recolección del líquido percolado y facilitar su posterior tratamiento en caso necesario.
- Cubrir con una capa de tierra final de unos 0.4 a 0.60 m , compactar y sembrar las áreas del relleno que hayan sido terminadas con pasto o grama para disminuir la infiltración de aguas lluvias.

6. Para el tratamiento de los gases se puede aprovechar este gas como energía en el empleo de una pequeña cocina para calentar alimentos o como lámpara para iluminar el terreno. Es de anotar que la recuperación y aprovechamiento del gas metano con propósitos comerciales, solo se recomienda para rellenos sanitarios que reciban más de 200 ton/día y siempre que las condiciones locales así lo ameriten.

5.3 PLAN DE EDUCACIÓN AMBIENTAL PARA MEJORAR EL MANEJO DE DESECHOS SÓLIDOS

Fortalecer el apoyo de la sociedad galapagueña a las actividades de conservación a través de estrategias efectivas de educación ambiental, interpretación, participación y comunicación.

Una de las mayores debilidades identificadas en los diagnósticos y evaluaciones realizadas hasta la fecha, es el escaso apoyo de la población local.

Estas falencias son atribuidas a la ausencia de una adecuada estrategia de comunicación y educación ambiental, que fomente la participación social en la gestión del área protegida. Las acciones realizadas hasta la fecha se han caracterizado por la falta de integración y la escasa participación de la comunidad local.

Por todo ello, se plantea, el plan piloto de educación para el manejo de los desechos sólidos que busca promover un cambio de cultura ambiental a fin de que los habitantes locales y los centros educativos del cantón Puerto Baquerizo Moreno contribuya de forma participativa al mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes en general, mediante el adecuado tratamiento de los desechos sólidos con el fin de disminuir uno de los principales problemas ambientales como lo es la contaminación ambiental. La ejecución del plan de educación ambiental se sustentará en la identificación y caracterización de las diferentes fuentes de contaminación en el área de acción del proyecto, aspectos relevantes de la historia local como la economía, cultura y naturaleza, así como los conocimientos y habilidades de los habitantes sobre el manejo de los desechos sólidos con esto, y mediante el diseño e implementación de encuentros, reuniones, talleres de forma participativa se capacitará a grupos de mujeres, lideres locales y docentes de escuelas a fin de brindar nuevos conocimientos y habilidades para el adecuado manejo ambiental de los desechos sólidos producidos en el cantón.

El proyecto es un esfuerzo de coordinación entre académicos con los habitantes locales con el objetivo de resolver problemas ambientales específicos contribuyendo de esta forma a el desarrollo regional y locas del país.

Se espera que el presente proyecto sirva de orientación para que pueda ser aplicado en otros lugares a nivel local y nacional realizando los ajustes necesarios.

ANEXO 1

PLANO DE LAS ZONAS CENSALES DEL CANTÓN PUERTO BAQUERI ZO MORENO

ANEXO 2

INFORMACION RECOLECTADA EN CAMPO

1. ¿Cuántas personas viven en su domicilio?

2. Recibe UD. el servicio de limpieza pública?

SI	NO

3. ¿Cuántas veces por semana pasa por su casa el camión recolector?

1	2	3	4	5	6	7	No Pasa

4. A qué hora pasa el camión recolector?

5. ¿Sabe UD. lo que es reciclaje?

SI	NO

6. ¿Estaría usted dispuesto a participar en una campaña de reciclaje?

SI	NO

Dirección:………………………………………………………………………………

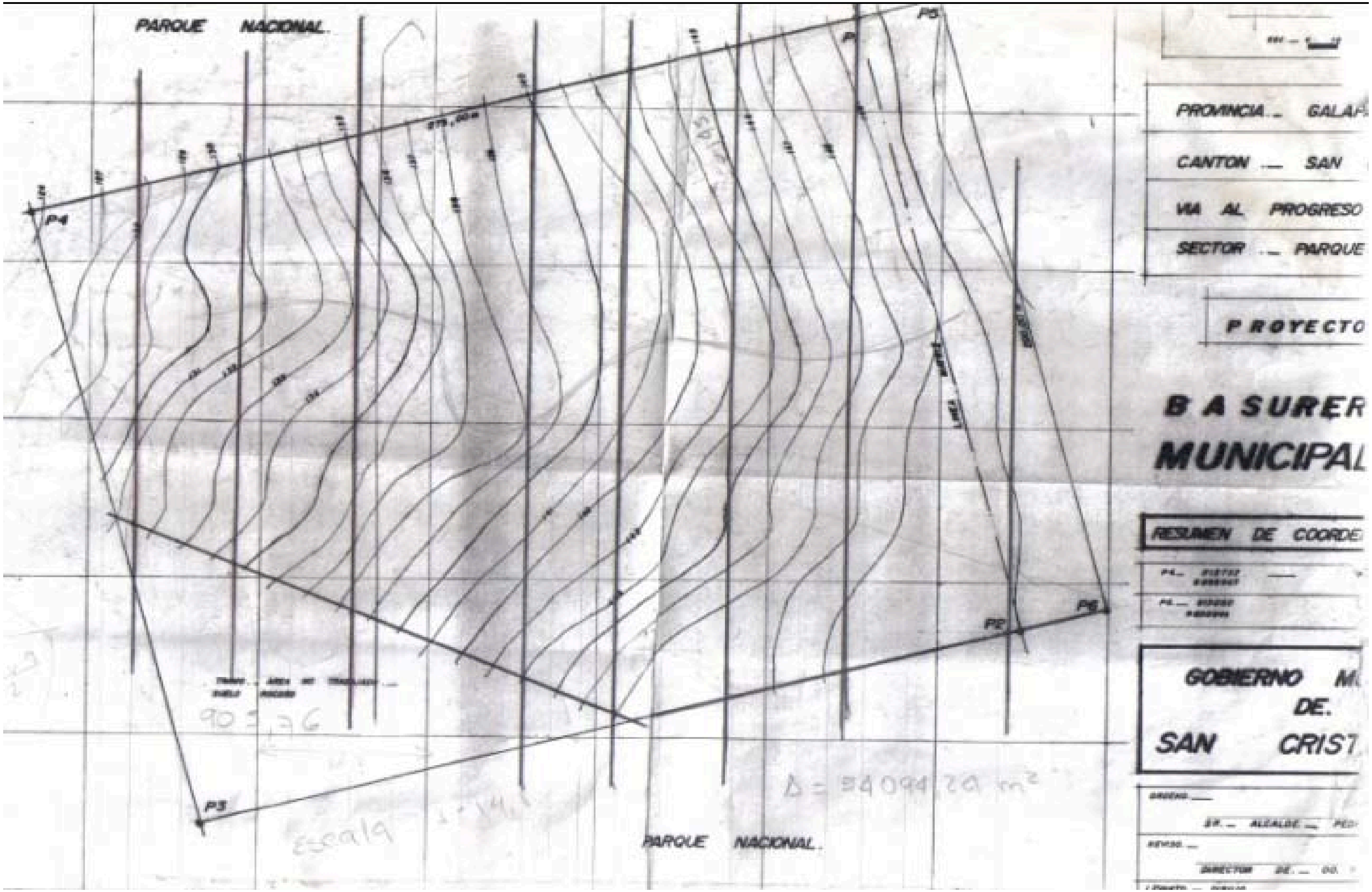
Encuestado:……………………………………………………………………………

ANEXO 3

RUTA DEL CAMION RECOLECTOR

ANEXO 4

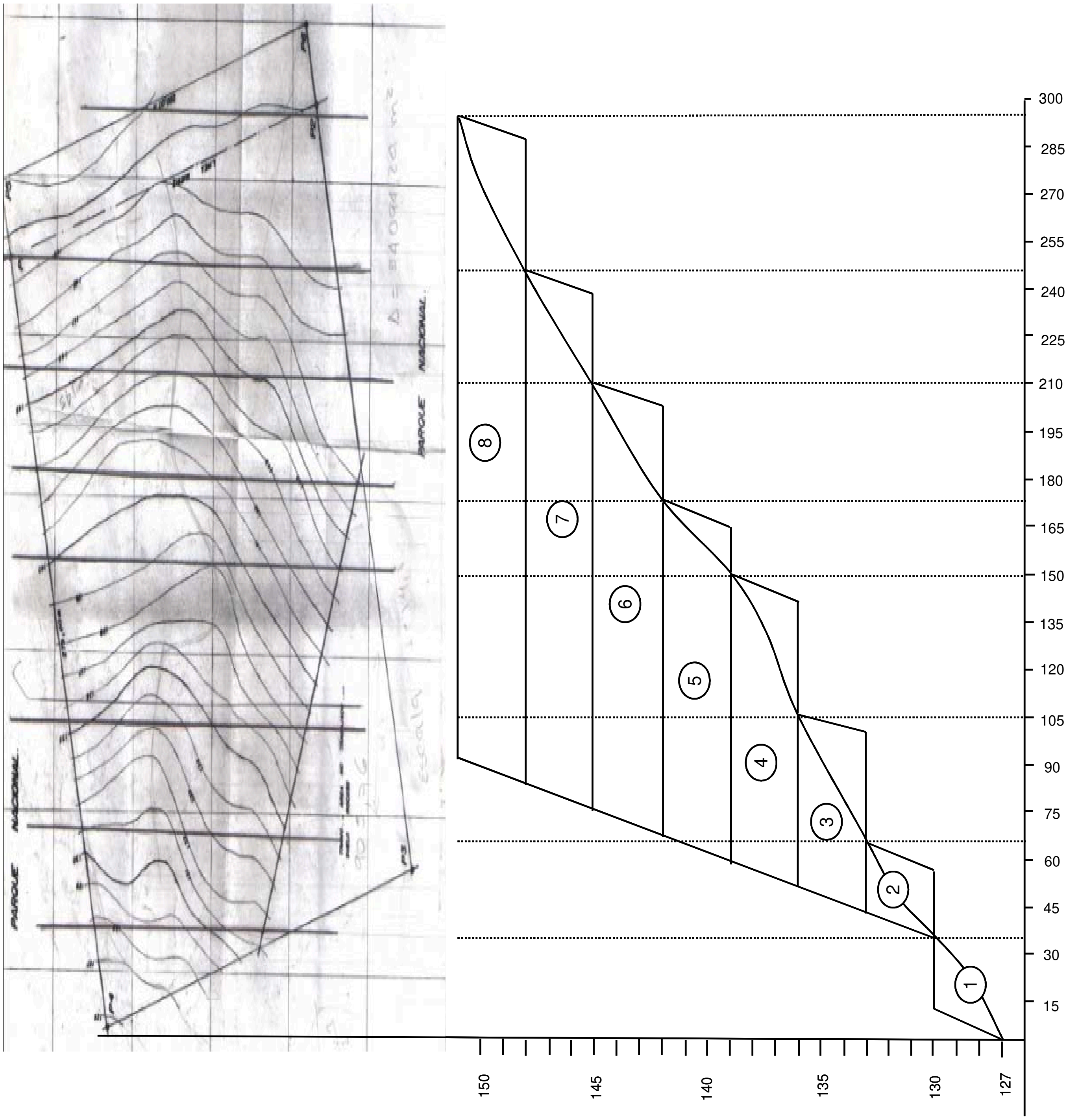
PLANO DEL LUGAR PROPUESTO PARA EL RELLENO SANITARIO “LAS NEGRITAS”



PARQUE NACIONAL
P5
P4
P6
P2
P3
90,76
Escala
PARQUE NACIONAL
PROVINCIA _ GALAP
CANTON _ SAN
VIA AL PROGRESO
SECTOR _ PARQUE
PROYECTO
BASURER
MUNICIPAL
RESUMEN DE COORDE
GOBIERNO M
DE.
SAN CRIST
SR. _ ALCALDE _
DIRECTOR DE _

ANEXO 5

PERFIL DEL RELLENO SANITARIO



PARQUE NACIONAL
PARQUE NACIONAL
300
285
270
255
240
225
210
195
180
165
150
135
120
105
90
75
60
45
30
15
150
145
140
135
130
127
1
2
3
4
5
6
7
8

ANEXO 6

CANTIDADES TOTALES DIARIAS DE RESIDUOS POR ZONA

TABLA A.1

ZONAS		MATERIA ORGANICA	PAPELES	VIDRIOS	PLASTICOS
S1	DIA 1	0,80	0,11	0,00	0,23
	DIA 2	0,91	0,11	0,00	0,23
	DIA3	1,14	0,11	0,68	1,02
	DIA 4	1,93	0,11	0,00	0,00
	DIA 5	0,34	0,11	0,23	0,23
	DIA 6	1,36	0,11	0,00	0,11

TABLA A.2

ZONAS		MATERIA ORGANICA	PAPELES	VIDRIOS	PLASTICOS
S2	DIA 1	0,00	0,11	0,00	1,02
	DIA 2	0,23	0,23	0,00	0,09
	DIA3	0,00	0,06	0,00	0,34
	DIA 4	1,82	0,11	0,00	0,34
	DIA 5	2,73	0,23	0,00	0,45
	DIA 6	0,91	0,11	0,00	0,34

TABLA A.3

ZONAS		MATERIA ORGANICA	PAPELES	VIDRIOS	PLASTICOS
S3	DIA 1	0,00	0,45	0,00	0,11
	DIA 2	0,00	2,50	0,00	0,55
	DIA3	0,00	2,78	0,00	0,68
	DIA 4	2,27	3,52	0,00	0,91
	DIA 5	2,73	4,55	0,00	0,68
	DIA 6	4,09	4,09	0,00	1,25

TABLA A.4

ZONAS		MATERIA ORGANICA	PAPELES	VIDRIOS	PLASTICOS
S4	DIA 1	2,27	0,23	0,23	0,11
	DIA 2	0,68	0,39	0,00	0,45
	DIA3	0,11	0,11	0,00	0,11
	DIA 4	2,27	0,00	0,00	0,68
	DIA 5	0,68	0,25	0,34	0,45
	DIA 6	0,00	0,23	0,68	0,34

TABLA A.5

ZONAS		MATERIA ORGANICA	PAPELES	VIDRIOS	PLASTICOS
S5	DIA 1	2,39	0,00	0,00	0,23
	DIA 2	0,06	0,11	0,00	0,03
	DIA3	0,68	0,68	0,00	0,06
	DIA 4	2,27	0,00	0,45	0,06
	DIA 5	1,45	0,23	0,11	0,23
	DIA 6	0,45	0,23	0,00	0,11

TABLA A.6

ZONAS		MATERIA ORGANICA	PAPELES	VIDRIOS	PLASTICOS
S6	DIA 1	5,80	0,00	0,00	0,00
	DIA 2	2,73	0,06	0,00	0,11
	DIA3	0,68	0,00	0,00	0,11
	DIA 4	2,05	0,03	0,00	1,48
	DIA 5	1,59	0,23	0,00	0,00
	DIA 6	1,25	0,91	0,11	0,00

TABLA A.7

ZONAS		MATERIA ORGANICA	PAPELES	VIDRIOS	PLASTICOS
S7	DIA 1	2,27	1,14	0,00	0,23
	DIA 2	1,02	0,34	0,00	0,11
	DIA3	1,36	0,45	0,00	0,23
	DIA 4	1,14	0,23	0,00	0,11
	DIA 5	1,82	0,45	0,00	0,23
	DIA 6	1,36	0,57	0,00	0,34

TABLA A.8

ZONAS		MATERIA ORGANICA	PAPELES	VIDRIOS	PLASTICOS
S8	DIA 1	0,91	0,11	0,00	0,23
	DIA 2	2,95	2,05	0,00	0,57
	DIA3	2,61	0,11	0,00	0,23
	DIA 4	2,27	0,11	0,00	0,45
	DIA 5	1,93	0,45	0,00	0,34
	DIA 6	2,73	0,23	0,00	0,23

TABLA A.9

ZONAS		MATERIA ORGANICA	PAPELES	VIDRIOS	PLASTICOS
S9	DIA 1	3,18	0,23	0,00	0,11
	DIA 2	1,59	0,11	0,00	0,00
	DIA3	0,68	0,09	0,00	0,11
	DIA 4	1,82	0,09	0,00	0,91
	DIA 5	1,36	0,23	0,00	0,11
	DIA 6	1,14	0,91	0,00	0,00

TABLA A.10

ZONAS		MATERIA ORGANICA	PAPELES	VIDRIOS	PLASTICOS
S10	DIA 1	2,95	0,23	0,00	0,23
	DIA 2	3,64	0,45	0,00	0,11
	DIA3	2,05	0,11	0,00	0,23
	DIA 4	2,50	0,57	0,00	0,23
	DIA 5	2,73	0,34	0,00	0,11
	DIA 6	2,05	0,45	0,00	0,11

TABLA A.11

ZONAS		MATERIA ORGANICA	PAPELES	VIDRIOS	PLASTICOS
S11	DIA 1	0,23	0,45	0,00	0,23
	DIA 2	0,57	0,23	0,00	0,23
	DIA3	0,00	0,00	0,00	0,23
	DIA 4	0,11	0,09	0,00	0,11
	DIA 5	0,00	0,00	0,00	0,23
	DIA 6	0,23	0,45	0,00	0,11

ANEXO 7

CALCULO DE PRODUCCION DE GAS VERTEDERO

1	Vida de vertedero	25	años
	la composicion de los residuos para RSU domestico para organicos es de	98	%
2	la composicion de los residuos para RSU domesticos para inertes es de	2	%
	La fraccion organica esta compuesta de plastico en un	15	%
3	La fraccion organica esta compuesta de material rapidamente biodegradable en un	82	%
4	Peso seco de material rapidamente biodegradable tabla xx	37	%
5	Residuos organicos rapidamente biodegradables disponibles para la degradacion	75	%
6	La cantidad total de gas de vertedero producido por la fraccion biodegradable de los materiales rapidamente biodegradables colocados cada año es de	0.92	m3/kg
7	El periodo de tiempo para la descomposicion de material organico rapidamente descomponible es de	5	años

** Suponer que la tasa de descompscicion del material rapidamente esta basada en un modelo triangular de produccion de gas, donde la tasa mas alta de produccion se produce l primer y quinto ño, respectivamente, despues del comienzo de produccion de gas.*

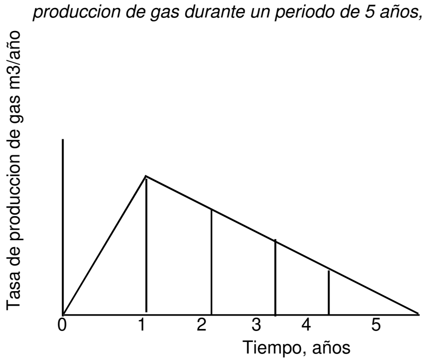
Solución.-

Determinar la cantidad de gas que se ha producido al final de cada año por kilogramo de material residual organico rapidamente y lentamente biodegradable cuando estos materiales se descomponen durante un periodo de 5 años, como se muestra en la figura sig

1,-

a ***Residuos rapidamente biodegradables (RRB)***

i *Si se utiliza un modelo triangular de produccion de gas, se puede ilustrar graficamente la produccion de gas durante un periodo de 5 años, como se muestra en la fig siguiente*



ii ***Como el area del triangulo es igual a la mitad de la base multiplicada por la altura, la cantidad total de gas producido es igual a***

Total de gas producido, m3=

1/2 (base,año)*(altura, tasa mas alta de produccion de gas, m3/año)

iii **Si la cantidad total de gas por kg de RRB es igual a 0,92 m3 entonces la tasa maxima generada en el 1er año en que se produce gas es iagual a**

Tasa maxima de produccion de gas, m3/año= $0.92\,m^3 * \frac{2}{5}\,año$

Tasa maxima de produccion de gas, m3/año= 0.37 m3/año

iv La cantidad de gas producido durante el primer año en que se produce gas es igual a

Gas producido durante el primer año, m3= $\frac{1}{2}*1año*0.37\frac{m^3}{año}$

Gas producido durante el primer año, m3= 0.18 m3

v La tasa de produccion de gas durante el segundo año en que se produce gas es

tasa de producción de gas, m3/año= 3/4*0,37m3/año

tasa de producción de gas, m3/año= 0.28 m3/año

vi La cantidad de gas producido durante el segundo año en que se produce gas es

Gas producido durante el segundo año es= 0,28m3/año*1año+((0,37m3/año-0,28m3/año)*1año/2)

Gas producido durante el segundo año es= 0.32 m3

vii **La tasa de produccion de gas durante el tercer año en que se produce gas es**

tasa de producción de gas, m3/año= 2/4*0,37m3/año

tasa de producción de gas, m3/año= 0.18 m3/año

La cantidad de gas producido durante el segundo año en que se produce gas es

Gas producido durante el segundo año es= 0,18m3/año*1año+((0,28m3/año-0,18m3/año)*1año/2)

Gas producido durante el segundo año es= 0.23 m3

viii **La tasa de produccion de gas durante el cuarto año en que se produce gas es**

tasa de producción de gas, m3/año= 1/4*0,37m3/año

tasa de producción de gas, m3/año= 0.09 m3/año

La cantidad de gas producido durante el segundo año en que se produce gas es

Gas producido durante el segundo año es= 0,09m3/año*1año+((0,18m3/año-0,09m3/año)*1año/2)

Gas producido durante el segundo año es= 0.13 m3

ix **La tasa de produccion de gas durante el quinto año en que se produce gas es**

tasa de producción de gas, m3/año= 0

tasa de producción de gas, m3/año= 0 m3/año

La cantidad de gas producido durante el segundo año en que se produce gas es

Gas producido durante el segundo año es= 0m3/año*1año+((0,13m3/año-0m3/año)*1año/2)

Gas producido durante el segundo año es= 0.06 m3

Final del año	**Tasa de produccion de gas, m3/año**	**Produccion de gas,m3**
1	0	
		0.18
2	0.37	
		0.32
3	0.28	
		0.23
4	0.19	
		0.13
5	0.09	

		0.06
6	0	
total		0.92

a) Determinar la distribucion de gas producido de material organico rapidamente biodegradable por kg de residuos totales depositados en el vertedero

i Determinar la fraccion de los residuos totales RRB basandose en el peso seco

rapidamente biodegradable/kg res total 0,37*0,75

rapidamente biodegradable/kg res total 0.278 Kg

Determinar la cantidad de gas producido potr kg RRB

Gas RB= 0,278kg*0,92m3/kg

Gas RB= 0.26 m3

b) Determinar el gas generdo por RRB basabdose en los residuos totales

Final del año	Tasa de generacion,	Volumen de gas, m3
0	0.000	
		0.046
1	0.103	
		0.082
2	0.078	
		0.059
3	0.053	
		0.130
4	0.025	
		0.015
5	0.000	
		0.332

Gas para el año 2

Año	Volumen	Cantidad de gas, m3
1	2430.074622	0.92
2	2555.004758	0.97
3	2686.357553	1.02
4	2824.463195	1.07
5	2969.668847	1.12
6	3122.339523	1.18
7	3282.858998	1.24
8	3451.630779	1.31
9	3629.079117	1.37
10	3815.650075	1.44
11	4011.812645	1.52
12	4218.059933	1.60
13	4434.910394	1.68
14	4662.909138	1.77
15	4902.629296	1.86
16	5154.673468	1.95
17	5419.675231	2.05
18	5698.300735	2.16
19	5991.250376	2.27
20	6299.260558	2.38
21	6623.105543	2.51
22	6963.599399	2.64
23	7321.598044	2.77
24	7698.0014	2.91
25	8093.755651	3.06

iii **Si la cantidad total de gas por kg de RRB es igual a 0,97 m3 entonces la tasa maxima generada en el 1er año en que se produce gas es iagual a**

Tasa maxima de produccion de gas, m3/año= 0.39 m3/año

iv **La cantidad de gas producido durante el primer año en que se produce gas es igual a**

Gas producido durante el primer año, m3= 0.20 m3

v **La tasa de produccion de gas durante el segundo año en que se produce gas es**

tasa de producción de gas, m3/año= 0.29 m3/año

vi La cantidad de gas producido durante el segundo año en que se produce gas es

Gas producido durante el segundo año es= 0,2m3/año*1año+((0,39m3/año-0,2m3/año)*1año/2)

Gas producido durante el segundo año es= 0.30 m3

vii **La tasa de produccion de gas durante el tercer año en que se produce gas es**

tasa de producción de gas, m3/año= 0.20 m3/año

La cantidad de gas producido durante el segundo año en que se produce gas es

Gas producido durante el segundo año es= 0,2m3/año*1año+((0,29m3/año-0,2m3/año)*1año/2)

Gas producido durante el segundo año es= 0.25 m3

viii **La tasa de produccion de gas durante el cuarto año en que se produce gas es**

tasa de producción de gas, m3/año= 1/4*0,39m3/año

tasa de producción de gas, m3/año= 0.10 m3/año

La cantidad de gas producido durante el segundo año en que se produce gas es

Gas producido durante el segundo año es= 0,1m3/año*1año+((0,2m3/año-0,1m3/año)*1año/2)

Gas producido durante el segundo año es= 0.15 m3

ix **La tasa de produccion de gas durante el quinto año en que se produce gas es**

tasa de producción de gas, m3/año= 0

tasa de producción de gas, m3/año= 0 m3/año

La cantidad de gas producido durante el segundo año en que se produce gas es

Gas producido durante el segundo año es= 0m3/año*1año+((0,13m3/año-0m3/año)*1año/2)

Gas producido durante el segundo año es= 0.08 m3

Final del año	**Tasa de produccion de gas, m3/año**	**Produccion de gas,m3**
1	0	
		0.20
2	0.39	
		0.30
3	0.29	
		0.25
4	0.20	
		0.15
5	0.10	
		0.08
6	0	
total		0.96

a) Determinar la distribucion de gas producido de material organico rapidamente biodegradable por kg de residuos totales depositados en el vertedero

i Determinar la fraccion de los residuos totales RRB basandose en el peso seco

rapidamente biodegradable/kg res total 0.29 Kg

Determinar la cantidad de gas producido potr kg RRB

Gas RB= 0.28 m3

b) Determinar el gas generdo por RRB basabdose en los residuos totales

Final del año	Tasa de generacion,	Volumen de gas, m3
0	0.000	
		0.055
1	0.113	
		0.083
2	0.086	
		0.069
3	0.057	
		0.150
4	0.029	
		0.021
5	0.000	
		0.378

iii **Si la cantidad total de gas por kg de RRB es igual a 1,02 m3 entonces la tasa maxima generada en el 1er año en que se produce gas es iagual a**

Gas 1.02

Tasa maxima de produccion de gas, m3/año= 0.41 m3/año

iv **La cantidad de gas producido durante el primer año en que se produce gas es igual a**

Gas producido durante el primer año, m3= 0.20 m3

v **La tasa de produccion de gas durante el segundo año en que se produce gas es**

tasa de producción de gas, m3/año= 0.31 m3/año

vi La cantidad de gas producido durante el segundo año en que se produce gas es

Gas producido durante el segundo año es= 0,31m3/año*1año+((0,41m3/año-0,31m3/año)*1año/2)

Gas producido durante el segundo año es= 0.36 m3

vii **La tasa de produccion de gas durante el tercer año en que se produce gas es**

tasa de producción de gas, m3/año= 0.20 m3/año

La cantidad de gas producido durante el segundo año en que se produce gas es

Gas producido durante el segundo año es= 0,2m3/año*1año+((0,31m3/año-0,2m3/año)*1año/2)

Gas producido durante el segundo año es= 0.26 m3

viii **La tasa de produccion de gas durante el cuarto año en que se produce gas es**

tasa de producción de gas, m3/año= 1/4*0,41m3/año

tasa de producción de gas, m3/año= 0.10 m3/año

La cantidad de gas producido durante el segundo año en que se produce gas es

Gas producido durante el segundo año es= 0,1m3/año*1año+((0,2m3/año-0,1m3/año)*1año/2)

Gas producido durante el segundo año es= 0.15 m3

ix **La tasa de produccion de gas durante el quinto año en que se produce gas es**

tasa de producción de gas, m3/año= 0

tasa de producción de gas, m3/año= 0 m3/año

La cantidad de gas producido durante el segundo año en que se produce gas es

Gas producido durante el segundo año es= 0m3/año*1año+((0,1m3/año-0m3/año)*1año/2)

Gas producido durante el segundo año es= 0.05 m3

Final del año	**Tasa de produccion de gas, m3/año**	**Produccion de gas,m3**
1	0	
		0.20
2	0.41	
		0.36
3	0.31	
		0.26
4	0.20	
		0.15
5	0.10	
		0.05
6	0	
total		1.02

a) Determinar la distribucion de gas producido de material organico rapidamente biodegradable por kg de residuos totales depositados en el vertedero

i Determinar la fraccion de los residuos totales RRB basandose en el peso seco

rapidamente biodegradable/kg res total 0.31 Kg

Determinar la cantidad de gas producido potr kg RRB

Gas RB= 0.29 m3

b) Determinar el gas generdo por RRB basabdose en los residuos totales

Final del año	Tasa de generacion,	Volumen de gas, m3
0	0.000	
		0.060
1	0.125	
		0.105
2	0.094	
		0.075
3	0.062	
		0.150
4	0.031	
		0.015
5	0.000	
		0.405

iii Si la cantidad total de gas por kg de RRB es igual a 1,02 m3 entonces la tasa maxima generada en el 1er año en que se produce gas es iagual a

Gas 1.07

Tasa maxima de produccion de gas, m3/año= 0.43 m3/año

iv **La cantidad de gas producido durante el primer año en que se produce gas es igual a**

Gas producido durante el primer año, m3= 0.21 m3

v **La tasa de produccion de gas durante el segundo año en que se produce gas es**

tasa de producción de gas, m3/año= 0.32 m3/año

vi La cantidad de gas producido durante el segundo año en que se produce gas es

Gas producido durante el segundo año es= 0.37 m3

vii **La tasa de produccion de gas durante el tercer año en que se produce gas es**

tasa de producción de gas, m3/año= 0.21 m3/año

La cantidad de gas producido durante el segundo año en que se produce gas es

Gas producido durante el segundo año es= 0.27 m3

viii **La tasa de produccion de gas durante el cuarto año en que se produce gas es**

tasa de producción de gas, m3/año= 0.11 m3/año

La cantidad de gas producido durante el segundo año en que se produce gas es

Gas producido durante el segundo año es= 0.16 m3

ix **La tasa de produccion de gas durante el quinto año en que se produce gas es**

tasa de producción de gas, m3/año= 0

tasa de producción de gas, m3/año= 0 m3/año

La cantidad de gas producido durante el segundo año en que se produce gas es

Gas producido durante el segundo año es= 0.054 m3

Final del año	**Tasa de produccion de gas, m3/año**	**Produccion de gas,m3**
1	0	
		0.21
2	0.43	
		0.37
3	0.32	
		0.27
4	0.21	
		0.16
5	0.11	
		0.05
6	0	
total		1.07

a) Determinar la distribucion de gas producido de material organico rapidamente biodegradable por kg de residuos totales depositados en el vertedero

i Determinar la fraccion de los residuos totales RRB basandose en el peso seco

rapidamente biodegradable/kg res total 0.32 Kg

Determinar la cantidad de gas producido potr kg RRB

Gas RB= 0.31 m3

b) Determinar el gas generdo por RRB basabdose en los residuos totales

Final del año	Tasa de generacion,	Volumen de gas, m3
0	0.000	
		0.066
1	0.137	
		0.116
2	0.103	
		0.083
3	0.069	
		0.161
4	0.034	
		0.017
5	0.000	
		0.443

iii **Si la cantidad total de gas por kg de RRB es igual a 1,02 m3 entonces la tasa maxima generada en el 1er año en que se produce gas es iagual a**

Gas 1.12

Tasa maxima de produccion de gas, m3/año= 0.45 m3/año

iv **La cantidad de gas producido durante el primer año en que se produce gas es igual a**

Gas producido durante el primer año, m3= 0.22 m3

v **La tasa de produccion de gas durante el segundo año en que se produce gas es**

tasa de producción de gas, m3/año= 0.34 m3/año

vi La cantidad de gas producido durante el segundo año en que se produce gas es

Gas producido durante el segundo año es= 0.39 m3

vii **La tasa de produccion de gas durante el tercer año en que se produce gas es**

tasa de producción de gas, m3/año= 0.22 m3/año

La cantidad de gas producido durante el segundo año en que se produce gas es

Gas producido durante el segundo año es= 0.28 m3

viii **La tasa de produccion de gas durante el cuarto año en que se produce gas es**

tasa de producción de gas, m3/año= 0.11 m3/año

La cantidad de gas producido durante el segundo año en que se produce gas es

Gas producido durante el segundo año es= 0.17 m3

ix **La tasa de produccion de gas durante el quinto año en que se produce gas es**

tasa de producción de gas, m3/año= 0

tasa de producción de gas, m3/año= 0 m3/año

La cantidad de gas producido durante el segundo año en que se produce gas es

Gas producido durante el segundo año es= 0.056 m3

Final del año	**Tasa de produccion de gas, m3/año**	**Produccion de gas,m3**
1	0	
		0.22
2	0.45	
		0.39
3	0.34	
		0.28
4	0.22	
		0.17
5	0.11	
		0.06
6	0	
total		[illegible]

a) Determinar la distribucion de gas producido de material organico rapidamente biodegradable por kg de residuos totales depositados en el vertedero

i Determinar la fraccion de los residuos totales RRB basandose en el peso seco

rapidamente biodegradable/kg res total 0.34 Kg

Determinar la cantidad de gas producido potr kg RRB

Gas RB= 0.32 m3

b) Determinar el gas generdo por RRB basabdose en los residuos totales

Final del año	Tasa de generacion,	Volumen de gas, m3
0	0.000	
		0.073
1	0.151	
		0.127
2	0.113	
		0.091
3	0.075	
		0.168
4	0.038	
		0.018
5	0.000	
		0.477

iii **Si la cantidad total de gas por kg de RRB es igual a 1,02 m3 entonces la tasa maxima generada en el 1er año en que se produce gas es iagual a**

Gas 1.18

Tasa maxima de produccion de gas, m3/año= 0.47 m3/año

iv **La cantidad de gas producido durante el primer año en que se produce gas es igual a**

Gas producido durante el primer año, m3= 0.24 m3

v **La tasa de produccion de gas durante el segundo año en que se produce gas es**

tasa de producción de gas, m3/año= 0.35 m3/año

vi La cantidad de gas producido durante el segundo año en que se produce gas es

Gas producido durante el segundo año es= 0.41 m3

vii **La tasa de produccion de gas durante el tercer año en que se produce gas es**

tasa de producción de gas, m3/año= 0.24 m3/año

La cantidad de gas producido durante el segundo año en que se produce gas es

Gas producido durante el segundo año es= 0.30 m3

viii **La tasa de produccion de gas durante el cuarto año en que se produce gas es**

tasa de producción de gas, m3/año= 0.12 m3/año

La cantidad de gas producido durante el segundo año en que se produce gas es

Gas producido durante el segundo año es= 0.18 m3

ix **La tasa de produccion de gas durante el quinto año en que se produce gas es**

tasa de producción de gas, m3/año= 0

tasa de producción de gas, m3/año= 0 m3/año

La cantidad de gas producido durante el segundo año en que se produce gas es

Gas producido durante el segundo año es= 0.059 m3

Final del año	**Tasa de produccion de gas, m3/año**	**Produccion de gas,m3**
1	0	
		0.24
2	0.47	
		0.41
3	0.35	
		0.30
4	0.24	
		0.18
5	0.12	
		0.06
6	0	
total		1.18

a) Determinar la distribucion de gas producido de material organico rapidamente biodegradable por kg de residuos totales depositados en el vertedero

i Determinar la fraccion de los residuos totales RRB basandose en el peso seco

rapidamente biodegradable/kg res total 0.35 Kg

Determinar la cantidad de gas producido potr kg RRB

Gas RB= 0.34 m3

b) Determinar el gas generdo por RRB basabdose en los residuos totales

Final del año	Tasa de generacion,	Volumen de gas, m3
0	0.000	
		0.081
1	0.167	
		0.141
2	0.125	
		0.101
3	0.084	
		0.177
4	0.042	
		0.020
5	0.000	
		0.520

iii **Si la cantidad total de gas por kg de RRB es igual a 1,02 m3 entonces la tasa maxima generada en el 1er año en que se produce gas es iagual a**

Gas 1.24

Tasa maxima de produccion de gas, m3/año= 0.50 m3/año

iv **La cantidad de gas producido durante el primer año en que se produce gas es igual a**

Gas producido durante el primer año, m3= 0.25 m3

v **La tasa de produccion de gas durante el segundo año en que se produce gas es**

tasa de producción de gas, m3/año= 0.37 m3/año

vi La cantidad de gas producido durante el segundo año en que se produce gas es

Gas producido durante el segundo año es= 0.43 m3

vii **La tasa de produccion de gas durante el tercer año en que se produce gas es**

tasa de producción de gas, m3/año= 0.25 m3/año

La cantidad de gas producido durante el segundo año en que se produce gas es

Gas producido durante el segundo año es= 0.31 m3

viii **La tasa de produccion de gas durante el cuarto año en que se produce gas es**

tasa de producción de gas, m3/año= 0.12 m3/año

La cantidad de gas producido durante el segundo año en que se produce gas es

Gas producido durante el segundo año es= 0.19 m3

ix **La tasa de produccion de gas durante el quinto año en que se produce gas es**

tasa de producción de gas, m3/año= 0

tasa de producción de gas, m3/año= 0 m3/año

La cantidad de gas producido durante el segundo año en que se produce gas es

Gas producido durante el segundo año es= 0.062 m3

Final del año	**Tasa de produccion de gas, m3/año**	**Produccion de gas,m3**
1	0	
		0.25
2	0.50	
		0.43
3	0.37	
		0.31
4	0.25	
		0.19
5	0.12	
		0.06
6	0	
total		1.24

a) Determinar la distribucion de gas producido de material organico rapidamente biodegradable por kg de residuos totales depositados en el vertedero

i Determinar la fraccion de los residuos totales RRB basandose en el peso seco

rapidamente biodegradable/kg res total 0.37 Kg

Determinar la cantidad de gas producido potr kg RRB

Gas RB= 0.36 m3

b) Determinar el gas generdo por RRB basabdose en los residuos totales

Final del año	Tasa de generacion,	Volumen de gas, m3
0	0.000	
		0.089
1	0.185	
		0.156
2	0.138	
		0.111
3	0.092	
		0.186
4	0.046	
		0.022
5	0.000	
		0.565

iii **Si la cantidad total de gas por kg de RRB es igual a 1,02 m3 entonces la tasa maxima generada en el 1er año en que se produce gas es iagual a**

Gas 1.31

Tasa maxima de produccion de gas, m3/año= 0.52 m3/año

iv **La cantidad de gas producido durante el primer año en que se produce gas es igual a**

Gas producido durante el primer año, m3= 0.26 m3

v **La tasa de produccion de gas durante el segundo año en que se produce gas es**

tasa de producción de gas, m3/año= 0.39 m3/año

vi La cantidad de gas producido durante el segundo año en que se produce gas es

Gas producido durante el segundo año es= 0.46 m3

vii **La tasa de produccion de gas durante el tercer año en que se produce gas es**

tasa de producción de gas, m3/año= 0.26 m3/año

La cantidad de gas producido durante el segundo año en que se produce gas es

Gas producido durante el segundo año es= 0.33 m3

viii **La tasa de produccion de gas durante el cuarto año en que se produce gas es**

tasa de producción de gas, m3/año= 0.13 m3/año

La cantidad de gas producido durante el segundo año en que se produce gas es

Gas producido durante el segundo año es= 0.20 m3

ix **La tasa de produccion de gas durante el quinto año en que se produce gas es**

tasa de producción de gas, m3/año= 0

tasa de producción de gas, m3/año= 0 m3/año

La cantidad de gas producido durante el segundo año en que se produce gas es

Gas producido durante el segundo año es= 0.066 m3

Final del año	**Tasa de produccion de gas, m3/año**	**Produccion de gas,m3**
1	0	
		0.26
2	0.52	
		0.46
3	0.39	
		0.33
4	0.26	
		0.20
5	0.13	
		0.07
6	0	
total		[illegible]

a) Determinar la distribucion de gas producido de material organico rapidamente biodegradable por kg de residuos totales depositados en el vertedero

i Determinar la fraccion de los residuos totales RRB basandose en el peso seco

rapidamente biodegradable/kg res total 0.39 Kg

Determinar la cantidad de gas producido potr kg RRB

Gas RB= 0.38 m3

b) Determinar el gas generdo por RRB basabdose en los residuos totales

Final del año	Tasa de generacion,	Volumen de gas, m3
0	0.000	
		0.100
1	0.206	
		0.174
2	0.154	
		0.124
3	0.103	
		0.197
4	0.051	
		0.025
5	0.000	
		0.620

iii **Si la cantidad total de gas por kg de RRB es igual a 1,02 m3 entonces la tasa maxima generada en el 1er año en que se produce gas es iagual a**

Gas 1.37

Tasa maxima de produccion de gas, m3/año= 0.55 m3/año

iv **La cantidad de gas producido durante el primer año en que se produce gas es igual a**

Gas producido durante el primer año, m3= 0.27 m3

v **La tasa de produccion de gas durante el segundo año en que se produce gas es**

tasa de producción de gas, m3/año= 0.41 m3/año

vi La cantidad de gas producido durante el segundo año en que se produce gas es

Gas producido durante el segundo año es= 0.48 m3

vii **La tasa de produccion de gas durante el tercer año en que se produce gas es**

tasa de producción de gas, m3/año= 0.27 m3/año

La cantidad de gas producido durante el segundo año en que se produce gas es

Gas producido durante el segundo año es= 0.34 m3

viii **La tasa de produccion de gas durante el cuarto año en que se produce gas es**

tasa de producción de gas, m3/año= 0.14 m3/año

La cantidad de gas producido durante el segundo año en que se produce gas es

Gas producido durante el segundo año es= 0.21 m3

ix **La tasa de produccion de gas durante el quinto año en que se produce gas es**

tasa de producción de gas, m3/año= 0

tasa de producción de gas, m3/año= 0 m3/año

La cantidad de gas producido durante el segundo año en que se produce gas es

Gas producido durante el segundo año es= 0.069 m3

Final del año	**Tasa de produccion de gas, m3/año**	**Produccion de gas,m3**
1	0	
		0.27
2	0.55	
		0.48
3	0.41	
		0.34
4	0.27	
		0.21
5	0.14	
		0.07
6	0	
total		1.37

a) Determinar la distribucion de gas producido de material organico rapidamente biodegradable por kg de residuos totales depositados en el vertedero

i Determinar la fraccion de los residuos totales RRB basandose en el peso seco

rapidamente biodegradable/kg res total 0.41 Kg

Determinar la cantidad de gas producido potr kg RRB

Gas RB= 0.40 m3

b) Determinar el gas generdo por RRB basabdose en los residuos totales

Final del año	Tasa de generacion,	Volumen de gas, m3
0	0.000	
		0.109
1	0.225	
		0.191
2	0.169	
		0.136
3	0.113	
		0.206
4	0.056	
		0.027
5	0.000	
		0.668

iii **Si la cantidad total de gas por kg de RRB es igual a 1,02 m3 entonces la tasa maxima generada en el 1er año en que se produce gas es iagual a**

Gas 1.44

Tasa maxima de produccion de gas, m3/año= 0.58 m3/año

iv **La cantidad de gas producido durante el primer año en que se produce gas es igual a**

Gas producido durante el primer año, m3= 0.29 m3

v **La tasa de produccion de gas durante el segundo año en que se produce gas es**

tasa de producción de gas, m3/año= 0.43 m3/año

vi La cantidad de gas producido durante el segundo año en que se produce gas es

Gas producido durante el segundo año es= 0.50 m3

vii **La tasa de produccion de gas durante el tercer año en que se produce gas es**

tasa de producción de gas, m3/año= 0.29 m3/año

La cantidad de gas producido durante el segundo año en que se produce gas es

Gas producido durante el segundo año es= 0.36 m3

viii **La tasa de produccion de gas durante el cuarto año en que se produce gas es**

tasa de producción de gas, m3/año= 0.14 m3/año

La cantidad de gas producido durante el segundo año en que se produce gas es

Gas producido durante el segundo año es= 0.22 m3

ix **La tasa de produccion de gas durante el quinto año en que se produce gas es**

tasa de producción de gas, m3/año= 0

tasa de producción de gas, m3/año= 0 m3/año

La cantidad de gas producido durante el segundo año en que se produce gas es

Gas producido durante el segundo año es= 0.072 m3

Final del año	**Tasa de produccion de gas, m3/año**	**Produccion de gas,m3**
1	0	
		0.29
2	0.58	
		0.50
3	0.43	
		0.36
4	0.29	
		0.22
5	0.14	
		0.07
6	0	
total		1.44

a) Determinar la distribucion de gas producido de material organico rapidamente biodegradable por kg de residuos totales depositados en el vertedero

i Determinar la fraccion de los residuos totales RRB basandose en el peso seco

rapidamente biodegradable/kg res total 0.43 Kg

Determinar la cantidad de gas producido potr kg RRB

Gas RB= 0.42 m3

b) Determinar el gas generdo por RRB basabdose en los residuos totales

Final del año	Tasa de generacion,	Volumen de gas, m3
0	0.000	
		0.120
1	0.249	
		0.210
2	0.187	
		0.150
3	0.124	
		0.216
4	0.062	
		0.030
5	0.000	
		0.727

---

iii **Si la cantidad total de gas por kg de RRB es igual a 1,02 m3 entonces la tasa maxima generada en el 1er año en que se produce gas es iagual a**

Gas 1.52

Tasa maxima de produccion de gas, m3/año= 0.61 m3/año

iv **La cantidad de gas producido durante el primer año en que se produce gas es igual a**

Gas producido durante el primer año, m3= 0.30 m3

v **La tasa de produccion de gas durante el segundo año en que se produce gas es**

tasa de producción de gas, m3/año= 0.46 m3/año

vi La cantidad de gas producido durante el segundo año en que se produce gas es

Gas producido durante el segundo año es= 0.53 m3

vii **La tasa de produccion de gas durante el tercer año en que se produce gas es**

tasa de producción de gas, m3/año= 0.30 m3/año

La cantidad de gas producido durante el segundo año en que se produce gas es

Gas producido durante el segundo año es= 0.38 m3

viii **La tasa de produccion de gas durante el cuarto año en que se produce gas es**

tasa de producción de gas, m3/año= 0.15 m3/año

La cantidad de gas producido durante el segundo año en que se produce gas es

Gas producido durante el segundo año es= 0.23 m3

ix **La tasa de produccion de gas durante el quinto año en que se produce gas es**

tasa de producción de gas, m3/año= 0

tasa de producción de gas, m3/año= 0 m3/año

La cantidad de gas producido durante el segundo año en que se produce gas es

Gas producido durante el segundo año es= 0.076 m3

Final del año	**Tasa de produccion de gas, m3/año**	**Produccion de gas,m3**
1	0	
		0.30
2	0.61	
		0.53
3	0.46	
		0.38
4	0.30	
		0.23
5	0.15	
		0.08
6	0	
total		1.52

a) Determinar la distribucion de gas producido de material organico rapidamente biodegradable por kg de residuos totales depositados en el vertedero

i Determinar la fraccion de los residuos totales RRB basandose en el peso seco

rapidamente biodegradable/kg res total 0.46 Kg

Determinar la cantidad de gas producido potr kg RRB

Gas RB= 0.44 m3

b) Determinar el gas generdo por RRB basabdose en los residuos totales

Final del año	Tasa de generacion,	Volumen de gas, m3
0	0.000	
		0.134
1	0.277	
		0.235
2	0.208	
		0.168
3	0.139	
		0.228
4	0.069	
		0.034
5	0.000	
		0.798

iii **Si la cantidad total de gas por kg de RRB es igual a 1,02 m3 entonces la tasa maxima generada en el 1er año en que se produce gas es iagual a**

Gas 1.6

Tasa maxima de produccion de gas, m3/año= 0.64 m3/año

iv **La cantidad de gas producido durante el primer año en que se produce gas es igual a**

Gas producido durante el primer año, m3= 0.32 m3

v **La tasa de produccion de gas durante el segundo año en que se produce gas es**

tasa de producción de gas, m3/año= 0.48 m3/año

vi La cantidad de gas producido durante el segundo año en que se produce gas es

Gas producido durante el segundo año es= 0.56 m3

vii **La tasa de produccion de gas durante el tercer año en que se produce gas es**

tasa de producción de gas, m3/año= 0.32 m3/año

La cantidad de gas producido durante el segundo año en que se produce gas es

Gas producido durante el segundo año es= 0.40 m3

viii **La tasa de produccion de gas durante el cuarto año en que se produce gas es**

tasa de producción de gas, m3/año= 0.16 m3/año

La cantidad de gas producido durante el segundo año en que se produce gas es

Gas producido durante el segundo año es= 0.24 m3

ix **La tasa de produccion de gas durante el quinto año en que se produce gas es**

tasa de producción de gas, m3/año= 0

tasa de producción de gas, m3/año= 0 m3/año

La cantidad de gas producido durante el segundo año en que se produce gas es

Gas producido durante el segundo año es= 0.080 m3

Final del año	**Tasa de produccion de gas, m3/año**	**Produccion de gas,m3**
1	0	
		0.32
2	0.64	
		0.56
3	0.48	
		0.40
4	0.32	
		0.24
5	0.16	
		0.08
6	0	
total		1.60

a) Determinar la distribucion de gas producido de material organico rapidamente biodegradable por kg de residuos totales depositados en el vertedero

i Determinar la fraccion de los residuos totales RRB basandose en el peso seco

rapidamente biodegradable/kg res total 0.48 Kg

Determinar la cantidad de gas producido potr kg RRB

Gas RB= 0.46 m3

b) Determinar el gas generdo por RRB basabdose en los residuos totales

Final del año	Tasa de generacion,	Volumen de gas, m3
0	0.000	
		0.148
1	0.307	
		0.260
2	0.230	
		0.186
3	0.154	
		0.240
4	0.077	
		0.037
5	0.000	
		0.871

iii **Si la cantidad total de gas por kg de RRB es igual a 1,02 m3 entonces la tasa maxima generada en el 1er año en que se produce gas es iagual a**

Gas 1.68

Tasa maxima de produccion de gas, m3/año= 0.67 m3/año

iv **La cantidad de gas producido durante el primer año en que se produce gas es igual a**

Gas producido durante el primer año, m3= 0.34 m3

v **La tasa de produccion de gas durante el segundo año en que se produce gas es**

tasa de producción de gas, m3/año= 0.50 m3/año

vi La cantidad de gas producido durante el segundo año en que se produce gas es

Gas producido durante el segundo año es= 0.59 m3

vii **La tasa de produccion de gas durante el tercer año en que se produce gas es**

tasa de producción de gas, m3/año= 0.34 m3/año

La cantidad de gas producido durante el segundo año en que se produce gas es

Gas producido durante el segundo año es= 0.42 m3

viii **La tasa de produccion de gas durante el cuarto año en que se produce gas es**

tasa de producción de gas, m3/año= 0.17 m3/año

La cantidad de gas producido durante el segundo año en que se produce gas es

Gas producido durante el segundo año es= 0.25 m3

ix **La tasa de produccion de gas durante el quinto año en que se produce gas es**

tasa de producción de gas, m3/año= 0

tasa de producción de gas, m3/año= 0 m3/año

La cantidad de gas producido durante el segundo año en que se produce gas es

Gas producido durante el segundo año es= 0.084 m3

Final del año	**Tasa de produccion de gas, m3/año**	**Produccion de gas,m3**
1	0	
		0.34
2	0.67	
		0.59
3	0.50	
		0.42
4	0.34	
		0.25
5	0.17	
		0.08
6	0	
total		1.68

a) Determinar la distribucion de gas producido de material organico rapidamente biodegradable por kg de residuos totales depositados en el vertedero

i Determinar la fraccion de los residuos totales RRB basandose en el peso seco

rapidamente biodegradable/kg res total 0.50 Kg

Determinar la cantidad de gas producido potr kg RRB

Gas RB= 0.49 m3

b) Determinar el gas generdo por RRB basabdose en los residuos totales

Final del año	Tasa de generacion,	Volumen de gas, m3
0	0.000	
		0.164
1	0.339	
		0.286
2	0.254	
		0.205
3	0.169	
		0.252
4	0.085	
		0.041
5	0.000	
		0.948

iii **Si la cantidad total de gas por kg de RRB es igual a 1,02 m3 entonces la tasa maxima generada en el 1er año en que se produce gas es iagual a**

Gas 1.77

Tasa maxima de produccion de gas, m3/año= 0.71 m3/año

iv **La cantidad de gas producido durante el primer año en que se produce gas es igual a**

Gas producido durante el primer año, m3= 0.35 m3

v **La tasa de produccion de gas durante el segundo año en que se produce gas es**

tasa de producción de gas, m3/año= 0.53 m3/año

vi La cantidad de gas producido durante el segundo año en que se produce gas es

Gas producido durante el segundo año es= 0.62 m3

vii **La tasa de produccion de gas durante el tercer año en que se produce gas es**

tasa de producción de gas, m3/año= 0.35 m3/año

La cantidad de gas producido durante el segundo año en que se produce gas es

Gas producido durante el segundo año es= 0.44 m3

viii **La tasa de produccion de gas durante el cuarto año en que se produce gas es**

tasa de producción de gas, m3/año= 0.18 m3/año

La cantidad de gas producido durante el segundo año en que se produce gas es

Gas producido durante el segundo año es= 0.27 m3

ix **La tasa de produccion de gas durante el quinto año en que se produce gas es**

tasa de producción de gas, m3/año= 0

tasa de producción de gas, m3/año= 0 m3/año

La cantidad de gas producido durante el segundo año en que se produce gas es

Gas producido durante el segundo año es= 0.089 m3

Final del año	**Tasa de produccion de gas, m3/año**	**Produccion de gas,m3**
1	0	
		0.35
2	0.71	
		0.62
3	0.53	
		0.44
4	0.35	
		0.27
5	0.18	
		0.09
6	0	
total		1.77

a) Determinar la distribucion de gas producido de material organico rapidamente biodegradable por kg de residuos totales depositados en el vertedero

i Determinar la fraccion de los residuos totales RRB basandose en el peso seco

rapidamente biodegradable/kg res total 0.53 Kg

Determinar la cantidad de gas producido potr kg RRB

Gas RB= 0.51 m3

b) Determinar el gas generdo por RRB basabdose en los residuos totales

Final del año	Tasa de generacion,	Volumen de gas, m3
0	0.000	
		0.182
1	0.376	
		0.318
2	0.282	
		0.227
3	0.188	
		0.266
4	0.094	
		0.045
5	0.000	
		1.038

iii **Si la cantidad total de gas por kg de RRB es igual a 1,02 m3 entonces la tasa maxima generada en el 1er año en que se produce gas es iagual a**

Gas 1.86

Tasa maxima de produccion de gas, m3/año= 0.74 m3/año

iv **La cantidad de gas producido durante el primer año en que se produce gas es igual a**

Gas producido durante el primer año, m3= 0.37 m3

v **La tasa de produccion de gas durante el segundo año en que se produce gas es**

tasa de producción de gas, m3/año= 0.56 m3/año

vi La cantidad de gas producido durante el segundo año en que se produce gas es

Gas producido durante el segundo año es= 0.65 m3

vii **La tasa de produccion de gas durante el tercer año en que se produce gas es**

tasa de producción de gas, m3/año= 0.37 m3/año

La cantidad de gas producido durante el segundo año en que se produce gas es

Gas producido durante el segundo año es= 0.47 m3

viii **La tasa de produccion de gas durante el cuarto año en que se produce gas es**

tasa de producción de gas, m3/año= 0.19 m3/año

La cantidad de gas producido durante el segundo año en que se produce gas es

Gas producido durante el segundo año es= 0.28 m3

ix **La tasa de produccion de gas durante el quinto año en que se produce gas es**

tasa de producción de gas, m3/año= 0

tasa de producción de gas, m3/año= 0 m3/año

La cantidad de gas producido durante el segundo año en que se produce gas es

Gas producido durante el segundo año es= 0.093 m3

Final del año	**Tasa de produccion de gas, m3/año**	**Produccion de gas,m3**
1	0	
		0.37
2	0.74	
		0.65
3	0.56	
		0.47
4	0.37	
		0.28
5	0.19	
		0.09
6	0	
total		[illegible]

a) Determinar la distribucion de gas producido de material organico rapidamente biodegradable por kg de residuos totales depositados en el vertedero

i Determinar la fraccion de los residuos totales RRB basandose en el peso seco

rapidamente biodegradable/kg res total 0.56 Kg

Determinar la cantidad de gas producido potr kg RRB

Gas RB= 0.54 m3

b) Determinar el gas generdo por RRB basabdose en los residuos totales

Final del año	Tasa de generacion,	Volumen de gas, m3
0	0.000	
		0.201
1	0.415	
		0.351
2	0.311	
		0.251
3	0.208	
		0.279
4	0.104	
		0.050
5	0.000	
		1.132

iii **Si la cantidad total de gas por kg de RRB es igual a 1,02 m3 entonces la tasa maxima generada en el 1er año en que se produce gas es iagual a**

Gas 1.95

Tasa maxima de produccion de gas, m3/año= 0.78 m3/año

iv **La cantidad de gas producido durante el primer año en que se produce gas es igual a**

Gas producido durante el primer año, m3= 0.39 m3

v **La tasa de produccion de gas durante el segundo año en que se produce gas es**

tasa de producción de gas, m3/año= 0.59 m3/año

vi La cantidad de gas producido durante el segundo año en que se produce gas es

Gas producido durante el segundo año es= 0.68 m3

vii **La tasa de produccion de gas durante el tercer año en que se produce gas es**

tasa de producción de gas, m3/año= 0.39 m3/año

La cantidad de gas producido durante el segundo año en que se produce gas es

Gas producido durante el segundo año es= 0.49 m3

viii **La tasa de produccion de gas durante el cuarto año en que se produce gas es**

tasa de producción de gas, m3/año= 0.20 m3/año

La cantidad de gas producido durante el segundo año en que se produce gas es

Gas producido durante el segundo año es= 0.29 m3

ix **La tasa de produccion de gas durante el quinto año en que se produce gas es**

tasa de producción de gas, m3/año= 0

tasa de producción de gas, m3/año= 0 m3/año

La cantidad de gas producido durante el segundo año en que se produce gas es

Gas producido durante el segundo año es= 0.098 m3

Final del año	**Tasa de produccion de gas, m3/año**	**Produccion de gas,m3**
1	0	
		0.39
2	0.78	
		0.68
3	0.59	
		0.49
4	0.39	
		0.29
5	0.20	
		0.10
6	0	
total		1.95

a) Determinar la distribucion de gas producido de material organico rapidamente biodegradable por kg de residuos totales depositados en el vertedero

i Determinar la fraccion de los residuos totales RRB basandose en el peso seco

rapidamente biodegradable/kg res total 0.59 Kg

Determinar la cantidad de gas producido potr kg RRB

Gas RB= 0.57 m3/kg

b) Determinar el gas generdo por RRB basabdose en los residuos totales

Final del año	Tasa de generacion,	Volumen de gas, m3
0	0.000	
		0.221
1	0.456	
		0.386
2	0.342	
		0.276
3	0.228	
		0.293
4	0.114	
		0.055
5	0.000	
		1.230

iii **Si la cantidad total de gas por kg de RRB es igual a 1,02 m3 entonces la tasa maxima generada en el 1er año en que se produce gas es iagual a**

Gas 2.05

Tasa maxima de produccion de gas, m3/año= 0.82 m3/año

iv **La cantidad de gas producido durante el primer año en que se produce gas es igual a**

Gas producido durante el primer año, m3= 0.41 m3

v **La tasa de produccion de gas durante el segundo año en que se produce gas es**

tasa de producción de gas, m3/año= 0.62 m3/año

vi La cantidad de gas producido durante el segundo año en que se produce gas es

Gas producido durante el segundo año es= 0.72 m3

vii **La tasa de produccion de gas durante el tercer año en que se produce gas es**

tasa de producción de gas, m3/año= 0.41 m3/año

La cantidad de gas producido durante el segundo año en que se produce gas es

Gas producido durante el segundo año es= 0.51 m3

viii **La tasa de produccion de gas durante el cuarto año en que se produce gas es**

tasa de producción de gas, m3/año= 0.21 m3/año

La cantidad de gas producido durante el segundo año en que se produce gas es

Gas producido durante el segundo año es= 0.31 m3

ix **La tasa de produccion de gas durante el quinto año en que se produce gas es**

tasa de producción de gas, m3/año= 0

tasa de producción de gas, m3/año= 0 m3/año

La cantidad de gas producido durante el segundo año en que se produce gas es

Gas producido durante el segundo año es= 0.103 m3

Final del año	**Tasa de produccion de gas, m3/año**	**Produccion de gas,m3**
1	0	
		0.41
2	0.82	
		0.72
3	0.62	
		0.51
4	0.41	
		0.31
5	0.21	
		0.10
6	0	
total		2.05

a) Determinar la distribucion de gas producido de material organico rapidamente biodegradable por kg de residuos totales depositados en el vertedero

i Determinar la fraccion de los residuos totales RRB basandose en el peso seco

rapidamente biodegradable/kg res total 0.62 Kg

Determinar la cantidad de gas producido potr kg RRB

Gas RB= 0.59 m3

b) Determinar el gas generdo por RRB basabdose en los residuos totales

Final del año	Tasa de generacion,	Volumen de gas, m3
0	0.000	
		0.244
1	0.504	
		0.427
2	0.378	
		0.305
3	0.252	
		0.308
4	0.126	
		0.061
5	0.000	
		1.343

iii **Si la cantidad total de gas por kg de RRB es igual a 1,02 m3 entonces la tasa maxima generada en el 1er año en que se produce gas es iagual a**

Gas 2.16

Tasa maxima de produccion de gas, m3/año= 0.86 m3/año

iv **La cantidad de gas producido durante el primer año en que se produce gas es igual a**

Gas producido durante el primer año, m3= 0.43 m3

v **La tasa de produccion de gas durante el segundo año en que se produce gas es**

tasa de producción de gas, m3/año= 0.65 m3/año

vi La cantidad de gas producido durante el segundo año en que se produce gas es

Gas producido durante el segundo año es= 0.76 m3

vii **La tasa de produccion de gas durante el tercer año en que se produce gas es**

tasa de producción de gas, m3/año= 0.43 m3/año

La cantidad de gas producido durante el segundo año en que se produce gas es

Gas producido durante el segundo año es= 0.54 m3

viii **La tasa de produccion de gas durante el cuarto año en que se produce gas es**

tasa de producción de gas, m3/año= 0.22 m3/año

La cantidad de gas producido durante el segundo año en que se produce gas es

Gas producido durante el segundo año es= 0.32 m3

ix **La tasa de produccion de gas durante el quinto año en que se produce gas es**

tasa de producción de gas, m3/año= 0

tasa de producción de gas, m3/año= 0 m3/año

La cantidad de gas producido durante el segundo año en que se produce gas es

Gas producido durante el segundo año es= 0.108 m3

Final del año	**Tasa de produccion de gas, m3/año**	**Produccion de gas,m3**
1	0	
		0.43
2	0.86	
		0.76
3	0.65	
		0.54
4	0.43	
		0.32
5	0.22	
		0.11
6	0	
total		[illegible]

a) Determinar la distribucion de gas producido de material organico rapidamente biodegradable por kg de residuos totales depositados en el vertedero

i Determinar la fraccion de los residuos totales RRB basandose en el peso seco

rapidamente biodegradable/kg res total 0.65 Kg

Determinar la cantidad de gas producido potr kg RRB

Gas RB= 0.63 m3

b) Determinar el gas generdo por RRB basabdose en los residuos totales

Final del año	Tasa de generacion,	Volumen de gas, m3
0	0.000	
		0.271
1	0.560	
		0.474
2	0.420	
		0.338
3	0.280	
		0.324
4	0.140	
		0.068
5	0.000	
		1.474

iii **Si la cantidad total de gas por kg de RRB es igual a 1,02 m3 entonces la tasa maxima generada en el 1er año en que se produce gas es iagual a**

Gas 2.27

Tasa maxima de produccion de gas, m3/año= 0.91 m3/año

iv **La cantidad de gas producido durante el primer año en que se produce gas es igual a**

Gas producido durante el primer año, m3= 0.45 m3

v **La tasa de produccion de gas durante el segundo año en que se produce gas es**

tasa de producción de gas, m3/año= 0.68 m3/año

vi La cantidad de gas producido durante el segundo año en que se produce gas es

Gas producido durante el segundo año es= 0.79 m3

vii **La tasa de produccion de gas durante el tercer año en que se produce gas es**

tasa de producción de gas, m3/año= 0.45 m3/año

La cantidad de gas producido durante el segundo año en que se produce gas es

Gas producido durante el segundo año es= 0.57 m3

viii **La tasa de produccion de gas durante el cuarto año en que se produce gas es**

tasa de producción de gas, m3/año= 0.23 m3/año

La cantidad de gas producido durante el segundo año en que se produce gas es

Gas producido durante el segundo año es= 0.34 m3

ix **La tasa de produccion de gas durante el quinto año en que se produce gas es**

tasa de producción de gas, m3/año= 0

tasa de producción de gas, m3/año= 0 m3/año

La cantidad de gas producido durante el segundo año en que se produce gas es

Gas producido durante el segundo año es= 0.114 m3

Final del año	**Tasa de produccion de gas, m3/año**	**Produccion de gas,m3**
1	0	
		0.45
2	0.91	
		0.79
3	0.68	
		0.57
4	0.45	
		0.34
5	0.23	
		0.11
6	0	
total		[illegible]

a) Determinar la distribucion de gas producido de material organico rapidamente biodegradable por kg de residuos totales depositados en el vertedero

i Determinar la fraccion de los residuos totales RRB basandose en el peso seco

rapidamente biodegradable/kg res total 0.68 Kg

Determinar la cantidad de gas producido potr kg RRB

Gas RB= 0.66 m3

b) Determinar el gas generdo por RRB basabdose en los residuos totales

Final del año	Tasa de generacion,	Volumen de gas, m3
0	0.000	
		0.299
1	0.618	
		0.523
2	0.464	
		0.374
3	0.309	
		0.341
4	0.155	
		0.075
5	0.000	
		1.611

iii **Si la cantidad total de gas por kg de RRB es igual a 1,02 m3 entonces la tasa maxima generada en el 1er año en que se produce gas es iagual a**

Gas 2.38

Tasa maxima de produccion de gas, m3/año= 0.95 m3/año

iv **La cantidad de gas producido durante el primer año en que se produce gas es igual a**

Gas producido durante el primer año, m3= 0.48 m3

v **La tasa de produccion de gas durante el segundo año en que se produce gas es**

tasa de producción de gas, m3/año= 0.71 m3/año

vi La cantidad de gas producido durante el segundo año en que se produce gas es

Gas producido durante el segundo año es= 0.83 m3

vii **La tasa de produccion de gas durante el tercer año en que se produce gas es**

tasa de producción de gas, m3/año= 0.48 m3/año

La cantidad de gas producido durante el segundo año en que se produce gas es

Gas producido durante el segundo año es= 0.60 m3

viii **La tasa de produccion de gas durante el cuarto año en que se produce gas es**

tasa de producción de gas, m3/año= 0.24 m3/año

La cantidad de gas producido durante el segundo año en que se produce gas es

Gas producido durante el segundo año es= 0.36 m3

ix **La tasa de produccion de gas durante el quinto año en que se produce gas es**

tasa de producción de gas, m3/año= 0

tasa de producción de gas, m3/año= 0 m3/año

La cantidad de gas producido durante el segundo año en que se produce gas es

Gas producido durante el segundo año es= 0.119 m3

Final del año	**Tasa de produccion de gas, m3/año**	**Produccion de gas,m3**
1	0	
		0.48
2	0.95	
		0.83
3	0.71	
		0.60
4	0.48	
		0.36
5	0.24	
		0.12
6	0	
total		[illegible]

a) Determinar la distribucion de gas producido de material organico rapidamente biodegradable por kg de residuos totales depositados en el vertedero

i Determinar la fraccion de los residuos totales RRB basandose en el peso seco

rapidamente biodegradable/kg res total 0.71 Kg

Determinar la cantidad de gas producido potr kg RRB

Gas RB= 0.69 m3

b) Determinar el gas generdo por RRB basabdose en los residuos totales

Final del año	Tasa de generacion,	Volumen de gas, m3
0	0.000	
		0.329
1	0.680	
		0.575
2	0.510	
		0.411
3	0.340	
		0.357
4	0.170	
		0.082
5	0.000	
		1.753

iii **Si la cantidad total de gas por kg de RRB es igual a 1,02 m3 entonces la tasa maxima generada en el 1er año en que se produce gas es iagual a**

Gas 2.51

Tasa maxima de produccion de gas, m3/año= 1.00 m3/año

iv **La cantidad de gas producido durante el primer año en que se produce gas es igual a**

Gas producido durante el primer año, m3= 0.50 m3

v **La tasa de produccion de gas durante el segundo año en que se produce gas es**

tasa de producción de gas, m3/año= 0.75 m3/año

vi La cantidad de gas producido durante el segundo año en que se produce gas es

Gas producido durante el segundo año es= 0.88 m3

vii **La tasa de produccion de gas durante el tercer año en que se produce gas es**

tasa de producción de gas, m3/año= 0.50 m3/año

La cantidad de gas producido durante el segundo año en que se produce gas es

Gas producido durante el segundo año es= 0.63 m3

viii **La tasa de produccion de gas durante el cuarto año en que se produce gas es**

tasa de producción de gas, m3/año= 0.25 m3/año

La cantidad de gas producido durante el segundo año en que se produce gas es

Gas producido durante el segundo año es= 0.38 m3

ix **La tasa de produccion de gas durante el quinto año en que se produce gas es**

tasa de producción de gas, m3/año= 0

tasa de producción de gas, m3/año= 0 m3/año

La cantidad de gas producido durante el segundo año en que se produce gas es

Gas producido durante el segundo año es= 0.126 m3

Final del año	**Tasa de produccion de gas, m3/año**	**Produccion de gas,m3**
1	0	
		0.50
2	1.00	
		0.88
3	0.75	
		0.63
4	0.50	
		0.38
5	0.25	
		0.13
6	0	
total		2.51

a) Determinar la distribucion de gas producido de material organico rapidamente biodegradable por kg de residuos totales depositados en el vertedero

i Determinar la fraccion de los residuos totales RRB basandose en el peso seco

rapidamente biodegradable/kg res total 0.75 Kg

Determinar la cantidad de gas producido potr kg RRB

Gas RB= 0.73 m3

b) Determinar el gas generdo por RRB basabdose en los residuos totales

Final del año	Tasa de generacion,	Volumen de gas, m3
0	0.000	
		0.365
1	0.756	
		0.639
2	0.567	
		0.457
3	0.378	
		0.377
4	0.189	
		0.091
5	0.000	
		1.929

iii **Si la cantidad total de gas por kg de RRB es igual a 1,02 m3 entonces la tasa maxima generada en el 1er año en que se produce gas es iagual a**

Gas 2.64

Tasa maxima de produccion de gas, m3/año= 1.06 m3/año

iv **La cantidad de gas producido durante el primer año en que se produce gas es igual a**

Gas producido durante el primer año, m3= 0.53 m3

v **La tasa de produccion de gas durante el segundo año en que se produce gas es**

tasa de producción de gas, m3/año= 0.79 m3/año

vi La cantidad de gas producido durante el segundo año en que se produce gas es

Gas producido durante el segundo año es= 0.92 m3

vii **La tasa de produccion de gas durante el tercer año en que se produce gas es**

tasa de producción de gas, m3/año= 0.53 m3/año

La cantidad de gas producido durante el segundo año en que se produce gas es

Gas producido durante el segundo año es= 0.66 m3

viii **La tasa de produccion de gas durante el cuarto año en que se produce gas es**

tasa de producción de gas, m3/año= 0.26 m3/año

La cantidad de gas producido durante el segundo año en que se produce gas es

Gas producido durante el segundo año es= 0.40 m3

ix **La tasa de produccion de gas durante el quinto año en que se produce gas es**

tasa de producción de gas, m3/año= 0

tasa de producción de gas, m3/año= 0 m3/año

La cantidad de gas producido durante el segundo año en que se produce gas es

Gas producido durante el segundo año es= 0.132 m3

Final del año	**Tasa de produccion de gas, m3/año**	**Produccion de gas,m3**
1	0	
		0.53
2	1.06	
		0.92
3	0.79	
		0.66
4	0.53	
		0.40
5	0.26	
		0.13
6	0	
total		2.64

a) Determinar la distribucion de gas producido de material organico rapidamente biodegradable por kg de residuos totales depositados en el vertedero

i Determinar la fraccion de los residuos totales RRB basandose en el peso seco

rapidamente biodegradable/kg res total 0.79 Kg

Determinar la cantidad de gas producido potr kg RRB

Gas RB= 0.77 m3

b) Determinar el gas generdo por RRB basabdose en los residuos totales

Final del año	Tasa de generacion,	Volumen de gas, m3
0	0.000	
		0.404
1	0.836	
		0.707
2	0.627	
		0.505
3	0.418	
		0.396
4	0.209	
		0.101
5	0.000	
		2.114

iii **Si la cantidad total de gas por kg de RRB es igual a 1,02 m3 entonces la tasa maxima generada en el 1er año en que se produce gas es iagual a**

Gas 2.77

Tasa maxima de produccion de gas, m3/año= 1.11 m3/año

iv **La cantidad de gas producido durante el primer año en que se produce gas es igual a**

Gas producido durante el primer año, m3= 0.55 m3

v **La tasa de produccion de gas durante el segundo año en que se produce gas es**

tasa de producción de gas, m3/año= 0.83 m3/año

vi La cantidad de gas producido durante el segundo año en que se produce gas es

Gas producido durante el segundo año es= 0.97 m3

vii **La tasa de produccion de gas durante el tercer año en que se produce gas es**

tasa de producción de gas, m3/año= 0.55 m3/año

La cantidad de gas producido durante el segundo año en que se produce gas es

Gas producido durante el segundo año es= 0.69 m3

viii **La tasa de produccion de gas durante el cuarto año en que se produce gas es**

tasa de producción de gas, m3/año= 0.28 m3/año

La cantidad de gas producido durante el segundo año en que se produce gas es

Gas producido durante el segundo año es= 0.42 m3

ix **La tasa de produccion de gas durante el quinto año en que se produce gas es**

tasa de producción de gas, m3/año= 0

tasa de producción de gas, m3/año= 0 m3/año

La cantidad de gas producido durante el segundo año en que se produce gas es

Gas producido durante el segundo año es= 0.139 m3

Final del año	**Tasa de produccion de gas, m3/año**	**Produccion de gas,m3**
1	0	
		0.55
2	1.11	
		0.97
3	0.83	
		0.69
4	0.55	
		0.42
5	0.28	
		0.14
6	0	
total		2.77

a) Determinar la distribucion de gas producido de material organico rapidamente biodegradable por kg de residuos totales depositados en el vertedero

i Determinar la fraccion de los residuos totales RRB basandose en el peso seco

rapidamente biodegradable/kg res total 0.83 Kg

Determinar la cantidad de gas producido potr kg RRB

Gas RB= 0.80 m3

b) Determinar el gas generdo por RRB basabdose en los residuos totales

Final del año	Tasa de generacion,	Volumen de gas, m3
0	0.000	
		0.445
1	0.921	
		0.779
2	0.691	
		0.556
3	0.460	
		0.416
4	0.230	
		0.111
5	0.000	
		2.307

iii **Si la cantidad total de gas por kg de RRB es igual a 1,02 m3 entonces la tasa maxima generada en el 1er año en que se produce gas es iagual a**

Gas 2.91

Tasa maxima de produccion de gas, m3/año= 1.16 m3/año

iv **La cantidad de gas producido durante el primer año en que se produce gas es igual a**

Gas producido durante el primer año, m3= 0.58 m3

v **La tasa de produccion de gas durante el segundo año en que se produce gas es**

tasa de producción de gas, m3/año= 0.87 m3/año

vi La cantidad de gas producido durante el segundo año en que se produce gas es

Gas producido durante el segundo año es= 1.02 m3

vii **La tasa de produccion de gas durante el tercer año en que se produce gas es**

tasa de producción de gas, m3/año= 0.58 m3/año

La cantidad de gas producido durante el segundo año en que se produce gas es

Gas producido durante el segundo año es= 0.73 m3

viii **La tasa de produccion de gas durante el cuarto año en que se produce gas es**

tasa de producción de gas, m3/año= 0.29 m3/año

La cantidad de gas producido durante el segundo año en que se produce gas es

Gas producido durante el segundo año es= 0.44 m3

ix **La tasa de produccion de gas durante el quinto año en que se produce gas es**

tasa de producción de gas, m3/año= 0

tasa de producción de gas, m3/año= 0 m3/año

La cantidad de gas producido durante el segundo año en que se produce gas es

Gas producido durante el segundo año es= 0.146 m3

Final del año	**Tasa de produccion de gas, m3/año**	**Produccion de gas,m3**
1	0	
		0.58
2	1.16	
		1.02
3	0.87	
		0.73
4	0.58	
		0.44
5	0.29	
		0.15
6	0	
total		2.91

a) Determinar la distribucion de gas producido de material organico rapidamente biodegradable por kg de residuos totales depositados en el vertedero

i Determinar la fraccion de los residuos totales RRB basandose en el peso seco

rapidamente biodegradable/kg res total 0.87 Kg

Determinar la cantidad de gas producido potr kg RRB

Gas RB= 0.84 m3

b) Determinar el gas generdo por RRB basabdose en los residuos totales

Final del año	Tasa de generacion,	Volumen de gas, m3
0	0.000	
		0.491
1	1.016	
		0.860
2	0.762	
		0.614
3	0.508	
		0.437
4	0.254	
		0.123
5	0.000	
		2.524

iii **Si la cantidad total de gas por kg de RRB es igual a 1,02 m3 entonces la tasa maxima generada en el 1er año en que se produce gas es iagual a**

Gas 3.06

Tasa maxima de produccion de gas, m3/año= 1.22 m3/año

iv **La cantidad de gas producido durante el primer año en que se produce gas es igual a**

Gas producido durante el primer año, m3= 0.61 m3

v **La tasa de produccion de gas durante el segundo año en que se produce gas es**

tasa de producción de gas, m3/año= 0.92 m3/año

vi La cantidad de gas producido durante el segundo año en que se produce gas es

Gas producido durante el segundo año es= 1.07 m3

vii **La tasa de produccion de gas durante el tercer año en que se produce gas es**

tasa de producción de gas, m3/año= 0.61 m3/año

La cantidad de gas producido durante el segundo año en que se produce gas es

Gas producido durante el segundo año es= 0.77 m3

viii **La tasa de produccion de gas durante el cuarto año en que se produce gas es**

tasa de producción de gas, m3/año= 0.31 m3/año

La cantidad de gas producido durante el segundo año en que se produce gas es

Gas producido durante el segundo año es= 0.46 m3

ix **La tasa de produccion de gas durante el quinto año en que se produce gas es**

tasa de producción de gas, m3/año= 0

tasa de producción de gas, m3/año= 0 m3/año

La cantidad de gas producido durante el segundo año en que se produce gas es

Gas producido durante el segundo año es= 0.153 m3

Final del año	**Tasa de produccion de gas, m3/año**	**Produccion de gas,m3**
1	0	
		0.61
2	1.22	
		1.07
3	0.92	
		0.77
4	0.61	
		0.46
5	0.31	
		0.15
6	0	
total		[illegible]

a) Determinar la distribucion de gas producido de material organico rapidamente biodegradable por kg de residuos totales depositados en el vertedero

i Determinar la fraccion de los residuos totales RRB basandose en el peso seco

rapidamente biodegradable/kg res total 0.92 Kg

Determinar la cantidad de gas producido potr kg RRB

Gas RB= 0.89 m3

b) Determinar el gas generdo por RRB basabdose en los residuos totales

Final del año	Tasa de generacion,	Volumen de gas, m3
0	0.000	
		0.543
1	1.124	
		0.950
2	0.843	
		0.679
3	0.562	
		0.459
4	0.281	
		0.136
5	0.000	
		2.767

ANEXO 8

CALCULO DE PRODUCCION DE LIXIVIADOS DE VERTEDEROS

Cantidad de residuos

Residuos colocados por día	3700kg
Numero de días de explotación	317dias
Residuos colocados por año	$1,1x10^6$Kg

Características de los residuos

Peso específico compactado de los residuos	685 kg/m^3
Contenido de humedad inicial de los residuos	20%

La distribución de los materiales orgánicos rápidamente descomponibles

Características del vertedero

Generales

Altura del nivel	3 m
Relación residuos/cubrición	1:1
Numero de niveles	8

Material de cubrición

Peso especifico del suelo (incluyendo humedad)	1,700 kg

Se supone que el contenido de humedad del suelo es su capacidad de campo

Producción de gas

El agua consumida en la formación de gas de vertedero =	0.16 Kg./m^3 del gas producido
El agua presente como vapor de agua en el gas de vertedero=	0.016 Kg./m^3 del gas m producido
Peso específico de gas de vertedero =	1,339 Kg./m^3

Capacidad de campo en función del peso de sobrecarga se expresa como

$$FC = 0.6 - 0.55\left[\frac{W}{4.536 + W}\right]$$

FC = Fracción de agua en los residuos basándose en su peso seco
W = El peso sobrecarga calculado a una altura media de los residuos en el nivel en cuestión

Cantidad de lluvia

La lluvia que entra en la cubrición diaria durante los primeros 5 años de explotación

La lluvia que entra en la cubrición final después de los 5 años