

**UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA**  
**Facultad de Ciencias y Humanidades**

**MANUAL DE APOYO MUNICIPAL PARA LA ELABORACIÓN DE  
ESTUDIOS DE PREINVERSIÓN DE SISTEMAS DE DISPOSICIÓN DE  
DESECHOS SÓLIDOS A TRAVÉS DE VERTEDEROS CONTROLADOS  
SIMPLES EN POBLACIONES MENORES A 35,000 HABITANTES.**

---

**LUIS FERNANDO LAVARREDA PAZ**

---

**BIBLIOTECA  
DE LA  
UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA**

Guatemala  
2004



**MANUAL DE APOYO MUNICIPAL PARA LA ELABORACIÓN DE  
ESTUDIOS DE PREINVERSIÓN DE SISTEMAS DE DISPOSICION DE  
DESECHOS SÓLIDOS A TRAVÉS DE VERTEDEROS CONTROLADOS  
SIMPLES EN POBLACIONES MENORES A 35,000 HABITANTES.**

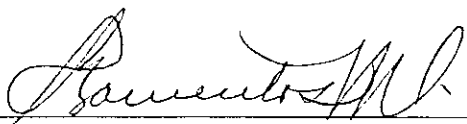
**UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA**  
**Facultad de Ciencias y Humanidades**

**MANUAL DE APOYO MUNICIPAL PARA LA ELABORACIÓN DE  
ESTUDIOS DE PREINVERSIÓN DE SISTEMAS DE DISPOSICIÓN DE  
DESECHOS SÓLIDOS A TRAVÉS DE VERTEDEROS CONTROLADOS  
SIMPLES EN POBLACIONES MENORES A 35,000 HABITANTES.**

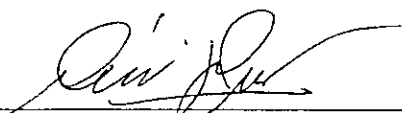
Trabajo de investigación presentado para optar al grado académico de  
Master en Estudios Ambientales

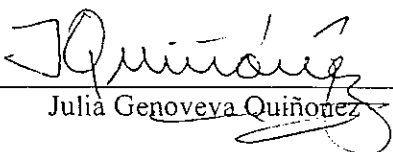
Guatemala  
2004

Vo.Bo.:

(f)   
Cesar Augusto Barrientos Martínez

Tribunal:

(f)   
Nancy Marlene Giron de Masaya

(f)   
Julia Genoveva Quiñonez

(f)   
Cesar Augusto Barrientos Martínez

Fecha de aprobación: 29 de Noviembre de 2004

# CONTENIDO

	Página No.
Resumen.....	vii
1 Introducción.....	1
2 Antecedentes.....	2
3 Marco teórico.....	5
4 Problema a resolver.....	12
5 Objetivos.....	13
6 Justificación.....	14
7 Metodología.....	15
8 Resultados.....	16
8.1. Selección del terreno, parámetros básicos a seguir.....	16
8.1.1. Distancia.....	16
8.1.2. Participación comunitaria.....	16
8.1.3. Disponibilidad de material de cobertura.....	16
8.1.4. Controles ambientales necesarios.....	16
8.1.5. Otras variables.....	17
8.1.6. Capacidad volumétrica del sitio.....	17
8.1.7. Topografía del terreno.....	17
8.2 Diseño del vertedero controlado.....	18
8.2.1 Proyección de crecimiento de la población.....	18
8.2.2 Proyección de los residuos sólidos.....	19
8.3 Planos requeridos en la conformación de un estudio de manejo de residuos sólidos por medio de vertederos controlados.....	23
8.4 Renglones del presupuesto (únicamente los renglones mínimos a ser considerados).....	25
9 Conclusiones.....	27
10 Recomendaciones.....	28
11 Bibliografía.....	29
12 Anexos.....	31

## RESUMEN

Se presenta a continuación un documento con los lineamientos generales como apoyo para la elaboración de estudios de preinversión en materia de desechos sólidos, bajo el esquema de vertederos controlados simples, y específicamente a utilizar en poblaciones menores a 35,000 habitantes. En el mismo se introduce al lector a la problemática que presentan las basuras en la mayoría de municipios de la República de Guatemala, además de enmarcar lineamientos básicos para una adecuada formulación de estudios de preinversión en materia de desechos sólidos por medio de la técnica de vertederos controlados simples. Entre los lineamientos se toca el tema de la adecuada selección del terreno para evacuar los residuos, los datos necesarios en cuanto a capacidad volumétrica y obras accesorias requeridas, los renglones presupuestarios más comunes surgidos en esta modalidad de tratamiento, y los planos mínimos necesarios para conformar de una manera adecuada un estudio con el cual se pueda requerir el financiamiento o los fondos gubernamentales necesarios para tratar los residuos sólidos municipales.

Es importante recomendar la necesidad de realizar un taller de validación, en el cual se expliquen los procedimientos detallados en el manual, a fin de aclarar cualquier punto a las autoridades de las oficinas de planificación municipal del país. En el proceso de gestión de fondos estas oficinas son las responsables de presentar los estudios necesarios según la legislación vigente a través del código municipal 2003, que justifiquen de una manera adecuada los trabajos a realizar. Por otra parte, es importante hacer notar que en el trabajo presentado, la utilización del vertedero controlado es base sobre la cual deberían complementarse otras fases del manejo, tanto el tratamiento previo (compostaje u otro) como el tratamiento ulterior de los lixiviados (lagunaje y recirculación).

## 1. INTRODUCCIÓN

El trabajo presentado a continuación, tiene como objetivo principal dar a conocer un manual de apoyo municipal para la elaboración de estudios de preinversión de sistemas de disposición de desechos sólidos a través de vertederos controlados simples en poblaciones menores a 35,000 habitantes. La problemática surge al revisar las estadísticas mostradas por el Sistema Nacional de Inversión Pública –SNIP- en el año 2,003, y observar que el número de estudios presentados para ejecución en materia de desechos sólidos, es de tres para toda la República de Guatemala (Datos SNIP 2,003), apenas un 0.04 por ciento, en relación a los otros tipos de estudios presentados. Esto muestra la necesidad de revertir tal situación por lo que se plantea como aporte la incorporación de un instrumento de fácil comprensión que permita a los encargados de las oficinas de planificación municipal formular sus propios estudios, sin la necesidad de contratar consultorías específicas para proyectos con poblaciones pequeñas.

Para la elaboración del trabajo se tomará como base el marco de diseño utilizado para formular proyectos de desechos sólidos con la técnica de vertederos controlados simples, que es un sistema de eliminación de residuos que, en síntesis, supone la acumulación o disposición de los mismos en lugares idóneos. Sin embargo, dado que el alcance de la guía está encaminado a la formulación de estudios de este tipo, se incluirán algunos aspectos necesarios en la conformación de un proyecto, que incluirán además de la información obtenida en la identificación, la conformación de presupuestos base en la realización de estudios por medio de vertederos controlados.

## 2. ANTECEDENTES

El tema de los residuos sólidos municipales ha sido, durante la última década, objeto de intensos trabajos en zonas metropolitanas (SINAFIP 2003); sin embargo, las ciudades, municipios o poblaciones pequeñas en general no han logrado dar una solución completa al problema. Las municipalidades del país y algunas instituciones erogaron grandes cantidades de recursos económicos en la formulación de proyectos de desechos sólidos, que no son más que copias de otros proyectos elaborados para poblaciones pequeñas.

El reto para mejorar la gestión de los residuos sólidos recae básicamente en los gobiernos locales (PNUD 2003). Por las leyes establecidas en Guatemala, una vez que los residuos sólidos son descartados por el generador, pasan a ser responsabilidad de las municipalidades (Código Municipal 2,003). La responsabilidad principal de los municipios es de organizar y manejar el sistema de aseo público, incluida la provisión de infraestructura para el servicio de recolección y disposición final de los residuos. Un alto porcentaje de los presupuestos municipales se dedica al aseo urbano. A pesar de esta responsabilidad, los gerentes municipales suelen carecer de conocimiento sobre los principios y técnicas del manejo de residuos sólidos, lo que les impide tomar decisiones para desarrollar sistemas de aseo, tal como lo indican los resultados del informe de gestión de fondos (SNIP 2003), en el que existen únicamente tres proyectos para el año 2,003, en materia de preinversión de residuos sólidos.

Existe mucha documentación relacionada con técnicas y metodologías diferentes para el tratamiento de las basuras, tal es el caso de los manuales desarrollados a nivel latinoamericano por la OPS y el ILPES, y

el INFOM en Guatemala. Por otra parte, ha habido intentos de crear guías prácticas, que lastimosamente no resultan siendo más que una recopilación de información técnica, que no ayuda a formular estudios de preinversión en materia de desechos sólidos (Salazar, 2003; Szanto 1,996 ).

Aunado a lo anterior, persiste el problema de falta de proyectos a nivel de preinversión formulados por las municipalidades (SNIP 2003), y que en el marco de solicitud de fondos estatales o privados son la línea basal de gestión de fondos, dichos proyectos de preinversión ingresan al Sistema Nacional de Inversión Pública (SNIP), que aprueba o reprueba la planificación, para que luego el expediente sea trasladado al Ministerio de Finanzas para la asignación de fondos correspondientes. Sin embargo, la situación actual es que no existe dicha planificación de proyectos para el buen manejo de residuos sólidos, y por ende no logra complementarse la documentación necesaria para lograr una adecuada y eficiente gestión en cuanto a la inversión necesaria.

Las oficinas de planificación municipal son las unidades encargadas de la gestión de fondos para los distintos proyectos a desarrollar en las localidades correspondientes, sin embargo el fortalecimiento técnico de las mismas es un tema que apenas se empieza a tratar a nivel nacional. Las opciones de financiamiento de proyectos para las municipalidades son limitadas, por lo general trabajan con fondos del estado, o bien pueden provenir de préstamos que estas realicen o de donaciones de organismos internacionales, cualquiera sea el caso es necesario que tengan un documento de estudio para encaminar la gestión de fondos.

En el marco de dichos antecedentes, este trabajo ofrece, de una manera sencilla pero completa, los pasos necesarios para que cada oficina de planificación municipal (OPM) obtenga los conocimientos, a fin de poder formular proyectos en materia de desechos sólidos en poblaciones

pequeñas, sin erogar grandes cantidades de dinero en consultorías independientes. Al tener elaborado el estudio de preinversión, cada municipalidad podrá entregar una copia al Sistema Nacional de Inversión Pública (SNIP), y gestionar el financiamiento necesario para la ejecución del proyecto, por medio de fondos gubernamentales, o bien gestionar fondos con alguna entidad no gubernamental o bien con algún organismo de cooperación internacional.

### 3. MARCO TEÓRICO

Un proyecto de inversión es una decisión sobre el uso de recursos con el objetivo de incrementar, mejorar o mantener la producción de bienes o prestación de servicios y/o incrementar, mejorar mantener o recuperar la capacidad de generación de beneficios de un recurso humano o físico. Esta decisión se puede materializar en una obra física y/o en una acción específica (Szanto 1,996).

Por residuos sólidos entenderemos todo material que no representa una utilidad o un valor económico para el dueño, y el dueño se convierte por ende en generador de residuos (Fortunecity, 2004).

Para el trabajo a desarrollar se tomará la clasificación de los residuos según su origen: *Residuos Municipales*, varía en función de los factores culturales asociados a los niveles de ingreso, hábitos de consumo, desarrollo tecnológico y estándares de calidad de vida de la población; *Residuos Industriales*, es en función de la tecnología del proceso productivo, calidad de las materias primas o productos intermedios, combustibles utilizados y los envases y embalajes del proceso; Residuos Hospitalarios, Residuos Mineros (Fortunecity, 2004).

El manejo de residuos sólidos es el conjunto de procedimientos y políticas que conforman el sistema de manejo de residuos sólidos. La meta es realizar una gestión que sea ambiental y económicamente adecuada. (Szanto, 1996).

La producción per cápita (PPC) de residuos sólidos es una variable que depende básicamente del tamaño de la población y de sus características socioeconómicas. Este parámetro asocia el tamaño de la población, la cantidad de residuos y el tiempo; la unidad de expresión es el kilogramo por

habitante por día (Kg/hab/día), y es una variable necesaria para dimensionar el sitio de disposición final de los residuos sólidos (Szanto, 1996).

El vertedero controlado es un método para la disposición de los residuos sólidos, adecuado de utilizar para cantidades menores a 30 toneladas por día, que es el equivalente a la producción de poblaciones entre 35,000 y 50,000 habitantes, estimando una producción de basuras entre 0.6 y 1 kilogramo diario por habitante por día (PNUD 2003). El vertedero controlado permite la operación del mismo mediante técnicas y equipos manuales, logrando una adecuada relación entre el espacio físico y la disposición de basuras, con la finalidad de minimizar los costos económicos, sociales, sanitarios y ambientales.

Un vertedero controlado debe operar de la siguiente manera (Szanto, 1,996):

- Supervisión constante, mientras se vacía, recubre la basura y compacta la celda, para conservar el vertedero en óptimas condiciones. Esto implica tener una persona y un auxiliar responsable de su operación y mantenimiento.
- La altura de la celda es otro factor importante a tener en cuenta; y dependerá mucho de las condiciones del terreno, se recomienda una altura entre 1.25 m a 3.50 para disminuir los problemas de hundimientos y lograr mayor estabilidad.
- Es fundamental el cubrimiento diario, con una capa de 0.10 de tierra o material similar compactado.
- La compactación de los desechos sólidos es preferible en capas de 0.25m de desechos sólidos y finalmente cuando se cubre con tierra toda la celda. La densidad de la basura compactada, para el área rural guatemalteca,

considerando la falta de equipo y maquinaria se estima en un factor de 350 Kg/m<sup>3</sup> (tomando en cuenta una leve compactación semanal). Si la municipalidad cuenta con las facilidades para disponer de maquinaria de manera más continua, este valor puede incrementarse entre 400 Kg/m<sup>3</sup> y 500 Kg/m<sup>3</sup>. De este factor depende en buena parte el éxito del trabajo diario. Una regla sencilla indica que, alcanzar una mayor densidad, resulta mucho mejor desde el punto de vista económico y ambiental.

- Desviar aguas de lluvia para evitar en lo posible su ingreso al vertedero controlado.
- El cubrimiento final de unos 0.30m de espesor, se efectúa siguiendo la misma metodología que para la cobertura diaria; además, debe realizarse de forma tal que sostenga vegetación, para lograr una mejor integración al paisaje natural.

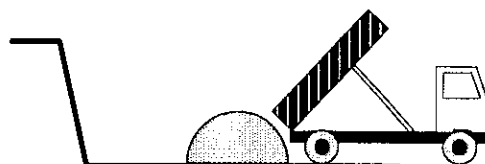
#### Operación y mantenimiento del relleno sanitario:

Se debe reconocer que las dos responsabilidades más importantes que tienen los operadores del vertedero controlado son: primero, proporcionar la facilidad para que los vehículos transportadores de residuos sólidos municipales lleven a cabo la descarga de manera rápida y segura, y la segunda confinarlos de manera tal que se disminuyan los riesgos al ambiente y a la salud pública. Las celdas diarias son las unidades básicas que sustentan los rellenos sanitarios, sin esta estructura los rellenos se vuelven inestables estructuralmente (Szanto, 1,996).

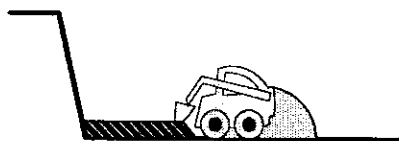
Metodología para la construcción de la celda diaria. A continuación se presenta un esquema para la construcción de una celda:



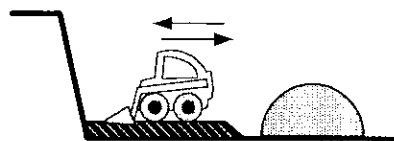
1. Anotación de datos de vehículo y procedencia en formulario e indicación donde deberá descargar



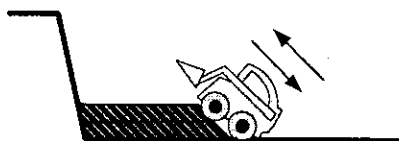
2. Descarga de residuos en el lugar indicado



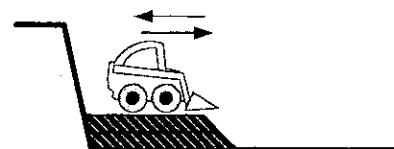
3. Esparcimiento de Residuos en capas



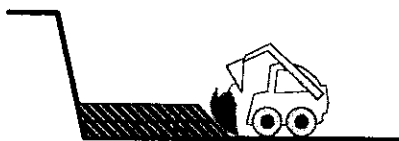
4. Compactación de primera capa de residuos



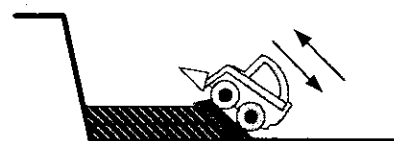
5. Conformación de bordes de la Celda y Compactación de éstos



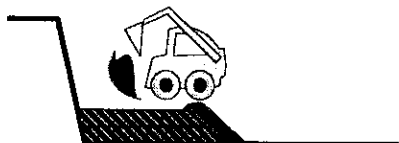
6. Compactación de residuos con al menos 4 pasadas de llantas en toda la superficie después de haber alcanzado 1 metro de altura.



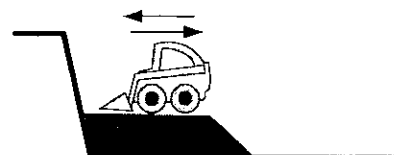
7. Excavación y acarreo de material de cobertura, descargado en los bordes de la celda



8. Compactación tierra de los bordes con al menos 4 pasadas de llantas



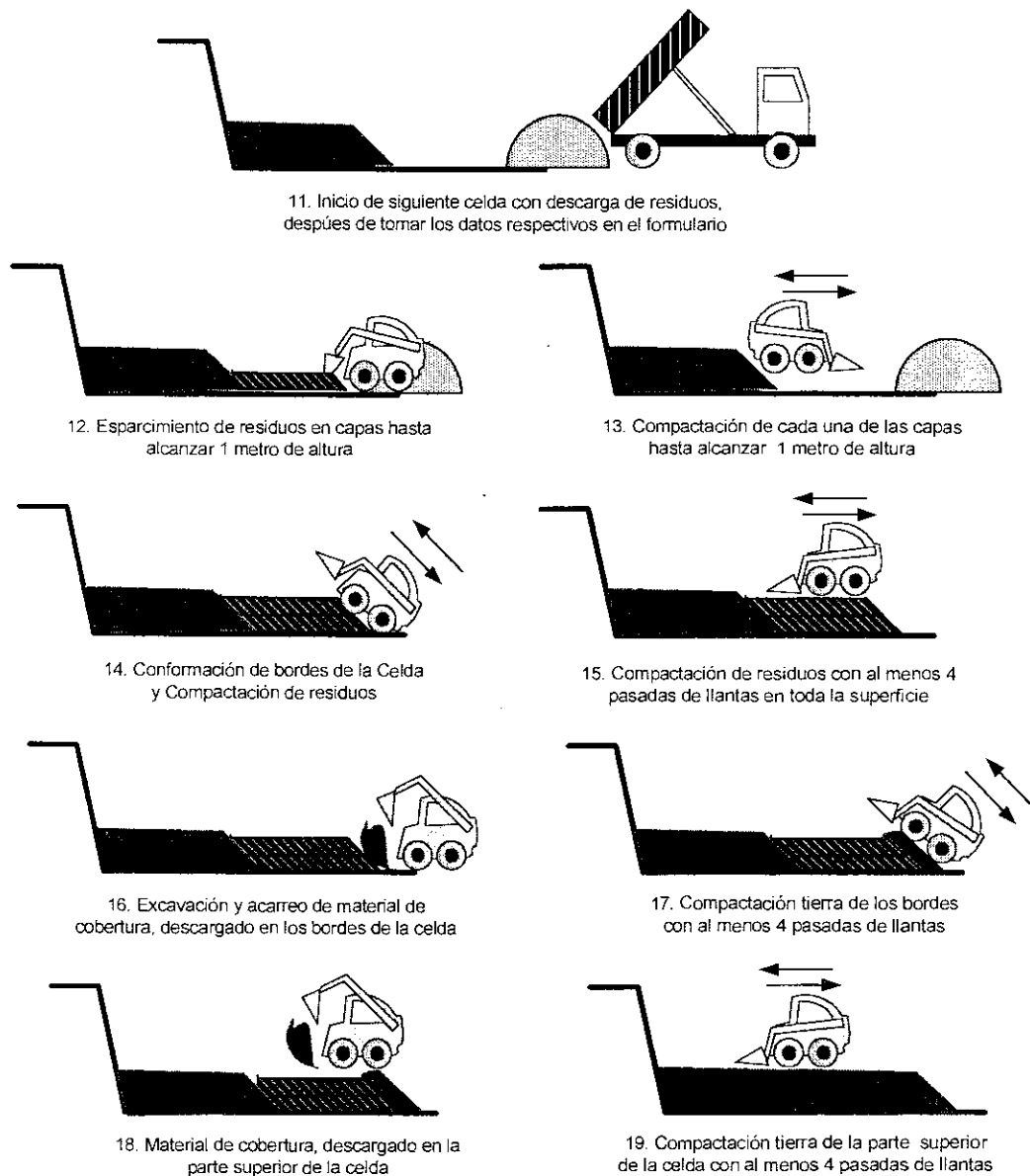
9. Material de cobertura, descargado en la parte superior de la celda



10. Compactación tierra de la parte superior de la celda con al menos 4 pasadas de llantas

**ESQUEMA No.1. CONSTRUCCIÓN DE UNA CELDA (Ruballos 2,004).**

Por tanto, el orden de desarrollo de las celdas diarias y el acomodamiento de la basura debe de realizarse en capas entre 1.25 metros de altura, empleando un mini cargador. Se nivela la superficie superior y se compacta pasando las llantas en toda la superficie, al menos tres veces.



**ESQUEMA No. 2. CONFORMACIÓN DE CELDAS SUBSECUENTES (Ruballos 2,004).**

A continuación se describen los aspectos que un Plan de Manejo de un Relleno Sanitario debe contener para realizar una buena operación del mismo. Lo cual debe repetirse en forma periódica para realizar una revisión y ajustes constantes al sistema.

- Conformación de terrazas.

Debe asegurarse que el suelo quede con una pendiente del 2%, inclinada hacia adentro del corte, la función es garantizar que los lixiviados drenen por gravedad hacia los drenajes de lixiviados secundario o principal.

- Acumulación y protección del banco de tierra.

Todo el material resultante del corte de terraza será acumulado en los extremos de las terrazas y tendrán que ser cubiertos con una lona o plástico para evitar que se erosione y que el polvo contamine el ambiente. O también puede ser cultivada la vara de San José, gramillas como el de San Agustín que son plantas que evitan la erosión.

- Cubierta de los desechos sólidos.

La cobertura se realiza con una capa de tierra de 10 cm. entre celdas y 20 cm. En la superficie final; se esparce con la pala frontal del mini cargador. Debe aplicarse como mínimo una vez por cada día de recolección.

- Control de vectores.

En momentos es necesario ejecutar medidas de saneamiento más drásticas que un plan de recubrimiento con capas mayores a los 30 cms, es decir, en casos extremos en los que la presencia de los vectores es notoria, acudir a la fumigación para la erradicación de vectores y roedores.

#### **4. PROBLEMA A RESOLVER – PREGUNTA CENTRAL**

Las Oficinas de Planificación municipal en la República de Guatemala carecen de un instrumento de fácil comprensión, que les sea útil en la formulación de estudios de preinversión en materia de residuos sólidos en poblaciones pequeñas, lo que genera a su vez poca inversión en dicho campo.

## **5. OBJETIVOS**

### **5.1 OBJETIVO GENERAL**

Proveer a los encargados de las oficinas de planificación municipal una herramienta que proporcione lineamientos en la preparación de estudios de preinversión para el manejo de desechos sólidos a través de vertederos controlados.

### **5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Desarrollar los criterios para la adecuada selección del terreno para la formulación del estudio de preinversión.
- Desarrollar de los cálculos básicos y criterios para el diseño de los vertederos controlados.
- Establecer la conformación del presupuesto de inversión para este tipo de proyecto.

## 6. JUSTIFICACIÓN

En la mayoría de los municipios de la República de Guatemala, la basura es depositada en algún terreno baldío, por lo general propiedad de las municipalidades, y a excepción de la quema innecesaria, que únicamente contamina más la atmósfera, es esto lo único que se practica en cuanto a disposición de residuos sólidos. Si ni siquiera se tiene el conocimiento necesario para lograr una disposición mínima adecuada enterrando la basura, como lo es un vertedero controlado, mucho menos se puede pretender que se realice algún tipo de tratamiento más avanzado a dichos residuos.

Al lograr la implementación del sistema de vertederos controlados, que es lo más elemental en materia de disposición de basuras, podría entonces pensarse en la incorporación de técnicas más avanzadas para el tratamiento de los residuos previo a su disposición, tal es el caso de sistemas como el compostaje, reciclaje, tratamiento de lixiviados, rellenos sanitariamente controlados u otros. Este trabajo a través de su posterior divulgación pretende ser únicamente un pequeño aporte para emprender una larga tarea en materia de residuos sólidos municipales en toda Guatemala.

## 7. METODOLOGÍA

En función de los objetivos del trabajo realizado, y retomando los conceptos de formulación de proyectos dentro del ciclo de los mismos se utilizó la metodología de investigación científico deductiva, ya que se desarrolló la conclusión del manual a partir de las premisas ya planteadas retomando los conceptos descritos con anterioridad en el marco teórico (Vera 1,984). Se obtuvo los datos y variables necesarias para el desarrollo del manual con base a la recopilación bibliográfica en relación al tema, información que dio como resultado un documento de fácil comprensión. Básicamente se recurrió a recopilar la información mínima solicitada por el Sistema Nacional de Financiamiento de la Inversión Pública (SNIP), y con esa línea basal se hizo la investigación bibliográfica del tema. Además, se tomó en cuenta los términos de referencia utilizados para la contratación de consultorías para el manejo de residuos sólidos que se desarrolló en el Sistema Nacional de Financiamiento de la Preinversión –SINAFIP-. Dicho sistema pasa a ser para el año 2,005 el rector en materia de preinversión en Guatemala, y por lo tanto se encargará de dictar los reglamentos necesarios para estudios de preinversión de residuos sólidos.

Para obtener un documento de fácil comprensión se incluyeron los lineamientos principales para la ubicación de los sitios adecuados para la instalación de vertederos controlados. Además, se incluye un ejemplo, con tablas y cuadros descriptivos conteniendo información numérica y cálculos de base para el diseño del vertedero controlado. El desarrollo de un resumen presupuestario con los renglones mínimos que deberían tener este tipo de proyectos, y la ejemplificación de la planificación mínima requerida, también se incluye una base de precios, sobre la cual es importante el desarrollo de las actualizaciones por parte de las autoridades municipales.

## 8. RESULTADOS

### 8.1 SELECCIÓN DEL TERRENO

La selección del terreno apropiado está determinada por diversas variables (PNUD 2,003), y es de vital importancia, puesto que dispondrá la basura durante un extenso período de tiempo.

**8.1.1 *Distancia mínima a la población.*** No existe en el código municipal una distancia establecida; se ha adoptado por el Sistema Nacional de Financiamiento de la Preinversión –SINAFIP–, distancias mínimas de 100 metros en relación al perímetro de la ciudad. Por otra parte debe procurarse que esta distancia no sea superior a los 15 kilómetros dado los altos costos en el aspecto del transporte de las basuras. (Szanto, 1,996)

**8.1.2 *Participación comunitaria.*** El proceso de selección del sitio debe ser participativo, para que la oposición pública al sitio recomendado sea mínima. Se sugieren como mínimo dos talleres para el establecimiento adecuado del lugar en conjunto con líderes del lugar.

**8.1.3 *Disponibilidad de material de cobertura.*** El terreno elegido debe poseer bancos de material de cobertura. Se debe aprovechar el suelo existente en la cercanía como material de cobertura; los suelos arcillosos son los más recomendables.

**8.1.4 *Controles ambientales necesarios.***

- *Protección de aguas superficiales:* el relleno no debe estar ubicado a menos de 200 metros de corrientes superficiales de aguas para prevenir su contaminación.

- *Aguas Subterráneas:* como criterio general, se debe tomar en cuenta la localización del vertedero por lo menos 2 metros sobre el nivel de las aguas subterráneas, deben evitarse zonas de recarga hídrica y zonas en las que se realice extracción para consumo humano o productivo. (Szanto, 1,996).

**8.1.5 Otras variables importantes.** No debe existir proximidad hacia atractivos turísticos, escuelas, iglesias, aeropuertos, crecimiento de la ciudad en dirección contraria al sitio, ubicación con respecto a la dirección de los vientos, proximidad a hábitats críticos, y desde luego precio adecuado de la tierra; desde luego que la topografía del sitio deberá ser de especial interés, dados los altos costos en que se podría incurrir en el momento de realizar movimientos de tierra demasiado voluminosos

**8.1.6 Capacidad volumétrica del sitio.** La capacidad volumétrica del sitio es el volumen total disponible del terreno para recibir y almacenar la basura y el material de cobertura que conforman el relleno sanitario manual. Es decir, es el volumen comprendido entre la superficie de desplante y la superficie final del relleno, para lo cual es indispensable determinar la capacidad volumétrica del terreno.

**8.1.7 Topografía del terreno.** La municipalidad deberá contratar un topógrafo, quien se encargará de llevar a cabo el levantamiento topográfico del terreno seleccionado para ubicar el vertedero controlado, la topografía deberá incluir secciones transversales como mínimo a cada 20 metros de distancia, y se deberá dejar fundido en el suelo una o dos bases de concreto para futuros replanteos que sean necesarios. El costo de realizar la topografía dependerá básicamente del lugar (distancia que el topógrafo

recorre hacia el trabajo) donde será realizada, y oscilará entre Q. 500.00 a Q 1000.00 quetzales por manzana de terreno levantada. El topógrafo deberá entregar a la municipalidad la libreta con los cálculos de nivelación correspondientes.

## 8.2 DISEÑO DEL VERTEDERO CONTROLADO

El vertedero controlado, debe proyectarse para un mínimo de diez años, aunque algunas veces es necesario proyectarlo incluso para menos de cinco años, debido a la dificultad de encontrar terrenos disponibles. Este tiempo se llama *vida útil del vertedero controlado* (Szanto, 1996).

8.2.1 Proyección de la población. Se hace necesario determinar que cantidad de población se tendrá según la vida útil del proyecto, para con ello determinar que extensión o capacidad necesita el terreno que buscaremos. Para determinar la población futura en un número de años determinado utilizaremos la siguiente fórmula:

$$P_f = P_o * (1 + T_c)^n \quad (1)$$

Pf = Población futura

Po = Población actual

Tc = Tasa de crecimiento

N = Número de años en los que queremos determinar la población.

Ej. Para el año 2004 tenemos una población actual de 2,500 habitantes. ¿ que población se tendrá en 10 años?

$$P_o = 2,500$$

$$N = 10$$

Tc = (Se debe consultar en el INE, Instituto Nacional de Estadística), de lo contrario utilizar un 3% que es el promedio nacional.

$$P_f = 2,500 * (1 + 0.03)^{10} = 3,359 \text{ habitantes}$$

8.2.2 Producción total de basura o residuos sólidos. Tomando como base la información que se logró recopilar sobre algunas ciudades del país y los promedios de estudios realizados en varios períodos en el área del departamento de Guatemala, por la compañía Estadounidense Black & Veatch en 1976, y la compañía francesa Beture Setame en 1,983, se toma 0.50 kg/hab/día como promedio de generación de desechos sólidos por persona en los centros rurales de la República de Guatemala, esto quiere decir que cada persona produce 1.1 libras diarias de basura, en un mes de 30 días habrá producido 33 libras, y en una año (365 días) habrá producido 396 libras anuales de basura. Tomaremos entonces para diseños de vertederos controlados que cada persona produce 0.5 Kg. de basura al día o 1.1 libras que es lo mismo.

Ej. Para la **población futura** del ejemplo anterior, 3,359 hab. ¿Qué producción de basuras se tiene en el transcurso de 10 años, es decir hacia el año 2,014 ?

Para cada año aplicaremos la fórmula de proyección y se procederá a multiplicar por 0.5 Kg. por habitante. Si para el año 2014 se tiene una población de 3,359 hab. , la producción de basuras dentro de 10 años = (3,359 hab.) \* (0.5kg) = **1680 Kg.** De igual manera se procederá para cada año.

AÑO	POBLACIÓN	PRODUCCIÓN DIARIA P.P.	PRODUCCIÓN TOTAL.
2004	2,500	0.5 Kg	1250 kg
2005	2575	0.5 Kg	1287 Kg
2006	2652	0.5 Kg	1326 kg
2007	2,732	0.5 Kg	1366 kg
2008	2,814	0.5 Kg	1407 kg
2009	2,898	0.5 Kg	1449 kg
2010	2,985	0.5 Kg	1493 kg
2011	3075	0.5 Kg	1538 kg
2012	3,167	0.5 Kg	1584 kg
2013	3,262	0.5 Kg	1631 kg
2014	3,359	0.5 Kg	1680 kg

Total:	16,011 Kg.
--------	------------

Total: 16,011kg = 35,224.2 Lb. = 17.61 ton = 1,601.10 Kg. Anuales de basura en promedio.

¿ Cómo calcular el volumen y área requerida para el establecimiento del vertedero controlado con una producción de 16,011 Kg. en 10 años de funcionamiento ?

Dado que el vertedero controlado utiliza material de cobertura (tierra), es necesario incrementar al volumen un 20% (es el 1.20 que aparece en la siguiente fórmula). Por otra parte, es necesario considerar la densidad de la basura compactada, para el área rural guatemalteca, considerando la falta de equipo y maquinaria utilizaremos un factor de 350 Kg/m<sup>3</sup> (tomando en cuenta una leve compactación semanal). Si la municipalidad cuenta con las facilidades para disponer de maquinaria de manera más continua, este valor puede incrementarse entre 400 Kg/m<sup>3</sup> y 500 Kg/m<sup>3</sup> de la manera siguiente:

$$V_{rs}(\text{volumen del relleno sanitario}) = \frac{V(\text{residuos sólidos acumulados en el periodo})}{350 \text{ Kg/m}^3} \times 1.20$$

**(2)**

$$V_{rs} = ( 16,011 \text{ kg} \times 1.20 ) / 350 \text{ Kg/m}^3$$

$$V_{rs} = 54.89 \text{ m}^3$$

Calculado el volumen, se puede establecer el área requerida para un relleno sanitario, dependiendo principalmente de factores como:

- Capacidad volumétrica del terreno.
- Profundidad o altura del vertedero controlado.
- Áreas adicionales para obras complementarias.

Se establece la fórmula siguiente:

$$Ars = \frac{Vrs}{H} \quad (3)$$

donde,

Ars = área del relleno sanitario m<sup>2</sup>.

Vrs = Volumen del relleno sanitario m<sup>3</sup>.

H = Altura o profundidad media del relleno m.

El factor para la altura dependerá de las condiciones del terreno, o de las transformaciones que se le haga al mismo, tomando en cuenta que para terrenos planos no deberá exceder los tres metros de altura. Las condiciones para los terrenos son como las que se muestran en el gráfico número 3.

El área total requerida será:

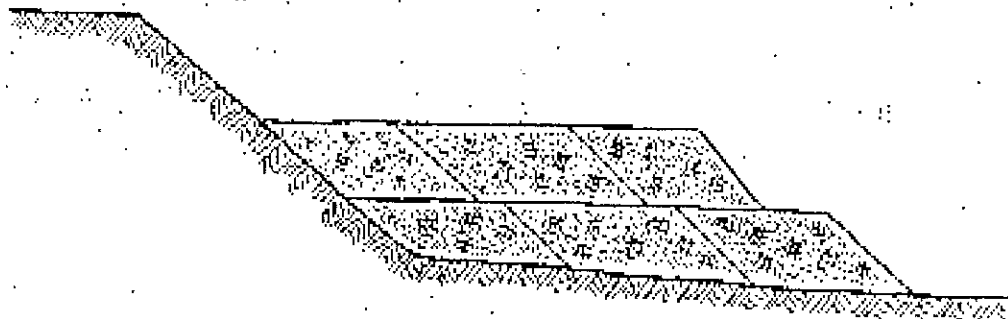
$$A \text{ total} = 1.25 \times Ars$$

dato que ya incluye el área adicional requerida por las vías de penetración, áreas de aislamiento, caseta, patio de maniobras y otros.

### RELLENO DE TRINCHERA



### RELLENO DE LADERA



### RELLENO DE SUPERFICIE



GRAFICO No.3. FORMAS PARA VERTEDEROS CONTROLADOS. (SZANTO, 2003)

## 8.3 DIBUJO DE LOS PLANOS MÍNIMOS REQUERIDOS

Para la conformación del estudio de preinversión deberán de entregarse como mínimo los planos de topografía, ubicación de instalaciones, ubicación de niveles e instalaciones varias. Todos los planos Deberán ser elaborados en formato A-1 (ancho de 84 cm. altura de 59.4 cm.) La municipalidad contratará un dibujante técnico, al que cancelará por formato A-1 entre Q

250.00 y Q 350.00 quetzales. Costo que deberá incluir una impresión del mismo.

**8.3.1 Plano topográfico.** Las características generales del mismo son las siguientes:

- Estacionamiento completo según la topografía obtenida.
- Curvas de nivel a cada metro
- Colocar los bancos de marca. (ubicación exacta)
- Colocar Azimut y distancias entre estaciones.

Ver en anexo No. 1. ejemplo de plano topográfico.

**8.3.2 Plano de ubicación de instalaciones.** Las características generales del mismo son las siguientes:

- Indicar la colocación del vertedero controlado
- Indicar la colocación de la garita de Ingreso
- Indicar vía de acceso, cerco perimetral. (ver anexo No. 2)

**8.3.3 Plano de ubicación de plataformas o niveles.** Las características generales del mismo son las siguientes:

Deberá enmarcar los niveles actuales del terreno y los niveles del vertedero, acceso e instalaciones varias, tal y como se muestra en el ejemplo (ver anexo No. 3).

**8.3.4 Plano de instalaciones varias.** Las características generales del mismo son las siguientes:

Plano de la caseta de ingreso, indicando ubicación del baño, ducha y cuarto de control. Por otra parte detalles de muros de contención y perimetrales, de existir.

#### **8.4 CONFORMACIÓN DEL PRESUPUESTO DE INVERSIÓN**

A continuación se presenta un cuadro con los renglones presupuestarios más comunes para el sistema de vertederos controlados, además encontrará un rango para el costo aproximado según la unidad de medición, de cualquier forma cada oficina de planificación municipal deberá de corroborar y actualizar sus costos en base a los precios que se utilizan en su región. Dada la sencillez con que deberían de trabajarse los vertederos controlados, no se contemplan dentro de los renglones presupuestarios porcentajes de ganancias, es decir el tipo de proyecto es recomendable trabajarlo por administración (la municipalidad es la unidad ejecutora).

REGLONES PRESUPUESTARIOS EN LA ESTIMACIÓN DE COSTOS EN VERTEDEROS CONTROLADOS		
	Unidad de medida	Rango de costos (Q)
<b>Garita de Control.</b>		
Trazo y puenteo	ml	10.00-14.00
Excavación	m <sup>3</sup>	28.00-38.00
Relleno	m <sup>3</sup>	35.00-40.00
Retiro de material hasta 25 mt. de distancia	m <sup>3</sup>	5.00-8.00
Cimentación	ml	100.00-120.00
Columnas	ml	130.00-155.00
Levantado de muros (Block de 0.19)	m <sup>2</sup>	100.00-120.00
Solera	ml	60.00-70.00
Instalaciones sanitarias (Agua potable, Inodoros, electricidad)	Unidad	2000.00- 3500.00
<b>Drenaje pluvial</b>		
Tubería + accesorios de 4" pvc Incluye Registros	ml	105.00-120.00
<b>Trabajos complementarios</b>		
Portón de ingreso	Global	2000.00- 3500.00
Limpieza final	m <sup>2</sup>	3.00-5.00
Cerco perimetral. Malla y tubería galvanizada	ml	240.00-280.00
<b>Muros de contención</b>		
Muro de contención	m <sup>2</sup>	700.00- 1000.00
<b>Movimiento de tierra</b>		
Excavación con maquinaria	m <sup>3</sup>	28.00-40.00
Relleno con maquinaria	m <sup>3</sup>	8.00-14.00

## 9. CONCLUSIONES

- La implementación de un sistema de vertederos controlados constituye la unidad mínima con la que se deberían de trabajar los residuos sólidos en poblaciones menores a 35,000 habitantes.
- La implementación de vertederos controlados deberá ser la base sobre la cual partan tratamientos más avanzados para el manejo de las basuras.
- Un estudio de preinversión a través de vertederos controlados deberá incluir la selección del terreno, el diseño del vertedero, el análisis de costos y desde luego el cuerpo general del documento en el cual se incluyen como mínimo la justificación y los objetivos del proyecto (SNIP 2,003)

## 10. RECOMENDACIONES

- Dar a conocer el manual a través de talleres regionalizados, orientados especialmente al personal que labora en las oficinas de Planificación municipal de cada comuna a capacitar, recomendando una duración de 4 horas por taller.
- Por otra parte es importante hacer notar que en el trabajo presentado, la utilización del vertedero controlado es base sobre la cual deberían de partir otros procesos relacionados a los tratamientos para el manejo de los lixiviados en cada uno de los vertederos, tales procesos podrían ser de compostaje, lagunas para lixiviados u otro.
- Es importante actualizar para cada región en específico, los precios de mano de obra y maquinaria, para que el cuadro de renglones presupuestarios sea debidamente calculado con los costos.
- Para cualquier duda relacionada con la formulación de estudios de preinversión en materia de residuos sólidos a través de vertederos controlados, comunicarse al Sistema Nacional de Financiamiento de la Preinversión –SINAFIP- en la 10 Av. 8-58 z.1 Guatemala, o bien al teléfono 22326212.

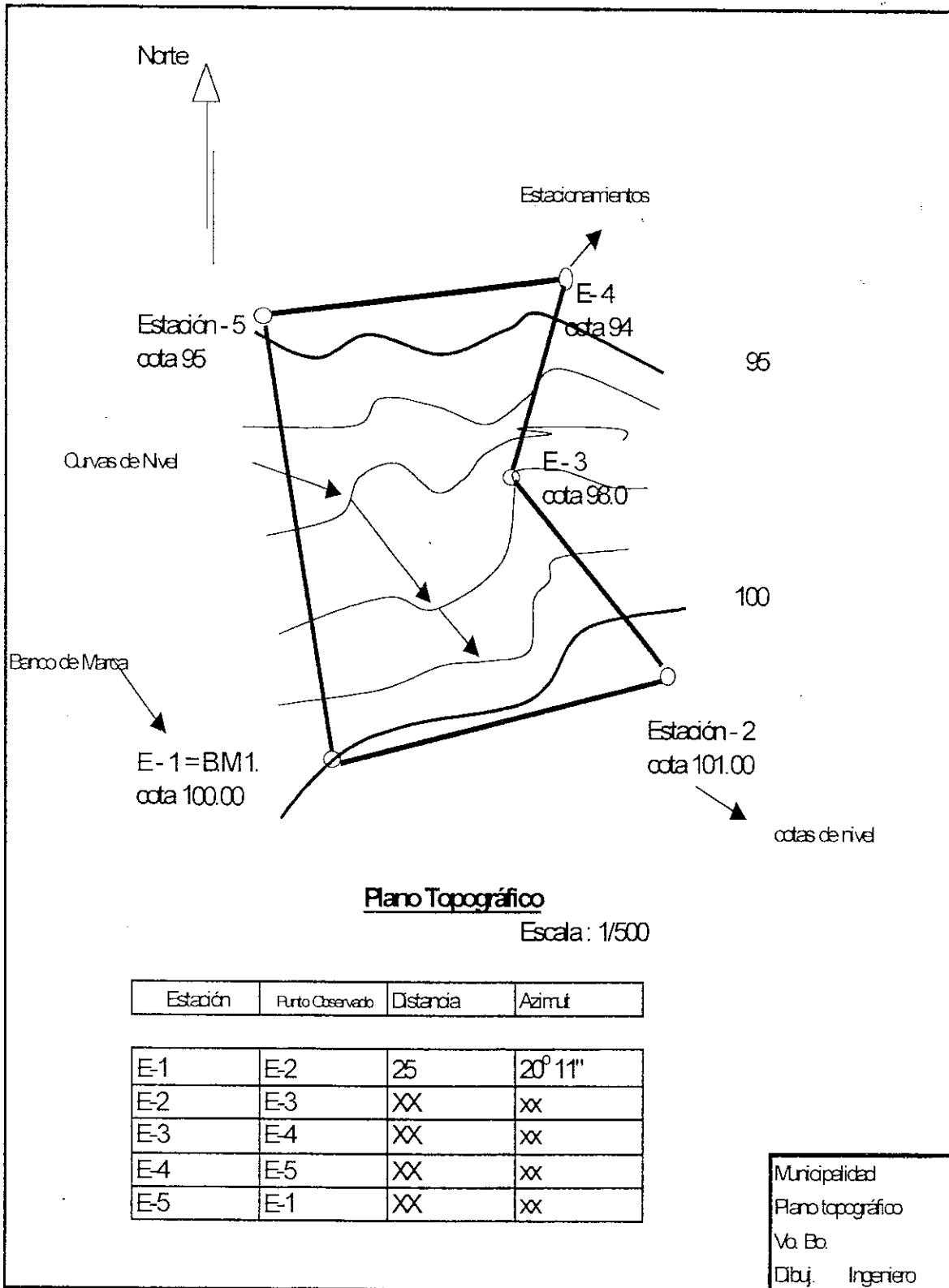
## 11. BIBLIOGRAFÍA

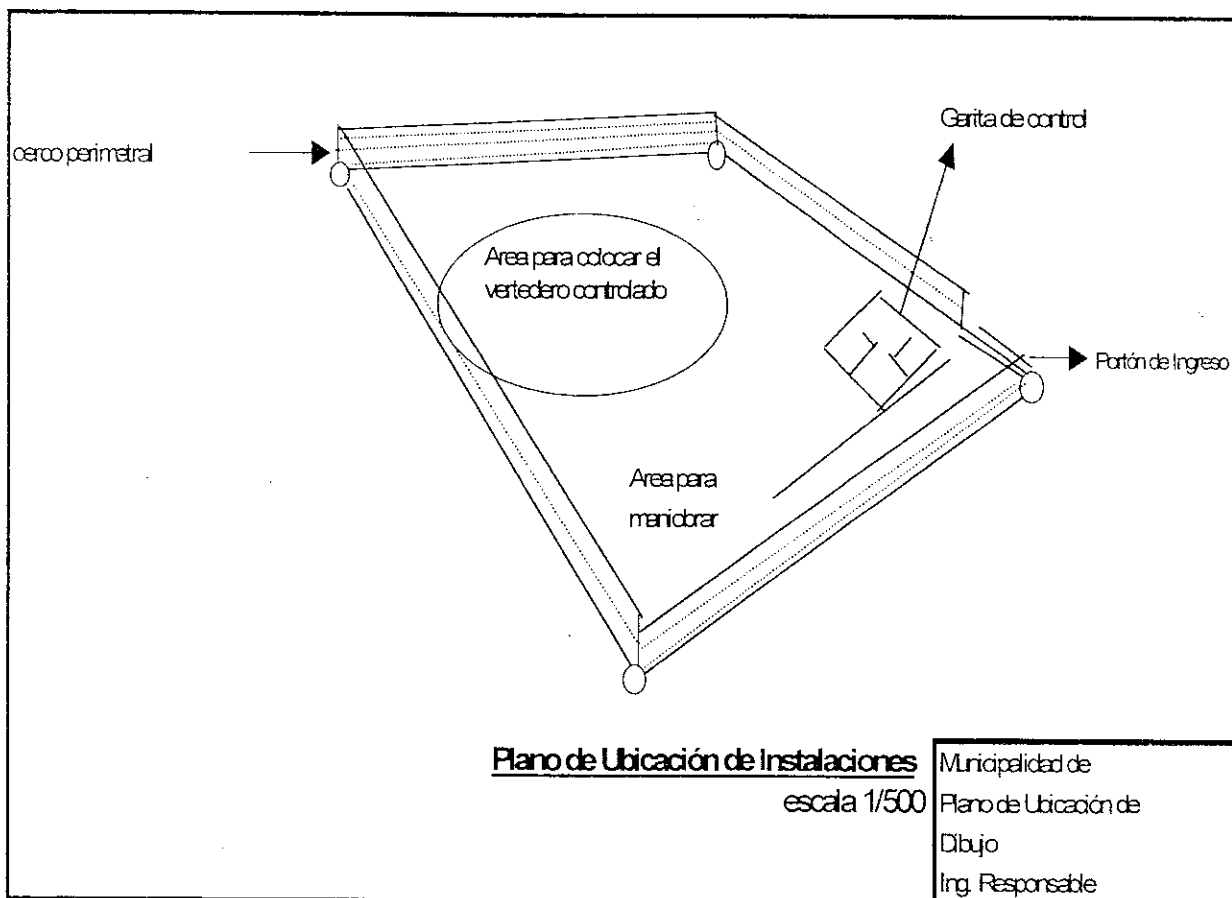
- Catholic Relief Services/Programa Guatemala. 2001 "**Manual de Operación y Mantenimiento para un Sistema de Agua Integral – MOM**", Guatemala, Infom-Gtz. modulo 9.
- CEPIS/OPS/OMS, "**Guía para el manejo de residuos sólidos en ciudades pequeñas y zonas rurales**", [www.cepis.org](http://www.cepis.org). (en línea 27/10/04)
- Doreen Salazar. 2003, "**Guía para el Manejo de Excretas y Aguas Residuales Municipales**" PROARCA/SIGMA, Guatemala, p.73.
- Econsult. 2004, "**Estudio de Factibilidad para el manejo de Residuos Sólidos en los municipios de la cuenca del lago Petén Itza**", Guatemala p. 895
- Fortunecity, "Residuos Sólidos", [www.fortunecity.es/expeertos/profesor/171/residuos.html](http://www.fortunecity.es/expeertos/profesor/171/residuos.html). (en línea 27/10/04)
- Instituto Nacional de Estadística –INE--. 2003, "**Población y Locales de Habitación Particulares Censados según Departamento y Municipio (Cifras Definitivas)**", Guatemala p.31
- Marcel Szanto N. 1996. "**Guía Para La Identificación de Proyectos para manejo de Residuos Sólidos Urbanos**", Perú, CEPAL. p. 284.
- Merrit Frederick. 1996 "**MANUAL DEL INGENIERO CIVIL.**", México, Tercera edición. Mc. Graw Hill. TOMO I, II, III, IV
- Presidencia de la República, Sepaz. 2002. "**Código Municipal, Decreto No. 12-2002**", Guatemala, p. 78-139.

- Ruballos Elvia Miriam. 2004, "***Estudio de Factibilidad y diseño final para El Manejo de Desechos Sólidos en la cabecera municipal de Antigua Guatemala***", Guatemala p.480
- Subsecretaria de Planificación e Inversión Pública –SEGEPLAN--, Instituto Latinoamericano y del Caribe de Planificación Económica y Social –SZANTO--. 1996 "***Guía para la Identificación y Formulación de Proyectos de Agua Potable y Saneamiento***". Guatemala, p.225
- Sistema Nacional de Financiamiento de la Preinversión –SINAFIP--. 2003 "***Términos de Referencia para la contratación del estudio de Factibilidad y Diseño Final para el manejo y disposición de los residuos sólidos en el municipio de Fraijanes, departamento de Guatemala***", Guatemala. p. 12
- Sistema Nacional de Financiamiento de la Preinversión –SINAFIP--. 2003 "***Términos de Referencia para la contratación del estudio de Factibilidad y Diseño Final para el manejo y disposición de los residuos sólidos en el municipio de Antigua Guatemala, departamento de Sacatepequez***", Guatemala. p. 12.
- SNIP, 2,003 "**Base de Datos del Sistema Nacional de Inversión Pública**", Segeplan.
- Vera, A. 1,984, "***Metodologías de la Investigación***", México p.147.

## 12. ANEXOS

Anexo. 1. Ejemplo de Plano Topográfico



**Anexo. 2. Ejemplo de Plano Ubicación de Instalaciones**

## Anexo. 3. Ejemplo de Plano de Plataformas o Niveles

