

**UNIVERSIDAD DEL VALLE DE  
GUATEMALA**

**Facultad de Ciencias y Humanidades**

**Manejo Integral de Desechos Sólidos del Complejo de Parques del Instituto  
de Recreación de los Trabajadores de la Empresa Privada de Guatemala  
(IRTRA): Acuático Xocomil, Vacacional Tzapotitlán y Temático Xetulul  
ubicados en San Martín Tzapotitlán, Retalhuleu.**

**Fase I**

**Caracterización y Ordenamiento del Manejo de Desechos Sólidos por  
Nadia Mijangos López**

**Octubre, 2002**

**Manejo Integral de Desechos Sólidos del Complejo de Parques del Instituto de Recreación de los Trabajadores de la Empresa Privada de Guatemala (IRTRA): Acuático Xocomil, Vacacional Tzapotitlán y Temático Xetulul ubicados en San Martín Tzapotitlán, Retalhuleu.**

**Fase I**

**Caracterización y Ordenamiento del Manejo de Desechos Sólidos**

**UNIVERSIDAD DEL VALLE DE  
GUATEMALA**

**Facultad de Ciencias y Humanidades**

**Manejo Integral de Desechos Sólidos del Complejo de Parques del Instituto  
de Recreación de los Trabajadores de la Empresa Privada de Guatemala  
(IRTRA): Acuático Xocomil, Vacacional Tzapotitlán y Temático Xetulul  
ubicados en San Martín Tzapotitlán, Retalhuleu.**

**Fase I**

**Caracterización y Ordenamiento del Manejo de Desechos Sólidos**


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

**Guatemala**

**2002**

Vo. Bo:

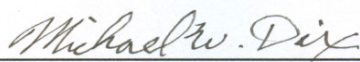
(f)   
\_\_\_\_\_  
**Doctora Margaret Dix**  
**Asesora**

(f)   
\_\_\_\_\_  
**Doctor César Barrientos**  
**Asesor**

Tribunal:

(f)   
\_\_\_\_\_  
**Doctora Margaret Dix**

(f)   
\_\_\_\_\_  
**Doctor César Barrientos**

(f)   
\_\_\_\_\_  
**Doctor Michael Dix**

Fecha de Aprobación: 30 de Octubre del 2002.

## CONTENIDO

	<b>Página</b>
PREFACIO.....	iii
LISTA DE CUADROS.....	iv
LISTA DE GRAFICAS.....	v
LISTA DE FIGURAS.....	vi
LISTA DE APENDICES.....	vii
RESUMEN.....	viii
Capítulos	
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. JUSTIFICACIÓN.....	3
III. MARCO CONCEPTUAL.....	5
IV. ANTECEDENTES.....	12
A. Generación de residuos en Latinoamérica.....	12
B. Generación de residuos sólidos en Guatemala.....	12
C. Proyecto piloto Alameda Norte.....	13
D. Manejo integral de los desechos sólidos en San Lucas Sacatepéquez.....	14
V. OBJETIVOS.....	16
VI. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	18
A. Parque Vacacional.....	19
B. Parque Acuático.....	22
C. Parque Temático.....	23
VII. METODOLOGÍA.....	25

A.	Caracterización de residuos sólidos.....	25
B.	Ordenamiento del manejo de residuos Sólidos.....	42
VIII.	RESULTADOS.....	44
A.	Caracterización de residuos sólidos.....	44
B.	Ordenamiento del manejo de residuos sólidos.....	52
IX.	PROGRAMA DE EDUCACIÓN AMBIENTAL.....	61
X.	PROGRAMA DE MANEJO INTEGRADO DE DESECHOS SÓLIDOS DEL COMPLEJO IRTRA EN RETALHULEU: VACACIONAL TZAPOTITLAN, ACUATICO XOCOMIL Y TEMÁTICO XETULUL.....	66
XI.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	83
A.	Caracterización de residuos sólidos.....	83
B.	Ordenamiento del manejo de residuos sólidos.....	87
XII.	CONCLUSIONES.....	91
XIII.	RECOMENDACIONES.....	93
XIV.	LITERATURA CITADA.....	94
XV.	APÉNDICES.....	95

## **PREFACIO**

Este estudio fue una experiencia productiva para mi carrera profesional. No tuve ninguna limitación para desarrollar el proyecto, pues el IRTRA financió el hospedaje y alimentación de mis asesores y de mi persona; además proporcionó materiales necesarios y apoyo logístico, por lo cual no solamente le agradezco, sino que espero recompensar dicho esfuerzo al proveerles un documento que les sea útil. Especialmente, agradezco al Sr. Manuel Valdez Berthet, Gerente General y al Sr. Ricardo Castillo Sinibaldi, Presidente de la Institución por su confianza y respaldo.

Asimismo, quiero agradecer al Lic. Mario Dary del laboratorio LABIND, quien financió los análisis físico-químicos, a mis asesores el Ing. César Barrientos y a los Drs. Dix quienes aportaron de su preciado tiempo y conocimientos y a la Ing. Elbia Marroquín, mi gran colaboradora.

## LISTA DE CUADROS

Cuadro	Página
1 Producción de basura per capita anual en el Área Metropolitana y a nivel nacional.....	12
2 Descripción de los sectores del Parque Vacacional.....	31
3 Descripción del sector del Parque Acuático.....	31
4 Descripción del sector del Parque Temático Xetulul.....	31
5 Datos proporcionados por los diferentes departamentos del ingreso de visitantes .....	33
6 Composición de las muestras de compost enviadas al Laboratorio de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos.....	42
7 Población muestral de visitantes del Parque Vacacional.....	45
8 Población muestral de empleados del Parque Vacacional.....	45
9 Componentes físicos de la materia biodegradable, recuperable y no recuperable del Parque Vacacional.....	46
10 Población muestral de visitantes y empleados del Parque Acuático.....	47
11 Componentes físicos de la materia biodegradable, recuperable y no recuperable del Parque Acuático.....	48
12 Población muestral de visitantes y empleados del Parque Temático.....	49
13 Componentes físicos del material biodegradable recuperable y no recuperable del Parque Temático.....	49
14 Resumen de la producción de residuos sólidos, incluyendo su respectiva categoría de los 3 Parques.....	50
15 Densidades de material biodegradable, recuperable y no recuperable (compactada) de los tres parques.....	51
16 Análisis de materia orgánica inicial sin compostar.....	51
17 Análisis de compost producido en el área de Samalá.....	52
18 Cuadro comparativo de contenido en metales pesados en ppm de diferentes residuos orgánicos.....	52
19 Especificaciones para áreas de cocinas y bodegas de A & B.....	73
20 Especificaciones para el hotel.....	73
21 Especificaciones para área de vestidores e instalaciones sanitarias.....	73

22	Especificaciones para área de restaurantes y oficinas administrativas.....	73
23	Especificaciones para área de caminamientos y área de piscinas.....	74
24	Especificaciones para área de talleres y desechos de construcción.....	74
25	Especificaciones para área de restaurante Gran Chac, Comedor de empleados y bodega de A & B.....	77
26	Especificaciones para puestos de venta, caminamientos y área de piscinas.....	77
27	Especificaciones para oficinas administrativas.....	77
28	Especificaciones para área de vestidores e instalaciones sanitarias.....	77
29	Especificaciones para cocinas y comedores de empleados.....	80
30	Especificaciones para puestos de venta de alimentos.....	80
31	Especificaciones para caminamientos.....	80
32	Especificaciones para oficinas administrativas.....	80
33	Especificaciones para áreas de souvenirs.....	80

## LISTA DE GRÁFICAS

Gráfica	Página	
1	Peso promedio de los desechos sólidos de los tres parques, muestreados en 7 días.....	44
2	Distribución de la producción de desechos sólidos de los cuatro sectores del Parque Vacacional.....	46
3	Producción de desechos sólidos de acuerdo a su categoría, en el Parque Vacacional.....	46
4	Composición física de los desechos sólidos de los cuatro sectores del Parque Vacacional.....	47
5	Producción de desechos sólidos de acuerdo a su categoría, en el Parque Acuático.....	48
6	Producción de desechos sólidos de acuerdo a su categoría en el Parque Temático.....	49
7	Producción de desechos sólidos de acuerdo a su categoría, en los tres parques en estudio.....	50

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figuras</b>	<b>Página</b>
1 Rotulación de Bolsas de Muestreo.....	30
2 Medición de Densidad Compactada (Agujero Excavado).....	37
3 Restos de Alimentos.....	39
4 Hojarasca.....	39
5 Plásticos.....	39
6 Cajas de Cartón.....	39
7 Vasos de Cartón de Xocomil.....	39
8 Separación de material biodegradable y no biodegradable.....	40
9 Separación de material biodegradable y no biodegradable.....	40
10 Separación de material biodegradable y no biodegradable.....	40
11 Pesaje de cada componente.....	41
12 Área de Selección del Parque Acuático.....	41
13 Área de Pesaje del Parque Acuático.....	41
14 Ingreso de los Residuos sólidos.....	53
15 Área de carga al pick up para salida de los residuos sólidos...	53
16 Estación de Ttransferencia de la Hacienda.....	53
17 Estación de transferencia de la Isla.....	53
18 Recipiente de basura de caminamientos.....	54
19 Área de selección del Parque Vacacional y Temático.....	54
20 Transporte de residuos con carretillas.....	54
21 A Inicio del compostaje.....	55
20 Compostaje en últimas fases de volteo.....	55
22 Área de manejo de almacenaje de materia orgánica.....	55
21 Área de relleno sanitario.....	55
22 Transporte de residuos sólidos del Parque Acuático.....	57
23 Estación de selección del Parque Acuático.....	58
24 Estación de transferencia de Marisquería.....	59
25 Estación de transferencia de Italia.....	59
26 Estación de transferencia de España.....	59
27 Recipiente de basura.....	68
27 Carretilla recipiente de basura.....	68
28 Para materiales recuperables y no recuperables.....	69

29	Carretones de recolección sin tapadera.....	69
30	Carretones de recolección con tapadera.....	69
31	Carretón móvil modelo de Gustavo Molina vista trasera.....	71
31	Carretón móvil modelo Gustavo Molina vista delantera.....	71
32	Diseño fosfatado.....	72
33	Diseño de tapadera de recipiente de basura de caminamientos	74

## LISTA DE APENDICES

Apéndices	Página	
1	Apéndice 1 FORMAS DE TRABAJO DE CAMPO PARA LA CARACTERIZACION.....	96
	<input type="checkbox"/> Forma No. 1 A. de evaluación de PPC Parque Vacacional.....	96
	<input type="checkbox"/> Forma No. 1 B de evaluación de PPC Parque Acuático Xetulul.....	96
	<input type="checkbox"/> Forma No. 2 A Composición de los residuos y densidad Parque Vacacional.....	97
	<input type="checkbox"/> Forma No. 2 B Composición de los residuos y densidad Parque Acuático y Temático.....	98
2	Apéndice 2 Resultados de laboratorios	
	<input type="checkbox"/> LABIND.....	99
	<input type="checkbox"/> FACULTAD DE AGRONOMIA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS.....	105
3	Apéndice 3 Métodos de laboratorio para compost.....	108
4	Apéndice 4 GLOSARIO.....	119
5	Apéndice 5 CUADROS DE REFERENCIA.....	121
	<input type="checkbox"/> Cuadro A: Resumen del promedio de pesos de los cuatro sectores muestreados del parque Vacacional durante los siete días de muestreo.....	
	<input type="checkbox"/> Cuadro B: Pesos de los componentes muestreados de los Parques Acuático y Temático.....	

## RESUMEN

Se realizó la caracterización y ordenamiento del manejo de residuos sólidos de los tres parques, Acuático Xocomil, Vacacional Tzapotitlán y Temático Xetulul del Complejo IRTRA, ubicado en San Martín Tzapotitlán, Retalhuleu. La finalidad principal de este estudio fue desarrollar el Manejo Integral de Desechos Sólidos en los parques para evitar la contaminación de los ecosistemas a través de las actividades de recreación en el área y determinar que unidades de tratamiento eran las más convenientes para el tratamiento de sus residuos sólidos. Además, este modelo desarrollaría un procedimiento y fórmulas base para aplicarlos en proyectos hoteleros y de recreación.

Para realizar la caracterización se delimitó el área de estudio y se realizaron los análisis físicos de los residuos sólidos, que incluían la producción per cápita por día de basura (PPC), la prueba de densidad y la prueba de composición física. Asimismo, se efectuaron los análisis físico-químicos de la materia biodegradable en el laboratorio. Seguidamente, para desarrollar el ordenamiento del manejo de residuos sólidos en los parques, se realizó una evaluación a través de la visita a todas las áreas.

Se obtuvieron los siguientes resultados de la caracterización de los residuos sólidos de los tres parques. La PPC del parque Vacacional es de 2.13 kg/visitante/día, la del parque Acuático es de 0.18 kg/visitante/día y la del Temático es de 0.38 kg/visitante/día; la composición física de los desechos sólidos de los tres parques, es la siguiente: el 57% es materia biodegradable, el 38 % es material no recuperable y el 5 % es de material recuperable. En el caso de las pruebas físico-químicas, la humedad de la materia orgánica inicial es en promedio de 58.42% y el pH es en promedio de 6.35; el Compost tiene un pH promedio de 7.6, no tiene problemas con metales pesados pero si posee un bajo contenido de humedad (16%,) y la relación de C :N es en promedio de 9 : 1, muy baja.

Se concluyó que la producción de desechos sólidos en hotelería y parques recreativos difiere significativamente en comparación a las áreas urbanas. Asimismo, existe una diferencia entre parques la cual depende del tipo de servicios y funcionamiento de cada uno.

De acuerdo a los resultados obtenidos en la caracterización de los desechos sólidos de los tres parques, las unidades de tratamiento que se recomiendan para el manejo integrado son un vertedero controlado para los desechos no recuperables y cámaras de compostificación para la materia biodegradable. Aunque únicamente el 5% del total de los desechos de los tres parques es material recuperable, se recomienda que se construya un área de selección y almacenaje para este tipo de residuos, para financiar con los ingresos de la venta de los mismos, un programa de educación ambiental. Respecto a las condiciones del Compost, aunque no son las óptimas, este es un regenerador de suelos que puede ser mejorado a través de futuros trabajos de investigación.

Finalmente, se concluye que el esfuerzo que realiza el IRTRA, como una de las pocas instituciones de la empresa privada en Guatemala, para manejar, al menos empíricamente sus residuos sólidos, es significativos. No obstante, de acuerdo al análisis de la información generada en el presente estudio, el manejo de los desechos es inadecuado, provoca problemas de contaminación y el rendimiento de las unidades de tratamiento no es el óptimo.

La institución debe desarrollar un manejo técnico y diseñar las unidades de tratamiento en otro sitio, para alcanzar un manejo integral de desechos sólidos. Esto se deberá evaluar en el siguiente proyecto de tesis.

## I. INTRODUCCIÓN

Este trabajo es la primera fase del Estudio del Manejo Integral de Desechos Sólidos realizado para el Complejo de Parques del Instituto de Recreación de los Trabajadores de la Empresa Privada de Guatemala (IRTRA): Acuático Xocomil, Vacacional Tzapotitlán y Temático Xetulul, ubicados en San Martín Tzapotitlán, Retalhuleu. Este incluye, la caracterización y el ordenamiento del manejo de residuos sólidos de los tres parques, cuyos resultados proporcionarán la base para continuar con la segunda fase que contendrá el diseño de las unidades de tratamiento, más adecuadas, conjuntamente con sus respectivos aspectos de operación y mantenimiento (otro proyecto de tesis de maestría). Esta institución proporcionó parte del financiamiento para este estudio, que incluyó todos los materiales para el muestreo, hospedaje y alimentación para la tesista y sus asesores. El laboratorio LABIND financió los gastos de los análisis de su laboratorio y los del laboratorio de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos.

La primera parte de esta tesis que es una caracterización de desechos sólidos por sector consistió en efectuar un muestreo *in situ* en donde se determinaron: la producción de desechos per cápita por día (PPC), la composición física o diferentes tipos de desechos que se generan en el complejo recreativo y la prueba de densidad. Asimismo, se colectaron muestras de materia orgánica en el campo y se enviaron al laboratorio para su análisis físico-químico. Una muestra se obtuvo del compost producido empíricamente y la otra muestra se obtuvo de la materia orgánica inicial homogenizada. La segunda parte consistió en el desarrollo de un programa de manejo de desechos sólidos y educación ambiental, con respecto al correcto manejo de las basuras, tanto para empleados como para visitantes. Se debe mencionar que algunos elementos importantes que se desarrollaron durante el proceso del estudio fueron la experimentación, educación y capacitación en la materia de desechos sólidos no realizada anteriormente en IRTRA.

El correspondiente trabajo de investigación se encuentra fundamentado en el diseño y procesos que corresponden al proyecto piloto de Alameda Norte, proyecto municipal experimental de escala natural (que sirve a una comunidad periurbana de 500 habitantes de la zona 18 de la ciudad capital, ininterrumpidamente desde su inauguración, en 1984) el cual ha sido, durante 18 años, un ejemplo en Guatemala de eficiencia y efectividad en el campo de manejo de desechos sólidos.

Se debe hacer énfasis de que la implantación de un sistema de manejo de desechos sólidos en el país, especialmente en la costa sur y desarrollado por la iniciativa privada, lo hace un proyecto novedoso.

De la caracterización realizada en esta tesis se propondrán las unidades de tratamiento y disposición final más adecuadas y una propuesta de manejo integral de los desechos sólidos. Estos resultados serán la base para realizar el diseño de una planta de tratamiento de residuos sólidos para este complejo recreativo del IRTRA en Retalhuleu.

## II. Justificación

El Ecoturismo de “bajo impacto” es una de las herramientas más importantes en lo que respecta a Educación Ambiental. En Guatemala, casi no existen Parques Recreativos ni Hoteles que hayan implementado un manejo integrado de los desechos sólidos. Este tipo de establecimientos generan desechos orgánicos diariamente, provenientes de los desperdicios de alimentos e inorgánicos de empaques como vasos desechables, cajas de cartón, papel, aluminio, entre otros. El Complejo de Parques Recreativos del IRTRA en la Costa Sur, atrae a muchos visitantes a nivel nacional e internacional, por lo cual por el consumo de alimentos y servicios generalmente se producen considerables cantidades de residuos sólidos.

Actualmente, el IRTRA en Retalhuleu, realiza un esfuerzo positivo a través de un tratamiento empírico de los desechos sólidos ubicado en un área cercana a un lecho del río Samalá. Los residuos de alimentos y papel higiénico, se utilizan para compostaje del cual se obtiene abono orgánico para sus áreas de jardines. El inconveniente de este manejo es que, por la falta de protección de los suelos, se podría provocar una contaminación del manto freático por la filtración de lixiviados. Asimismo, por encontrarse a la intemperie existe el problema de crecimiento de plagas.

En el caso de los residuos inorgánicos, se separan en diferentes pilas colocadas sobre el suelo de acuerdo a los diferentes componentes. El problema es que al igual que las pilas de Compost, se encuentran descubiertas y proporcionan refugio, sitios de anidamiento y alimento para las plagas.

Con respecto a los materiales no recuperables, éstos se entierran en agujeros que no han sido diseñados técnicamente para ser rellenos sanitarios. Otro de los peligros más importantes, en este caso, radica en su ubicación actual. El río Samalá ha ido retornando a su cauce original durante el invierno y se ha erosionado una parte considerable de terreno durante el transcurso de los años, por lo cual se tiene el riesgo de que el relleno y las pilas pudieran ser arrastrados por el río y así contaminarlo acarreado el material aguas abajo.

El servicio y manejo de residuos sólidos municipal de la región es deficiente, por lo tanto ésta no sería una opción adecuada para un manejo de basuras que no conllevara contaminación e impactos al ecosistema, localizándose los sitios de disposición (inadecuados) de los residuos sólidos quedan muy retirados de las instalaciones del IRTRA en Retalhuleu.

El presente proyecto proporciona no solamente al IRTRA sino también a todos los proyectos del Programa ECOTURISTICO de Guatemala y Centroamérica una opción de manejo adecuada e integral de desechos sólidos. Asimismo, representa un ejemplo a seguir digno de ser visitado para fines demostrativos por sus características novedosas, una vez construido y en funcionamiento. La primera fase desarrollada en este documento provee una base para la caracterización de desechos sólidos de instalaciones de Hotelería y Parques Recreativos con su respectivo programa de educación ambiental. Asimismo, esta fase será la base para la segunda etapa complementaria, puesto que con los resultados de ésta caracterización, se desarrollará el diseño de las unidades de tratamiento y disposición final contemplando los aspectos correspondientes a la operación y mantenimiento, adaptados a las necesidades de la Hotelería, los Restaurantes y los Parques Recreativos.

Adicionalmente, a través de una caracterización de desechos sólidos se puede obtener un ahorro en la fase de construcción de plantas al determinar exactamente el tipo y dimensión de la infraestructura necesaria como parte de un proyecto técnico integral.

### III. MARCO CONCEPTUAL

#### A. Desechos Sólidos

De acuerdo a Deffis Caso (1991:165), los desechos sólidos comprenden todos los residuos que provienen de actividades humanas y de producción animal, que normalmente son sólidos y que son desechados como inútiles y superfluos. Estos pueden ser recuperables y no recuperables.

**1. Desechos Sólidos Recuperables.** Los desechos recuperables son aquellos que una vez seleccionados pueden re-utilizarse y / o venderse a diferentes industrias como vidrio, papel, cartón, trapo, hueso, metal y otros. A continuación se encuentra una descripción breve de sus características y sus usos (Deffis Caso, 1991:165):

**a. Vidrio.** El vidrio se selecciona de acuerdo al color: blanco, ámbar y verde. El vidrio blanco se utiliza en la elaboración de todo tipo de envases; el ámbar se usa para la fabricación de botellas de cerveza y vino de mesa. El vidrio verde se utiliza para la elaboración de recipientes de menor calidad y para la fabricación de artesanías de vidrio soplado. El vidrio es uno de los productos ideales para reciclado, en virtud de que se puede fundir gran cantidad de veces sin perder sus características.

**b. Cartón.** El cartón de empaque, debido al tamaño de su fibra, puede reciclarse para la elaboración de papel. Para su venta deben hacerse pacas de un tamaño y peso determinados para facilitar su manejo. Este tipo de cartón se utiliza como materia prima para las empresas que se dedican a manufacturar cartón tipo Kraft.

**c. Papel.** El papel que contiene la basura, dependiendo del grado de limpieza, se puede clasificar en dos grupos: papel comercial y doméstico. Papel comercial es aquel que se recolecta en oficinas y comercios, que en general es de buena calidad y limpio. Papel doméstico, se encuentra mezclado con desechos orgánicos de toda clase y es bastante sucio. Ambos tipos de papel se utilizan como materia prima por las industrias papeleras que se dedican a la fabricación de cartón gris, cartoncillo, envases de tomate, cajas de zapato, tapas para huevos, cajas para granjas avícolas y láminas acanaladas.

**d. Plásticos:** Tanto el plástico rígido como la película plástica (polietileno) son reciclables. También se reutilizan algunas botellas y recipientes de recipientes de este material para envasar productos líquidos de poco valor, como blanqueadores y detergentes. Los productos finales que se pueden obtener son variados, entre los que se cuentan vasos ligeros, platos sencillos, utensilios para cocina y similares.

**e. Trapo.** El trapo está constituido principalmente por algodón, fibra sintética y la mezcla de ambos. Para recuperarlo se lava con hipoclorito de calcio, se desgarran mecánicamente y de este proceso se obtienen estopa, papel o relleno para muebles.

**f. Hueso.** Este material tiene demanda como alimento para ganado, alimentos balanceados para animales en general y para la fabricación de abonos fosfóricos cuando se somete a una pulverización. Con la materia prima se pueden hacer botones o artesanías.

**g. Madera.** La madera que se logra recuperar se utiliza para la fabricación de aglutinados (novopán) que pueden usarse para puertas de tambor, muebles, divisiones, entrepaños para closet y como elementos básicos del amueblado del hogar. De la madera, mediante ciertos procesos químicos más complicados, también se puede obtener "lignina" y "celulosa" que sirven como materia prima para la industria del papel.

**h. Metales.** De los metales recuperados, la mayor parte está constituida por cobre, aluminio, bronce y fierro. Todos estos metales, una vez recuperados, se someten a fundición para su moldeado y para la obtención del producto final que se desee, por ejemplo, hilos metálicos niquelados y moldeados, clips, pinzas para el pelo, adornos, etc.

**2. Desechos Sólidos no Recuperables.** Los no recuperables pueden ser peligrosos, muchos de ellos, nocivos o inertes. Entre los no recuperables nocivos se encuentran aquellos desperdicios provenientes de hospitales que no pueden ser acopiados, sino que deben incinerarse en forma rápida y continua. A diferencia, los no recuperables inertes son aquellos desperdicios como piedras, tierra, materiales de construcción y similares, que sólo pueden usarse como material de relleno.

**3. Desechos Sólidos Orgánicos.** Se cuenta también con residuos sólidos orgánicos que constituyen en casi todos los casos en nuestro medio más del 50% del total de los residuos domésticos. Este tipo de material de desecho puede, mediante sencillos tratamientos, transformarse en fertilizantes, alimentos para animales, material para la construcción y otras numerosas aplicaciones.

**4. Compostificación.** El Compost es un producto negro, homogéneo y por lo regular, de forma granulada sin restos gruesos. Al mismo tiempo es un producto húmico y cálcico. Éste se obtiene a partir de la fermentación de basura orgánica. Compostaje o compostificación se le llama a la producción del Compost (Deffis Caso, 1991:126).

## **B. Efectos de los desechos sólidos en la salud**

La importancia de los desechos sólidos como mecanismo de transmisión de enfermedades no está bien determinado. No obstante, a continuación se identifican riesgos que van asociados a efectos directos e indirectos a la salud (Deffis Caso, 1991:21).

Efectos directos: estos se refieren al contacto ocasional directo con la basura, que algunas veces contiene excremento humano, de animales y restos de otros agentes que pueden ser fuente de transmisión de enfermedades de los cuales los recolectores y personas encargadas del servicio de recolección, son los mayormente afectados.

Efectos indirectos: estos están vinculados a la proliferación de vectores de importancia sanitaria y de molestias públicas entre los que se encuentran: moscas, mosquitos, ratas, cucarachas que encuentran en los botaderos residuos sólidos su medio alimenticio y hábitat, transmitiendo enfermedades que van desde fiebre tifoidea, salmonelosis, disenterías, intoxicaciones alimenticias, diarreas, malaria, dengue, fiebre amarilla, peste bubónica, *Tifus murino*, leptospirosis y rabia, entre otras. Otro de los efectos indirectos asociados a los desechos sólidos, son los accidentes aéreos y terrestres, causados por la poca visibilidad al producirse incendios, humo y aves en los botaderos de basura mal proyectados, ubicados cerca de aeropuertos y carreteras. Esto, además de las molestias por malos olores provenientes de los botaderos de basuras mal dispuestos, que también conllevan contaminación de cuerpos de agua por lixiviación.

## **C. Efectos de los desechos sólidos en el medio ambiente**

El efecto ambiental más prominente de los desechos sólidos al ambiente, es el deterioro estético del paisaje natural y de la ciudad. Entre los que afectan a la ciudad se mencionan: contaminación del agua, suelo y aire (Deffis Caso, 1991:29).

**1. Contaminación del agua.** La contaminación del agua es el problema más grave que afecta el ambiente. Ésta se da tanto en las aguas superficiales como en las subterráneas, por el vertido directo de las basuras a los ríos y quebradas y por la mala disposición de líquido percolado (lixiviado) producto de los botaderos a cielo abierto. En los ríos, estas descargas provocan el incremento de la carga orgánica y disminuye el oxígeno disuelto;

aumentan los niveles de nutrientes y algas que dan lugar al fenómeno de eutrofización en los cuerpos béticos de aguas. Esto conlleva la muerte de peces, generando malos olores, deteriorando el aspecto estético y causando la pérdida del recurso agua como fuente de abastecimiento a poblados. Por otro lado, las descargas de basura a las corrientes de agua o su vertido a las vías públicas traen consigo la disminución de los cauces naturales, canales y la obstrucción de las alcantarillas; provocando inundaciones y con ello pérdida de bienes e inclusive vidas humanas. En el caso del manto friático, este se puede contaminar cuando se encuentra muy cerca de las capas superficiales del suelo y los lixiviados no son tratados y/o re-circulados, provocándose problemas cuando el agua se utiliza para consumo humano.

**2. Contaminación del suelo.** El abandono y la acumulación de desechos sólidos a cielo abierto es causa del deterioro estético y desvalorización del terreno propio, como de las áreas adyacentes. Esto es debido a la contaminación causada por distintas sustancias contenidas en la basura y la falta de control.

**3. Contaminación del aire.** Es evidente el impacto negativo que causan los vertederos a cielo abierto, por medio de los incendios y el humo que reduce la visibilidad causando irritaciones nasales y de la vista, además del incremento de afecciones pulmonares, aunados a las molestias originadas por los malos olores.

## **D. Muestreo**

El muestreo de los desechos sólidos es fundamental para permitir conocer las características de los residuos sólidos del lugar en estudio y contar con los antecedentes necesarios para dar la correcta solución a los problemas planteados (Sakurai, 1981:5). Asimismo, de acuerdo a ARMSA (1996:1), el análisis de residuos es útil (y en muchos casos necesario) para delimitar actividades vinculadas con las instalaciones correspondientes a sistemas de tratamiento de una planta de desechos sólidos, como lo son la planificación y diseño de plantas de tratamiento, determinación del adecuado funcionamiento de las mismas, estudios pilotos y la investigación de métodos de reciclaje, eliminación y tratamiento.

Los volúmenes de producción y características de residuos sólidos son muy variables dependiendo del lugar, los diferentes hábitos y costumbres de la población, las actividades dominantes, el clima, el estatus o nivel social, la población, las estaciones del año, los hábitos de consumo, la estructura económica del entorno, las motivaciones exteriores de consumo y otras condiciones locales que se modifican con el transcurso de los años (Sakurai, 1981:5).

Estas variaciones influyen mucho en la búsqueda de la solución más apropiada a los problemas involucrados en las operaciones del manejo de residuos sólidos. Las operaciones básicas a las que es necesario dar solución son las siguientes: el almacenamiento, la recolección, transporte y la disposición final.

Para principiar, se deben determinar las características de los receptáculos para almacenamiento de los desechos sólidos respecto a la forma, tamaño y material, a fin de asegurar su fácil manejo y condiciones higiénicas. El tamaño se debe determinar con base a la frecuencia de recolección, al volumen de producción de basura per cápita per día y a la densidad del material generado.

Seguidamente, se debe determinar la frecuencia de recolección y seleccionar el tipo, capacidad, etc., de los vehículos recolectores a emplear. En la determinación de la frecuencia se necesita tener en cuenta los siguientes factores:

- Composición física de la basura (contenido de desperdicios y humedad)
- Condiciones climáticas
- Consideraciones sanitarias (ciclo de la mosca, etc.)
- Recurso disponible para recolección

Finalmente, corresponde seleccionar el sistema de disposición final más conveniente. Esto debe hacerse desde el punto de vista sanitario y económico.

Es indispensable que para diseñar un proyecto de manejo integral de desechos sólidos se identifiquen las características cuantitativas y cualitativas de los residuos sólidos actuales del lugar así como sus proyecciones futuras. Estos conocimientos son fundamentales para el cumplimiento de las siguientes tareas:

- Planeamiento adecuado del servicio de tratamiento de residuos sólidos a corto y largo plazo.
- Dimensionamiento de las unidades de tratamiento.
- Selección de equipos y tecnologías apropiadas

**1. Técnicas de muestreo.** Generalmente, la cantidad y la composición de los desechos sólidos llevados al sitio de disposición final difieren considerablemente de las basuras generadas y/o recolectadas, debido a la actividad de recuperación de materiales, tales como: papeles, cartón, tela, vidrios y metales. Puesto que existe esta recuperación de material desde la fuente de generación, recolección, transporte y disposición final, es necesario seleccionar la etapa más apropiada para la toma de la muestra teniendo en cuenta el tipo y motivo del análisis. En algunos casos, cuando se trate de determinar el volumen necesario de recipientes para basura domiciliar o identificar el potencial de industrialización de la basura, se debe analizar en el punto de generación. Esto es posible mediante el muestreo en las fuentes. En cambio, cuando se pretende

determinar la capacidad de los camiones recolectores y los rellenos es mejor tomar la muestra llevada al sitio de disposición final (Sakurai, 1981:5).

Otras bases para determinar el muestreo y los análisis a realizarse son las siguientes: la forma en que se recogen: combinados y mezclados; y por lugares de donde se colectan como caminamientos, jardines, hoteles, parques, etc.

Las muestras de los residuos para compostaje tienen que ser pequeñas y estar bien trituradas y homogenizadas para que los análisis químicos sean representativos y exactos y se puedan repetir. Es necesario separar todos los componentes que no se pueden triturar bien, los cuales se pueden analizar por estimación en vez de hacerlo mediante procedimientos de laboratorio. Las categorías de clasificación difieren de un investigador a otro, pero a continuación se relacionan diez:

- |                        |   |
|------------------------|---|
| 1. Botes               | 7. Plásticos, cuero, caucho                       |
| 2. Botellas            | 8. Madera, ramas, aserrín                         |
| 3. Metales férricos    | 9. Residuos de alimentos, hojarasca y grama       |
| 4. Metales no férricos | 10. Ladrillos, piedras, polvo, escorias y cenizas |
| 5. Trapos              |   |
| 6. Papel               |   |

La mejor forma de medir las cantidades de residuos es pesarlas y expresarlas en kilogramos <<per cápita>> al año o al día. Determinando el peso y el volumen por categorías de componentes que entran en los residuos, es posible reconstruir sobre el papel la composición de las muestras. Algunas autoridades creen que este procedimiento da resultados más exactos que triturar y analizar las muestras de residuos sin separarlas en sus componentes.

**2. Determinación de la población muestral.** En un programa de evaluación por muestreo, lo primero y lo importante a determinar es el tamaño de la muestra. Si la muestra es muy grande, los recursos se gastan innecesariamente y si por el contrario es muy pequeña, los resultados son de escasa utilidad. Por lo tanto es necesario fijar un tamaño de muestra tal que los resultados a obtener reflejen cierto grado de confianza y reduzcan porcentajes de error de las condiciones prevalecientes en el universo poblacional (Sakurai, 1981:5).

**3. Análisis físico de los residuos sólidos.** Para este tipo de análisis debe tomarse en cuenta el siguiente tipo de variables (Sakurai, 1981:5):

- a. **Producción per cápita por día de basura (PPC).** Es el peso promedio en kilogramos producida por persona y por día.
- b. **Prueba de densidad.** Es la medición de la densidad de la basura tomando en

cuenta el peso y el volumen. La densidad de la basura latinoamericana es superior a la de los países industrializados por su menor contenido de papeles y plásticos y por su mayor contenido de humedad.

**c.Prueba de composición física.** En esta prueba se determina el tipo de desechos sólidos que se encuentran en la muestra.

4. **Análisis de residuos y productos de tratamientos.** Varias de las pruebas químicas que se realizan con los residuos que se tratan bacteriológicamente son valiosos para regular el ciclo de producción y controlar la calidad del compostaje. Entre éstas se encuentran el pH, humedad, contenido de materia orgánica, carbono, nitrógeno, fosfatos, potasio magnesio, sodio, calcio, cobre, zinc, hierro, manganeso y la relación de carbono y nitrógeno.

Se recomienda hacer el muestreo y la preparación de las muestras rápidamente para evitar que la proporción de humedad contenida varíe mucho (ARMSA, 1996:2).

## **E. Ordenamiento del manejo de desechos sólidos**

1. **Cadena de Eliminación.** Para realizar un ordenamiento de los desechos sólidos se debe tomar en cuenta la cadena de eliminación que comprende las siguientes actividades (Szantó, 1996:22):

**a.Prerrecogida.** La acumulación de los residuos en uno o varios recipientes o cuartos de basura apropiados está a cargo de los usuarios, para ser recogida, en la fecha y hora establecidas.

**b.Recogida.** Mediante vehículos especializados se realiza la operación de recogida y vaciado de todos los recipientes mencionados.

**c.Limpieza.** Barrido y lavado de calles, aceras, recogida de desperdicios (papeles, botellas, deposiciones de animales, etc.), limpieza de parques, jardines, etc.

**d.Transporte.** Centralización de los residuos en estaciones de transferencia, cuando el centro de tratamiento se encuentra lejos de los puntos de recogida.

Otras palabras importantes para comprender el contenido de este documento se encuentran en el glosario en el apéndice 4.

## IV. ANTECEDENTES

### A. Generación de residuos en Latinoamérica

Según informes de la Oficina Panamericana de la Salud/ Organización Mundial de la Salud, la generación de residuos sólidos en América Latina, varía de 0,3 a 0,8 Kg/hab-día (Szantó,1996:6).

### B. Generación de residuos sólidos en Guatemala

Según estudios el Ministerio de Salud (MSPAS) y de la Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA – actualmente Ministerio del Medio Ambiente), en el año de 1995 solo en la ciudad capital de Guatemala se generaron más de 600,000 toneladas de basura, y en el resto del país, se generaron 500,000 toneladas. El problema básico en la generación de desechos sólidos es la creciente tendencia hacia el consumismo. En el cuadro 1 se puede observar los kg/hab./año de acuerdo a la producción de diferentes tipos de desechos sólidos.

**Cuadro 1 Producción de basura per cápita anual en el área Metropolitana y a Nivel Nacional.**

<b>COMPOSICIÓN DE LA BASURA</b>	<b>AREA METROPOLITANA* (kg/hab./año)</b>	<b>A NIVEL NACIONAL** (kg/hab./año)</b>
Materia Orgánica	63.00	17.80
Papel y Cartón	13.90	29.00
Madera, hojas	0.90	24.00
Textiles	3.60	1.60
Goma y cuero	0.80	2.60
Vidrio	3.20	10.40
Plásticos	8.10	3.50
Varios	6.20	11.10

Fuentes:\* Datos de 1995, MSPAS, CONAMA, 1995; datos de 1991, MSPAS, CONAMA, 1995:2.

### **C. Proyecto piloto Alameda Norte**

Guatemala cuenta con un proyecto piloto de manejo integral de desechos sólidos en el área urbana. El proyecto piloto Alameda Norte se encuentra localizado en la zona 18 de la ciudad capital. Éste tiene 18 años de operación continua y presenta resultados trascendentales y provechosos para el manejo y saneamiento ambiental urbano - rural. Además, constituye, al momento, la primera experiencia en el campo del tratamiento integral alternativo de desechos sólidos y líquidos en Guatemala.

La construcción de la Planta Integral de Tratamiento Alameda Norte fue resultado de una iniciativa tomada por la población de la colonia del mismo nombre a principios de la década de 1980. Creada como parte de un proyecto de relocalización de los afectados por el terremoto de 1976, la mayoría de sus visitantes llegó desde el interior del país a la Ciudad de Guatemala. Al principio, los moradores se limitaban a depositar los desechos sólidos en uno de los barrancos cercanos, justamente donde se construyó la planta. Sin embargo, comenzando los años 80, la población empezó a preocuparse por el problema de los desechos sólidos. Una organización comunitaria (en representación de la población) solicitó el apoyo de la Municipalidad de Guatemala para que prestara el servicio de recolección con un camión propio. El Programa de Medio Ambiente de la Municipalidad (1982 – 85) optó por plantear una solución diferente, de carácter integral local, con el objetivo de realizar un manejo integrado para el saneamiento ambiental. Así, se decidió establecer un sistema integral que incluía la construcción de una planta de manejo integral de desechos sólidos y líquidos. La decisión fue tomada por dos razones principales: por un lado, la distancia de esta colonia al botadero de “El Trébol” era demasiado larga (18 km), por lo que no resultaba rentable realizar la recolección y transporte con un camión y, por otro lado, el acceso a la colonia resultaba difícil en un camión de recolección debido a lo estrecho de sus calles que en su mayoría son caminos peatonales.

Debido a que las características geográficas, topográficas y demográficas de la colonia Alameda Norte y Alameda II se repiten en toda la periferia de la ciudad de Guatemala, la construcción de esta planta tenía la función de un proyecto piloto escala natural, susceptible de una difusión posterior.

La producción para el sistema integrado alternativo de Alameda Norte se determinó a partir de la generación per-cápita de desechos sólidos y posteriormente de acuerdo a coeficientes técnicos se ha calculado la producción de compost para la misma planta.

La parte correspondiente a la planta de tratamiento y reciclaje de desechos sólidos Alameda Norte funcionó originalmente a partir de la separación domiciliar de basuras o desechos sólidos, efectuada por los usuarios capacitados para el efecto; previo a la recolección. Es ideal, para facilitar el manejo de los desechos (selección, tratamiento y disposición) que en cada casa se

realice una separación preliminar entre material biodegradable y no biodegradable y que al momento de recolectarse se deben recibir separadamente.

Se ha decidido tomar el proyecto de Alameda Norte como modelo para este estudio, pues no solamente su funcionamiento autosostenible ha sido ininterrumpido por 18 años, las unidades de tratamiento y su operación no son complejas, sino que también se observó su exitoso funcionamiento durante varias visitas de campo a la planta. La recolección de desechos sólidos se realiza con carretillas de mano en un radio no mayor de 1000 metros. Una vez llenadas las carretillas se llevan a las subsecciones de la selección manual de objetos recuperables o reciclables y almacenaje de los mismos. Posterior a esto, se pasa la fracción biodegradable a las cámaras de compostaje y los rechazos inertes resultantes de la clasificación de la parte no biodegradable se envían al relleno sanitario manual local.

Las características de la planta de tratamiento de desechos sólidos "Alameda Norte" son las siguientes:

- Personas servidas: aproximadamente 5,000 (800 familias), en un 75%
- Producción anual estimada de basura: 684 Tm/año
- Producción anual estimada de compost: 230 Tm/año

Las cámaras de compostaje, 12 en total colocadas de forma escalonada, 6 en primera etapa y 6 en la segunda, pendiente abajo, permiten el volteo manual de las basuras, según dos etapas y proveen una aireación no mecanizada por convección del aire introducido por debajo en zanjas con rejillas, el material sufre un calentamiento debido a la "exotermia" del proceso y sale por extractores giratorios colocados en el techo.

Partiendo de la generación per-cápita de desechos sólidos, se ha estimado la producción para el sistema integrado alternativo Alameda Norte y posteriormente de acuerdo a coeficientes técnicos se calcula la producción de compost para la misma planta.

Esta información fue obtenida de una comunicación personal con el Ingeniero Ambiental César Barrientos, (ARMSA, 2002:5), quien diseñó originalmente el sistema.

#### **D. Manejo integral de los desechos sólidos en San Lucas Sacatepéquez**

Este estudio trata sobre el manejo integrado de los desechos sólidos en San Lucas Sacatepéquez. Este análisis se realizó por medio de muestreos de las características socioeconómicas de la población, densidad poblacional por vivienda, ingreso por familia, voluntad de pago, aceptación a los diferentes servicios de recolección de desechos sólidos y otros; además

de la caracterización de los desechos sólidos. De acuerdo a la encuesta socioeconómica se ha podido determinar que la disponibilidad de pago para la recolección de la basura es de Q.13.15, el 65.75% de los habitantes están de acuerdo con un servicio de recolección municipal, 30.14% de la población tiene conocimiento sobre reciclaje y el 21.92% separa la basura. Con respecto a la caracterización, la PPC fue de 0.45 kg/háb./día y se realizó una comparación entre los RSU residuos sólidos domiciliarios y los residuos sólidos industriales RSI respecto a densidad (270 y 109.72 kg/m<sup>3</sup>, respectivamente), composición física (85.69 % materia biodegradable y 80.62 % de materiales no recuperables, predominó, respectivamente), análisis físico-químicos del Compost (ambos se encuentran entre los rangos aceptables de metales pesados y su relación de C:N no es la adecuada) y de poder calórico (3612.00 y 4225.54 cal/g, respectivamente). Con esta base se analizó seguidamente, las diferentes alternativas de tratamiento y disposición de desechos sólidos, selección del sitio de disposición final y análisis de costos preliminares. Dentro de las diferentes alternativas se propusieron el relleno sanitario manual y la planta de compostaje con vertedero controlado (De Franco, et al. 1996:75).

## V. OBJETIVOS

### A. Objetivo General

Desarrollar el Manejo Integral de Desechos Sólidos en el Complejo Recreativo del Instituto de Recreación de los Trabajadores de la Empresa Privada de Guatemala (IRTRA) que incluye los siguientes parques: Vacacional Tzapotitlán, Acuático Xocomil y Temático Xetulul para evitar la contaminación de los ecosistemas a través de las actividades de recreación en el área.

### B. Objetivos Específicos

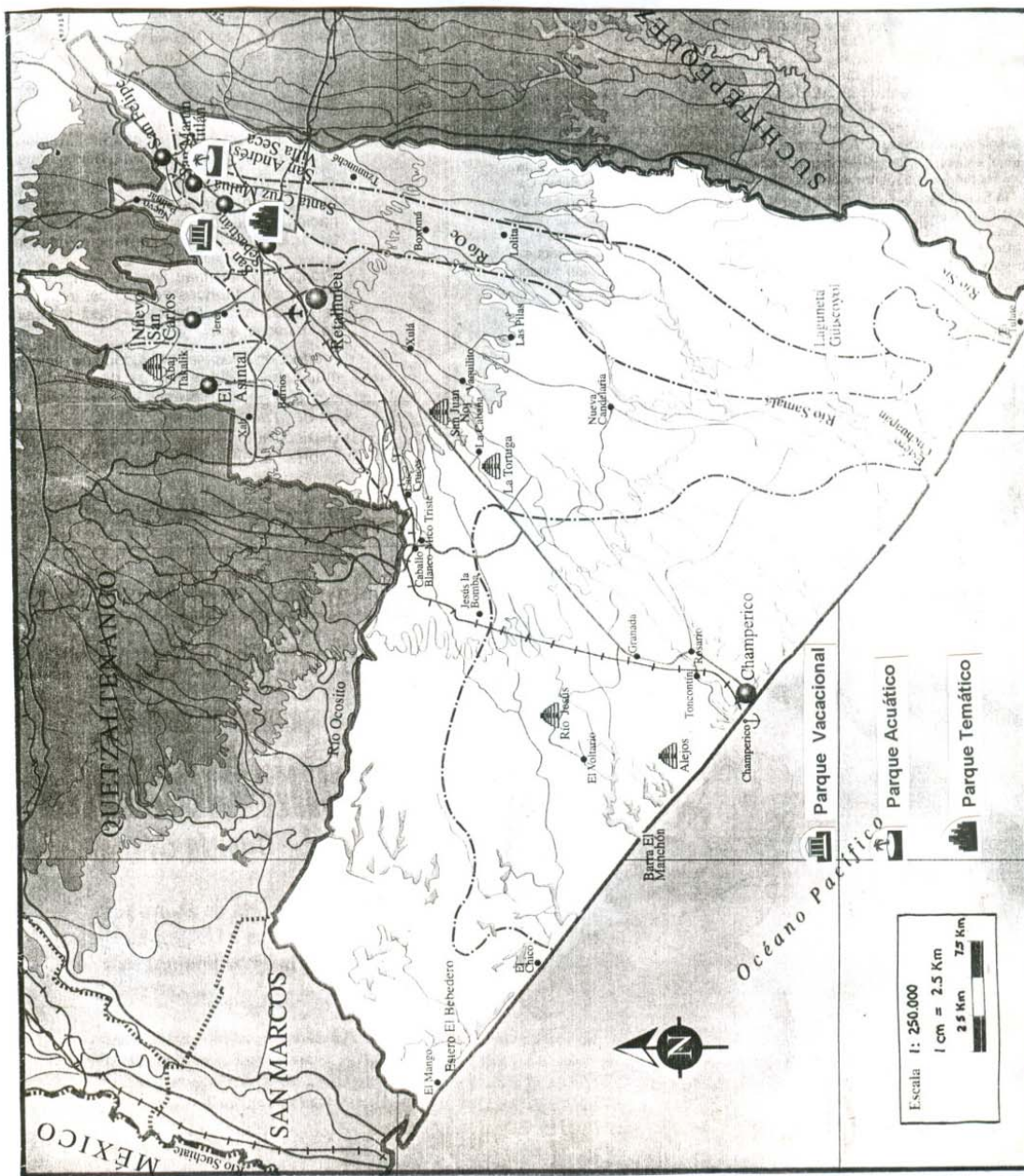
- Determinar la producción per cápita, densidad, composición física y química de los desechos sólidos, producidos en el complejo recreativo para poder proponer el diseño de las unidades más adecuadas de tratamiento y disposición final.
  
- De acuerdo al análisis del manejo actual, determinar cuál es la mejor alternativa de ordenamiento para el manejo eficaz de los residuos sólidos.

- Diseñar un programa de educación ambiental para enseñar y demostrar al público y empleados la necesidad de realizar un correcto manejo de los desechos sólidos.

## VI. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El complejo Recreativo del IRTRA en estudio está localizado en el km 180.5, Carretera a Quetzaltenango, San Martín Tzapotitlán, Retalhuleu, en la zona sur-occidental del país (ver Mapa 1).

Mapa 1 Localización del Complejo Recreativo IRTRA, Parque Temático Xetulul, Parque Acuático Xocomil y Parque Vacacional Tzapotitlán.

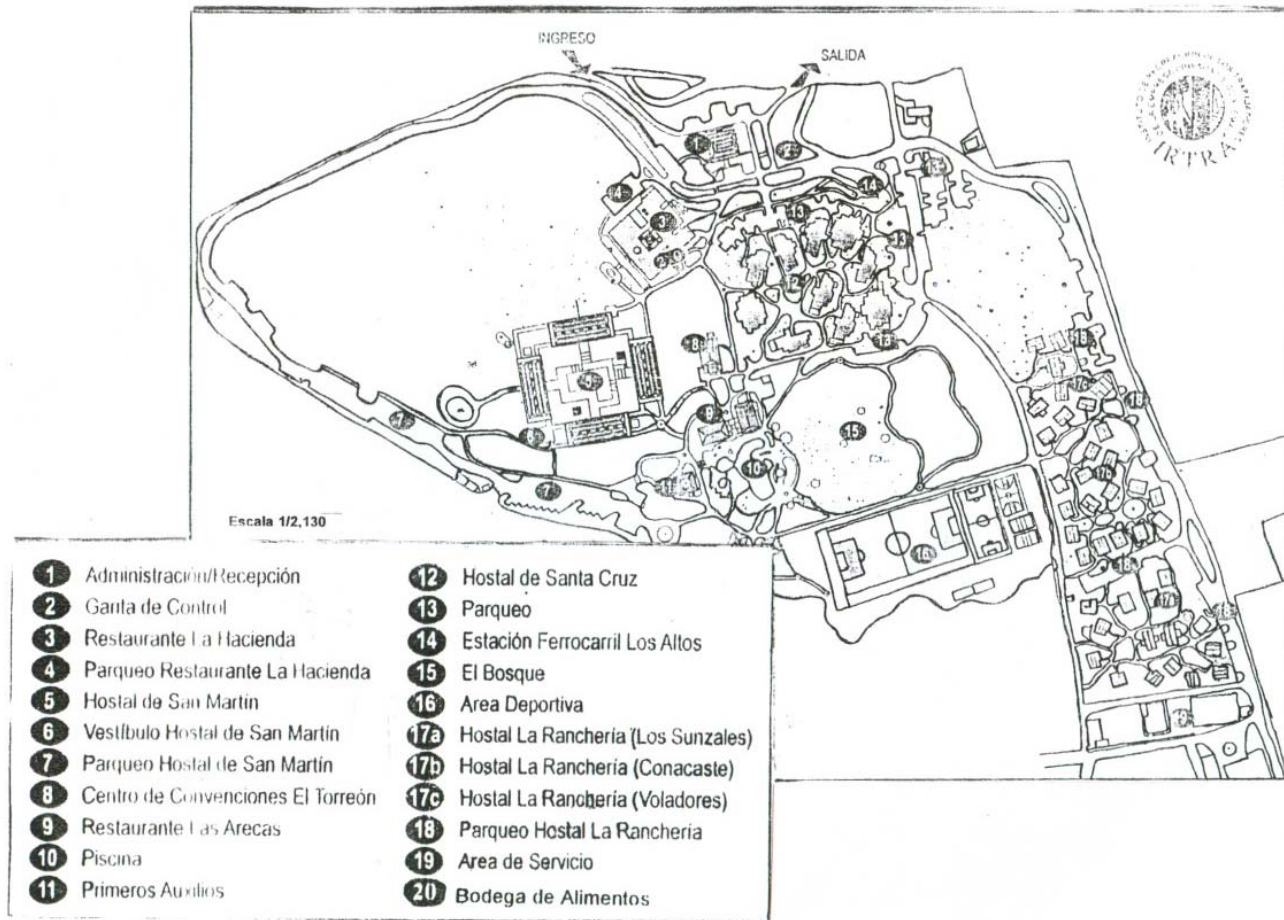


A continuación se describen las características de cada parque:

## A. Parque Vacacional

El parque tiene una extensión total de 120 manzanas de terreno (ver Mapa 2).

**Mapa 2 Distribución de Áreas de Parque Vacacional Tzapotitlán**



El parque Vacacional consta de:

**1. Tres áreas habitacionales:**

**a. Hostal de San Martín.** Éste consta de 192 habitaciones dobles con baño privado, agrupadas en 4 módulos, para 800 personas.

**b. Hostal la Ranchería.** Éste consta de 40 cabañas divididas en 3 grandes conjuntos: Los Sunzales, Los Conacastes y los Voladores.

Cada cabaña consta de 2 habitaciones con aire acondicionado, 2 baños, sala-comedor, totalmente equipada con estufa eléctrica de 2 hornillas, refrigerador, horno de microondas y una pequeña terraza con mueblería para jardín. Dentro del mismo complejo se encuentra un área de jacuzzi comunal. Cada cabaña tiene una capacidad para 6 personas, lo que equivaldría a una población total de 240 personas.

**c. Hostal Santa Cruz.** Éste cuenta con diferentes tipos de habitaciones que se describen a continuación:

□ 95 habitaciones dobles con baño privado y aire acondicionado con capacidad para 2 adultos y 2 niños (menores de 12 años).

□ 38 Junior Suites que cuentan con una sala con sofá-cama tamaño queen. 26 son para 2 adultos y 2 niños y 12 son para 3 adultos y 3 niños.

□ 18 Suites, las cuales cuentan con 2 habitaciones con baño privado y aire acondicionado. Un dormitorio con una cama y el segundo dormitorio con dos, sala con sofá cama tamaño queen. La capacidad es de 4 adultos y 4 niños (menores de 12 años). En total el Hostal de Santa Cruz tiene una capacidad para 700 personas.

**2. 3 Restaurantes y Bares:**

**a. Arcas.** Este restaurante tiene capacidad para 260 personas.

**b. La Hacienda** que se divide en el **Típico Guatemalteco Mexicano e Internacional.** Ambos restaurantes tienen la capacidad de atender a 600 personas.

**c. Bar La Bóveda.** Esta área tiene una capacidad para 128 personas.

**3. Áreas Recreativas:**

Están disponibles para las personas que visitan el Hotel y se dividen en:

**a. Área de Servicios**

**c. Área de Juegos**

**b. Área de Juegos de Mesa**

**d. Área Deportiva**

**e. Área de Piscinas  
con sus casetas**

**Tentempié y de  
Piscinas**

**4. Área de Eventos Especiales**

El parque vacacional cuenta con un **Centro de Convenciones El Torreón** con capacidad para 150 personas.

**5. Áreas de Servicios Generales**

Entre éstas se encuentran:

- a. Área de Oficinas Administrativas y de Recepción
- b. Jardinería
- c. Mantenimiento
- d. Manejo de Desechos Sólidos

**B. Parque Acuático**

El parque tiene una extensión total de 11.5 manzanas de terreno (ver Mapa 3). Además, posee una capacidad para albergar 6,000 visitantes. Este consta de:

1. 3 garitas de control de ingreso de vehículos.
2. 1 puerta de ingreso de peatones.
3. Parqueo para 876 vehículos.
4. Garita de precontrol de usuarios.
5. Taquilla para venta de boletos de ingreso al parque.
6. Edificio de vestidores.
7. 2 edificios de renta de lockers y chalecos salvavidas.
8. Área de venta de souvenir.
9. Oficina Administrativa.
10. Clínica médica.
11. Área Recreativa, que se divide en:
  - a. Piscina El Aguajal (abundancia de agua).
  - b. Río Tumulá (lugar de la Gran Corriente de Agua).
  - c. Toboganes "Nido de Serpientes".
  - d. Tobogán familiar Mululja (Torrente de Agua, idioma Pokomchí)
  - e. Toboganes de caída libre "Xibalbá" (lugar que asusta o espanta, idioma quiche).
  - f. Piscina interactiva de niños
  - g. Piscina interactiva de adultos
  - h. Cancha de voleibol de playa
  - i. Avenida de las Estelas Mayas

- j. Área de Sombras con sillas descansadoras.
- k. Rancho con mesas.
- l. Área de Picnic.

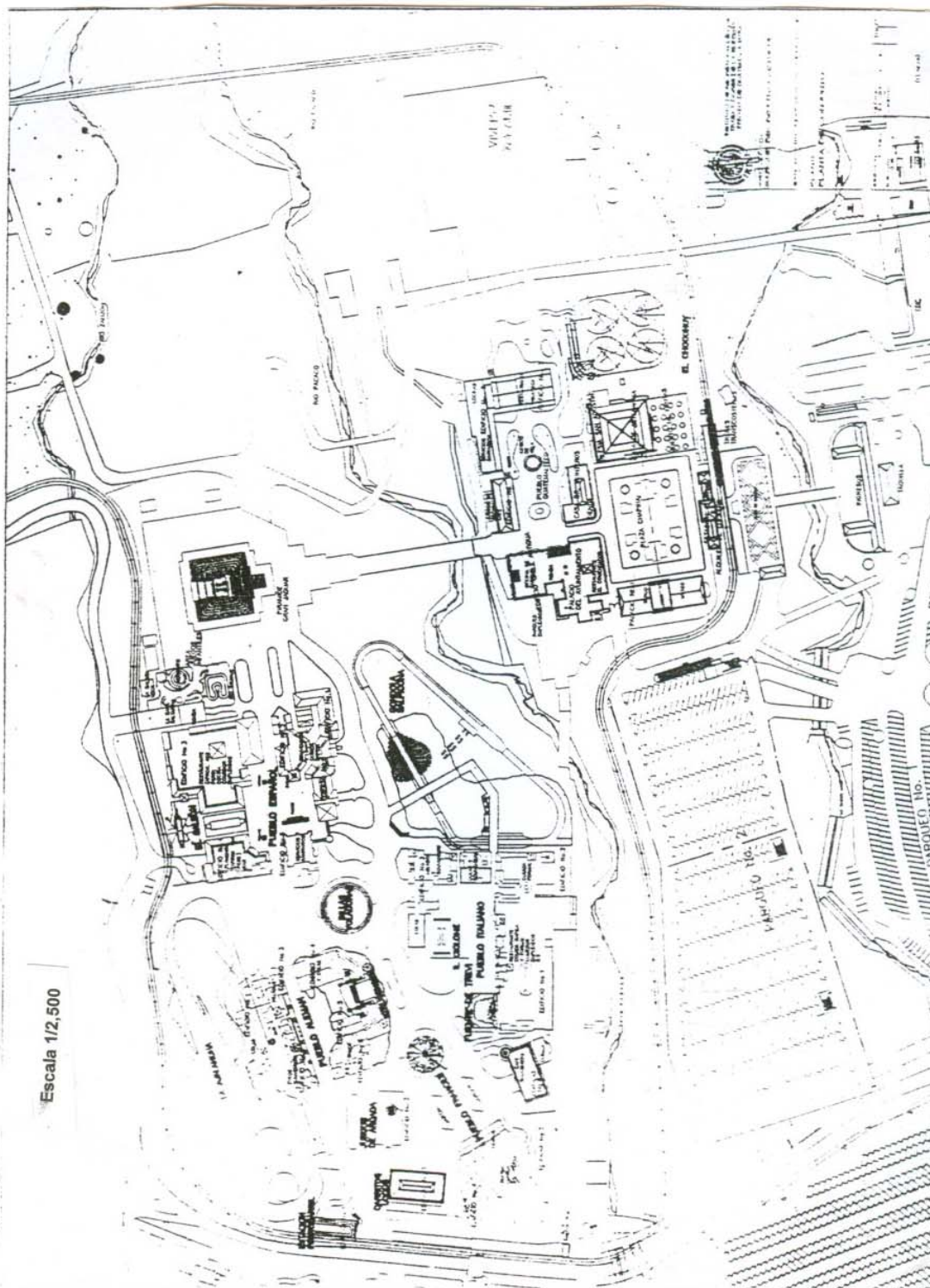
Mapa 3 Distribución de Áreas de Parque Acuático Xocomil.



### C. Parque Temático

Este parque tiene una extensión de 12 manzanas de terreno (ver Mapa 4).

Mapa 4 Distribución de Áreas de Parque Temático Xetulul.



Este parque tiene una capacidad para albergar 12,000 visitantes y se divide en las siguientes áreas:

**1. Atracciones y juegos electromecánicos** entre los cuales se encuentran: Top encuentran: Top Spin, Cyber Loop, dos Montañas Rusas, Splash Mountain, Carrusel y Carros Chocones. Además, cuenta con tiendas de souvenirs, teatro, juegos de arcada, una discoteca y una feria tradicional.

**2. Sección gastronómica** que cuenta con las siguientes áreas:

- a. Restaurante Danielli
- b. Restaurante la Tratoria
- c. Café Bistro
- d. Café Terrazas
- e. Restaurante Español
- f. Restaurante El Comendador
- g. Fandango
- h. La Marisquería
- i. Café Guatemala
- j. La Churrería
- k. Heladería Italiana (Gelatteria)
- l. Heladería en Alemania.
- m. Cervecería Alemana
- n. Kiosco para Niños
- o. Comedor de empleados en España
- p. Comedor de empleados en Italia
- q. Comedor de empleados en Marisquería
- r. Bodega General de Alimentos (en proceso de construcción)

**3. Área de Servicios Generales** que incluye oficinas administrativas, bodegas de materiales y de mantenimiento.

## VII. METODOLOGÍA

### A. Caracterización de residuos sólidos

1. **Delimitación del área de estudio.** Para realizar el estudio de una manera representativa se dividió el área de estudio en:

a. **Parque Vacacional.** Para el presente estudio en este parque se tomaron en cuenta todas las áreas que generan residuos sólidos, excluyendo jardinería, pues los desechos orgánicos que se recolectan en este caso se descomponen naturalmente en áreas designadas.

Las Estaciones de transferencia de residuos sólidos se encuentran ubicadas en (ver Mapa 5):

1) **Cuarto de basura de “Arecas” (Estación 1).** Esta estación acopia residuos de Hotelería y áreas de servicio de San Martín y Santa Cruz, restaurante, cocina y área de servicios sanitarios de Arecas, salón de juegos, salón de juegos de mesa, casetas Tentempié y Piscina y del salón de convenciones el Torreón.

2) **Cuartos de basura de “La Hacienda” (Estación 2).** Esta estación acopia residuos de Restaurantes, cocinas bares y áreas de servicios sanitarios de la Hacienda, bodega de A & B, comedor de empleados y oficinas administrativas.

3) **Depósitos de basura de “La Ranchería” (Estación 3).** Esta estación acopia los residuos del Hostal la Ranchería y consta de dos contenedores metálicos con capacidad de 2 m<sup>3</sup> cada uno. Se ubican enfrente de la cabaña No. 2 de Sunzales de la Ranchería.

4) **Caminamientos y área de parqueos.** Los residuos de los botes de los caminamientos se recogen vertiéndolos en bolsas plásticas durante el día y se trasladan a las estaciones de transferencia más cercanas.

b. **Parque Acuático.** En este caso, al igual que en el Vacacional se tomarán en cuenta todas las áreas que generan residuos sólidos, excluyendo jardinería. En este parque existe solamente una estación de transferencia localizada en el cuarto de basura del restaurante el Gran Chac (ver Mapa 6).

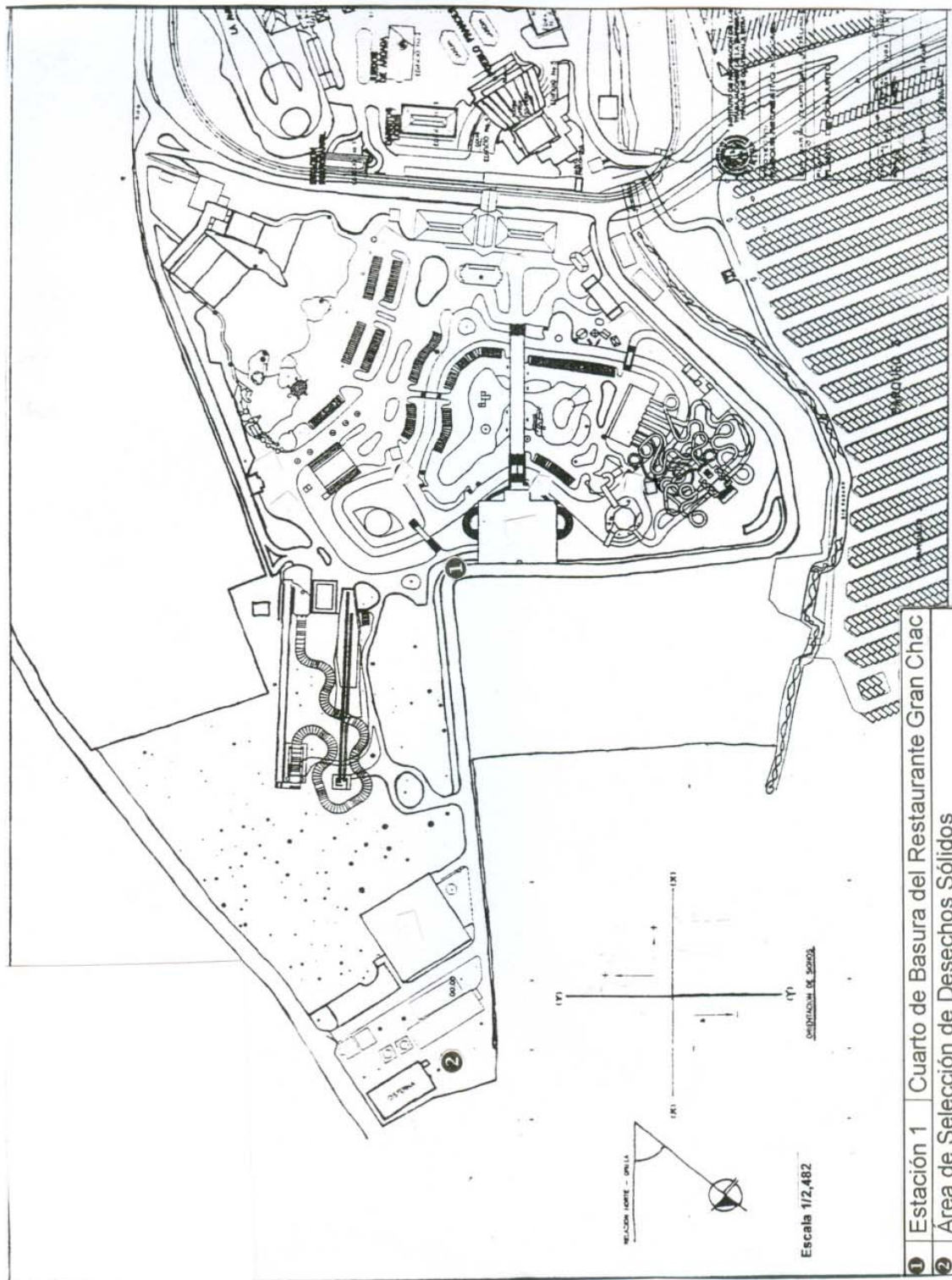
c. **Parque Temático.** Se tomaron en cuenta todas las áreas que generan residuos sólidos, excluyendo jardinería. En este parque existen tres estaciones de transferencia localizadas en los cuartos de basura de las siguientes áreas: España, Italia y La Marisquería (ver Mapa 7).

Mapa 5 Estaciones de Transferencia del Parque Vacacional Tzapotitlán.

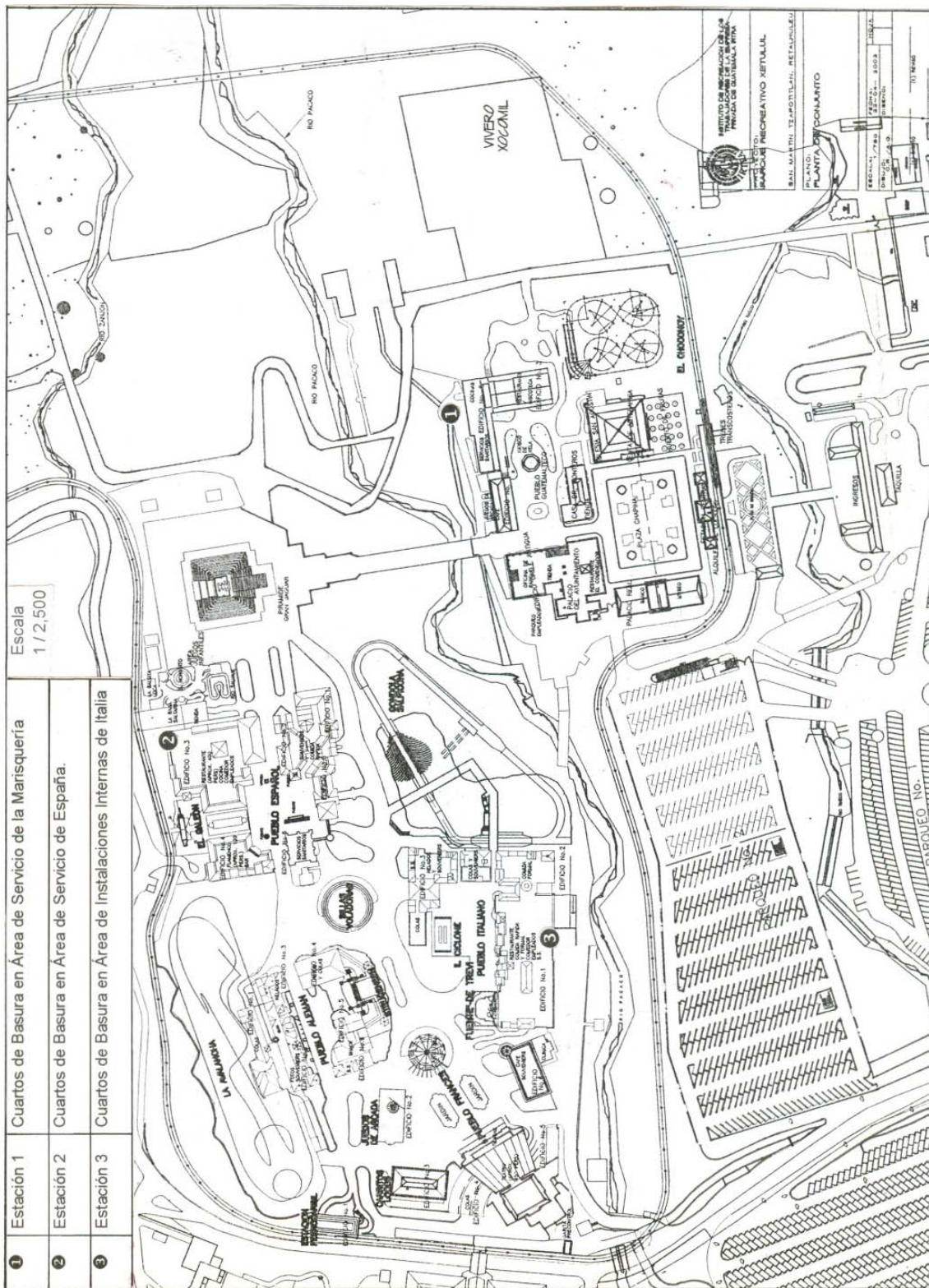


d. **Área de trabajo de muestreo de residuos sólidos.** La caracterización de los residuos del parque Acuático se realizó en el área de selección de residuos sólidos de este parque (ver Mapa 6). En el caso del Vacacional y del Temático se efectuó en el área de selección de desechos sólidos ubicada a orillas del Río Samalá (Ver Mapa 8).

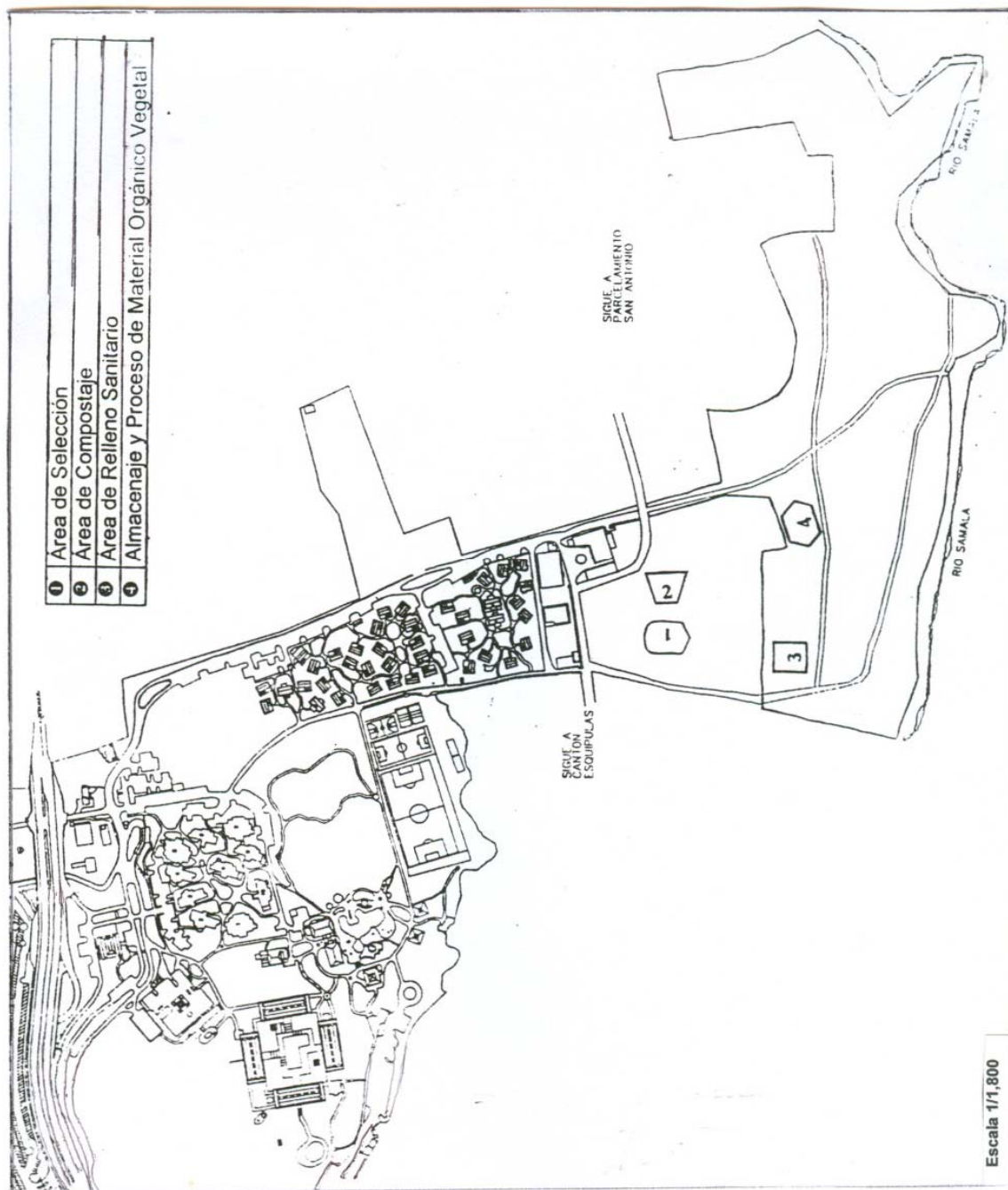
Mapa 6 Estaciones de Transferencia y Área de Presentación de Residuos Sólidos del Parque Acuático Xocomil.



Mapa 7 Estaciones de transferencia del Parque Temático Xetulul.



Mapa 8 Área de manejo empírico de desechos sólidos en el Samalá.



**2. Técnicas de muestreo.** El muestreo se realizó separadamente para cada parque, debido a que cada uno funciona en forma diferente, puesto que tienen un calendario de actividades diferente y los servicios que prestan tampoco son iguales. En el parque Acuático se realizan solamente actividades recreativas de jueves a domingo en un horario de 9:00 – 17:00 hrs. y los demás días solamente se realizan operaciones administrativas y de mantenimiento. En el caso del parque Temático se realizan actividades recreativas en un horario de 10:00 – 17:00 hrs. los jueves, viernes y domingos y de 9:00 – 18:00 hrs. los sábados, operando, este último día y el viernes, por la noche la plaza chapina y la discoteca de las 19:00 - 1:00 hrs. Los demás días, al igual que en el acuático, solamente se realizan operaciones administrativas y de mantenimiento. Además, los visitantes pueden ingresar alimentos o comprarlos en los diferentes puntos de venta. A diferencia, el parque Vacacional funciona diariamente como Hotel, restaurantes, área recreativa y de eventos especiales.

El muestreo contó con la colaboración del personal encargado de retirar los residuos de cada área y del departamento de manejo de desechos sólidos de los parques para manipular la basura durante los días del muestreo. Este personal fue capacitado teóricamente dos días antes del inicio del muestreo y se realizó una práctica de campo el primer día del inicio del muestreo.

Por cada punto de muestreo se entregaron bolsas plásticas debidamente identificadas explicando a cada persona que el método consistiría en el intercambio de la bolsa con basura del día anterior por una bolsa nueva la cual sería recogida al día siguiente. Las bolsas identificadas con el número 1 pertenecían al sector 1 (hoteles y sus áreas de servicios), las que se marcaron con el número 2 al sector 2 (cocinas, bares y restaurantes, incluyendo las instalaciones sanitarias de esas áreas), 3 al sector 3 (áreas de administración y servicios generales) y 4 al sector 4 (caminamientos), como se puede observar en la Figura 1.



**Figura 1**

Se les indicó que verificaran que la bolsa perteneciera al sector correspondiente. Siguiendo con el procedimiento, los residuos debían de ser trasladados a las diferentes estaciones de transferencia para ser recolectados por un pick-up hasta el lugar en donde se realizó los análisis físicos de caracterización de la basura producida en una semana (las formas utilizadas para captar los datos en el campo se encuentran en el Apéndice 1). Además, se tomaron muestras del

compost producido empíricamente y de humedad y pH de la materia orgánica inicial, las cuales se analizaron en laboratorios externos (ver Apéndice 2).

**3. Período del muestreo.** El programa de muestreo se realizó durante siete días consecutivos en los parques. Un día antes, al inicio del estudio, se eliminó todos los desechos los puntos de muestreo y de transferencia de basura para iniciar con las áreas limpias y verificar que el personal efectuara los procedimientos correctos, en la manipulación de los residuos sólidos, en las estaciones de muestreo y en el área de selección.

**4. Análisis físicos de los residuos sólidos.**

**a. Producción per cápita per día de basura (PPC).** El análisis se realizó por parque (Acuático, Temático y Vacacional) separadamente. Cada uno se dividió en los sectores que se mencionan en los cuadros 2, 3, 4 y 5.

**Cuadro 2 Descripción de los sectores del Parque Vacacional.**

No. de Sector	Áreas que Cubre	Tipo de Población en cada Sector
1	Área de Hospedaje con sus servicios.	Huéspedes.
2	Cocinas, Restaurantes, Bodega de alimentos, Bares y Servicios Sanitarios de esas áreas	Usuarios del restaurante.
3	Área de Administración, comedor de empleados, área de servicios sanitarios, vestidores y Servicios Generales	Empleados de Oficinas de Administración y de Servicios Generales.
4	Caminamientos	Todos los visitantes del parque

**Cuadro 3 Descripción del sector del Parque Acuático.**

No. de Sector	Áreas que cubre	Tipo de Población en cada Sector
1	Cocina, restaurante, casetas, comedor de empleados, bodega de alimentos, servicios sanitarios, caminamientos, área administrativa y de servicios generales.	Visitantes y empleados.

**Cuadro 4 Descripción del sector del Parque Temático Xetulul.**

No. de Sector	Áreas que cubre	Tipo de Población en cada Sector
1	Cocinas, restaurantes, casetas, comedores de empleados, bodega de alimentos, servicios sanitarios, caminamientos, área administrativa y de servicios generales.	Visitantes y empleados.

### 1) Procedimiento para cada PPC de cada Parque:

Se trabajó el 100 % de la basura generada durante los siete días de muestreo.

Se pesó el contenido de las bolsas identificadas por sector utilizando una balanza de 400 libras.

Se efectuó una separación de orgánico e inorgánico de cada sector.

Para determinar las poblaciones correspondientes a cada sector se efectuó el siguiente procedimiento:

- **Población muestral del parque Vacacional.**

**Sector 1.** Número de huéspedes del hotel. Estos datos se obtuvieron del registro diario de Recepción de huéspedes del Hotel.

**Sector 2.** Número de visitantes del área de restaurantes, bar y del centro de convenciones. Estos datos se obtuvieron del registro diario de visitantes de Restaurantes y en el caso de los visitantes que no se hospedaron en el parque, los datos los proporcionó la garita de control de ingreso.

**Sector 3:** Número de empleados por día que se encontraban trabajando en el Parque. En el caso de los empleados que trabajan por turnos: cocineros, stewards, meseros, camareras, personal de mantenimiento, guardianía, recepción y operadora, se estableció su producción de desechos sólidos por día de 24 horas. Esto significa por ejemplo que si hay tres turnos en el mismo día se consideró la generación de esas tres personas como la de una sola persona en el día.

**Sector 4:** Número total de visitantes que ingresaron en el día al parque.

- Población muestral del parque Acuático.**

En este parque se trabajó con solo un sector. Durante el período de muestreo se hizo un recuento de los visitantes que ingresaron a las instalaciones y de los empleados que se encontraban laborando.

- Población muestral del parque Temático.**

En este parque se trabajó con solo un sector. Durante el período de muestreo se hizo un recuento de los visitantes que ingresaron a las instalaciones y de los empleados que se encontraban laborando.

**2) La fórmula base que se utilizó:** Esta fórmula incluyó la generación de desechos sólidos producida en siete días en los parques. Aunque como en los casos del Acuático y del Temático hay generalmente cuatro días de recreación, se midieron también los residuos sólidos producidos durante el resto de días generados por el personal en las operaciones administrativas y de mantenimiento.

A continuación se describe la fórmula base que se utilizó para realizar la medición:

$$PPC \text{ (kg/hb/día)} = 1/7 * [(A1/B1)*P1 + (A2/B2)*P2 + (A3/B3) * P4 + (A4/B4) * P3] / [P1+P2+P3+P4]$$

Donde:

P1, P2, P3 y P4 = Número de habitantes en las zonas comercial, residencial (ingreso alto), residencial (ingreso medio) y residencial (ingreso bajo), respectivamente.

A1, A2, A3 y A4 = Peso de la muestra de una semana completa tomada de cada una de las zonas arriba mencionadas.

B1, B2, B3 y B4 = Número de habitantes correspondientes a la muestra tomada de cada zona arriba mencionada.

Se debe hacer la aclaración que esta fórmula fue diseñada para una población en una ciudad, por lo cual en el presente trabajo se hace una adaptación para una población de personas que no residen en el lugar sino que visitan los parques.

#### **Para el parque Vacacional se aplica:**

En el caso del parque Vacacional la población se dividió en cuatro sectores para efectos del muestreo. No obstante, los visitantes no solamente producen desechos en un sector sino que por ejemplo una parte de los que se hospedan hacen uso también del restaurante, por lo cual la fórmula se adaptó de manera que la producción correspondiera al número de visitantes reales, sin duplicar las poblaciones.

Para fines de explicar de manera sencilla la modificación de la fórmula, en el cuadro 5 se le incluirán los valores de los resultados obtenidos.

**Cuadro 5 Datos proporcionados por los diferentes departamentos del ingreso de visitantes.**

<b>Población Muestral</b>	<b>Visitantes Promedio/ Día</b>
Total de visitantes hospedados (según reporte de la recepción del Hotel)	<b>368</b>
Total de visitantes a los restaurantes (según reporte del Departamento de Alimentos y Bebidas)	<b>540</b>
Visitantes que solo ingresaron a comer a restaurantes (según reporte de Garita de Ingreso)	<b>54</b>

**Para ver los pesos y las poblaciones por sector ver cuadros 7 y 8.**

A continuación se citan los pasos del proceso de los datos originales utilizados en la fórmula para determinar la PPC:

1. El dato de 540 visitantes que ingresaron a comer al restaurante corresponde al total que ingresó en el desayuno, almuerzo y cena, por lo tanto se dividió dentro de tres porque la PPC debe determinarse por día y no por tiempo de comida.

Que equivale a:  $540 \text{ personas} / 3 \text{ tiempos de comida} = 180 \text{ personas por día}$ .

2. El dato de 54 visitantes que solo ingresaron a comer corresponde al total que ingresó en el desayuno, almuerzo y cena, por lo tanto se dividió dentro de tres porque la PPC debe determinarse por día y no por tiempo de comida.

Que equivale a:  $54 \text{ personas} / 3 \text{ tiempos de comida} = 18 \text{ personas por día}$ .

3. Si durante el día se sirvieron 180 comidas y de ellas 18 no se hospedaron, el número de visitantes que se hospedaron y comieron en el restaurante corresponde a:

$180 - 18 = 162$  visitantes que se hospedaron en el hotel y comieron en el restaurante.

4. Para establecer el número de personas que solamente llegaron a hospedarse sin comer en el restaurante se determinó de la siguiente manera:

$368 \text{ personas hospedadas totales} - 162 \text{ personas que comieron en el restaurante y se hospedaron} = 206$  que solamente se hospedaron sin hacer uso del restaurante.

5. Para determinar el factor proporcional para calcular el peso de los desechos producidos por las personas que solo llegaron a hospedarse (sector 1) el cálculo debe ser el siguiente:

$206 \text{ visitantes solo hospedados} / 368 \text{ visitantes totales hospedados} = 0.56$  (factor 1)

6. Para determinar el factor proporcional para calcular el peso de los desechos producidos por las personas (sector  $A_{HR}$  o población del sector de intersección de la población del hotel y de los restaurantes) que usaron los servicios del hotel y restaurante se van a utilizar dos factores:

$162 \text{ visitantes} / 368 \text{ visitantes} = 0.44$  (factor 2)

$162 \text{ visitantes} / 180 \text{ visitantes} = 0.9$  (factor 3)

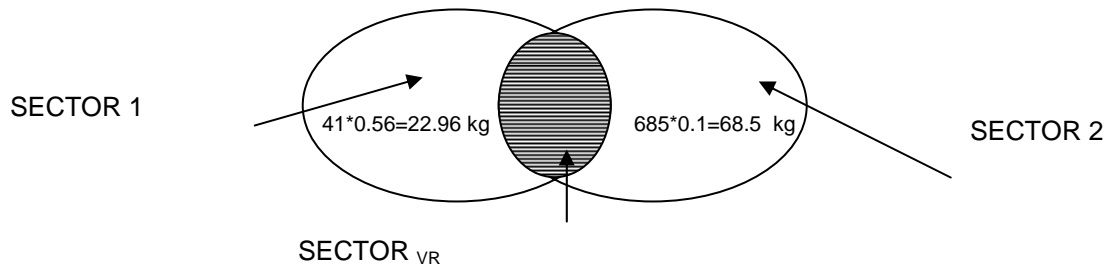
7. Para determinar el factor proporcional para calcular el peso de los desechos producidos por las personas que solamente llegaron a comer en los restaurantes el cálculo debe ser el siguiente:

$18 \text{ visitantes} / 180 \text{ visitantes} = 0.1$  (factor 4)

8. El peso de la basura de los caminamientos solamente se suma puesto que la población que la produce ya está considerada.

9. En esta fórmula no se tomó en cuenta la población del sector 3 (P3), solamente la producción de sus desechos sólidos (A3), con el objeto de asignarle la proporción de desechos producidos por los empleados a los visitantes, para que en el futuro se puedan realizar las proyecciones para el diseño en base a la población solo de visitantes.

El diagrama a continuación esquematiza la interacción de los Sectores 1 y 2.



$P_{HR} = 162$  visitantes que se hospedaron y que  
comieron en el restaurante

$$(41 \cdot 0.44) + (685 \cdot 0.9) = 634.54 \text{ kg.}$$

A diferencia de la fórmula base donde se promedia solamente el peso dentro de los días muestreados, en este caso los resultados tanto de peso como de población de visitantes ya están promediados dentro de los días de muestreo (7) (ver cuadros 7, 8 y 9).

Finalmente la fórmula a utilizar es la siguiente:

$$\text{PPC (kg/hb/día)} = \frac{[(A1 \cdot \text{factor 1}) + ((A1 \cdot \text{factor 2}) + (A2 \cdot \text{factor 3})) + (A2 \cdot \text{factor 4}) + (A3) + (A4)]}{[P1 + P_{HR} + P2]}$$

Donde:

$P1, P2, P_{HR}$  = número promedio de personas en los sectores No. 1, 2 y HR (Hotel y Restaurantes), respectivamente.

$A1, A2, A3, A4$  = peso promedio de la muestra de los cuatro sectores.

$B1, B2, B3, B4$  = número de personas correspondiente a la muestra de cada sector, respectivamente. En este caso será el 100 % por qué no se puede subdividir la población en residencias puesto que la ocupación e inclusive el número de personal que labora diariamente no es constante. Lo que equivale a decir que  $P1=B1, P2=B2$  y  $P_{HR}=B_{HR}$ .

**Para los Parques Acuático y Temático se aplica:**

$$\text{PPC (kg/hb/día)} = [(A1/B4) \cdot P4] / P1 = A1 / P1$$

Donde:

$P1$  = número de personas promedio en el único sector definido. En esta fórmula no se tomó en cuenta el número de empleados, solamente la producción de sus desechos sólidos, con el objeto de asignarle la proporción de desechos producidos por los empleados a los visitantes, para que en el futuro se pueda realizar las proyecciones para el diseño en base a la población solo de visitantes.

A1= peso promedio de la muestra de la semana completa.

B1= número de personas correspondiente a la muestra del sector. En este caso será el 100 % por qué no se puede subdividir la población en residencias puesto que la ocupación e inclusive el número de personal que labora diariamente no es constante. Lo que equivale a decir que  $P1=B1$ .

**b. Prueba de densidad.** Se midió diariamente la densidad de la basura de los parques en  $\text{kg}/\text{m}^3$ . Para cada uno por separado se determinaron las siguientes densidades: materiales biodegradables y materiales recuperables. La densidad de los desechos sólidos no recuperables se midió conjuntamente para los tres parques de acuerdo a la densidad de compactación pues se introducirán en un relleno sanitario.

Cada una de estas densidades se determinaron de la siguiente forma:

**1) Materiales biodegradables.** Después de separar los desechos orgánicos de los demás, se mezclaron el papel higiénico, servilletas de papel, carbón y alimentos, en una mezcla homogénea para determinar su densidad. El procedimiento para efectuar esta medición fue el siguiente:

- Se preparó un tambo y la balanza de 400 libras.
- Se pesó el tambo y se midió su volumen.
- Se introdujo la basura en el tambo, sin hacer presión y se remeció de manera que se llenaran los espacios vacíos del mismo.
- Se pesó una vez lleno y por diferencia de peso se obtuvo el peso de la basura.
- Se obtuvo la densidad de la basura al dividir su peso (kg) entre el volumen del tambo ( $\text{m}^3$ ).
- La fórmula que se utilizó se describe a continuación:

$$\text{Densidad (kg/m}^3\text{)} = \text{Peso de la Basura en (kg)} / \text{Volumen del tambor en (m}^3\text{)}$$

**2) Materiales recuperables.** Se midió la densidad de cada uno por separado, vidrio, botellas plásticas y latas de aluminio. El procedimiento para efectuar esta medición fue el mismo indicado en los cinco incisos anteriores, con la única diferencia en que el vidrio se quebró previamente y las latas de aluminio se aplastaron.

**3) Desechos sólidos no recuperables.** Se mezclaron los desechos no recuperables de los tres parques para obtener una mezcla homogénea y así determinar su densidad de compactación. El procedimiento para efectuar esta medición fue el siguiente:

- Se preparó un tambo y la balanza de 400 libras.
- Se pesó el tambo.
- Se introdujo la basura en el tambo, se pesó y una vez lleno y por diferencia de peso se obtuvo el peso de la basura.
- Se abrió un agujero de 1m (largo) X 1.08 m (ancho) X 0.86 m (profundidad) los que hacen  $0.93\text{m}^3$  (ver Figura 2).
- Se introdujeron los desechos sólidos ya pesados por capas de cm.
- Se compactaron manualmente con azadón.
- Se le añadió una capa de tierra de 20 cm y se siguió compactando.
- Se agregaron varias capas iguales y al finalizar se añadió una capa de 60 cm de tierra para sellar el agujero.
- Finalmente se calculó la cantidad de desechos sólidos compactados determinando cuantas libras de residuos sueltos se introdujeron en el mismo.
- La fórmula que se utilizó se describe a continuación:

$$\text{Densidad (kg/m}^3\text{)} = \text{Peso de los Desechos no Recuperables de los tres parques en (kg)} / \text{Volumen compactado (m}^3\text{)}$$

#### Medición de Densidad Compactada (agujero excavado)



Figura 2

**c. Prueba de composición física.** En otros estudios se ha utilizada un método de cuarteo en donde se toma una parte de la muestra, se revuelve, se parte varias veces en cuatro tantos y luego se separan los componentes. En este caso se clasificó el 100 % de los residuos, para obtener datos más certeros, por tres razones importantes. Para principiar el porcentaje de envases plásticos es alto, con lo cual es difícil realizar una mezcla homogénea y representativa con este tipo de componentes. En segundo lugar, la materia biodegradable del parque Vacacional contiene una cantidad significativa de lixiviados, con lo cual se podría haber perdido peso de la muestra original. Finalmente, este proceso de clasificación del 100 %, se realiza en el Samalá todos los días, lo único que no se pesa, con lo cual no se incurrió en la interrupción del proceso normal de selección. Además, se contó con cuatro personas más de apoyo para el pesaje y coordinación de actividades.

**Procedimiento:**

1) Se llevó la muestra al área de selección en donde se inició la clasificación separando los residuos en tres grandes categorías e identificando sus componentes principales como se describe a continuación:

**a) Materia biodegradable** (para más detalle ver las Figuras 3 y 4):

- Papel higiénico
- Restos de alimentos
- Servilletas e individuales de papel sucios y humedecidos
- Hojarasca recolectada en los caminamientos

**b) Material recuperable:**

- Papel: papel bond (no humedecido) y papel periódico.
- Plástico: envases de bebidas carbonatadas, jugos, leche y alcohol.
- Cauchos: llantas
- Metales: latas de aluminio.
- Vidrios: Estos pueden ser transparentes, ámbar, verde o azul y entre ellos se encuentran frascos de medicina, vasos, platos,

envases de gaseosas y licores.

**c) Material no recuperable** (se en listan pero se pesarán juntos; para más detalle ver las Figuras 5, 6 y 7):

- Papel y Cartón: Envases de tetrapack y cajas de cartón.
  - Plásticos: platos, cubiertos y vasos desechables, PVC, envases de aceite, envases con residuos de químicos y
- bolsas plásticas sucias.
- Vidrio: focos, gasneones, espejos, vidrios reforzados, reflectores, pantallas de T.V. y vidrios de carro.

- Metales: Objetos de cobre, plomo, bronce y hierro. Estos pueden ser alambre, armazones, clavos, chatarra, herramienta, ollas, papel acerado, partes de focos y lámparas, tapas (mermeladas, mayonesas, agua gaseosas), tubos de acero, cobre de fotos, galvanizados, tuercas y válvulas.
- Textiles: Trapos sucios eliminados de los restaurantes y hoteles que se utilizaban como limpiadores y trapeadores o como manteles y sábanas muy manchados.
- Otros: Duroport, asfalto, arena, porcelana y residuos de madera.

Se seleccionaron estos componentes puesto que ellos dan una visión lo suficientemente completa de la calidad y cantidad de la basura generada en los parques y permiten estudiar la mejor solución para el manejo de los residuos sólidos.

#### Material biodegradable



**Figura 3**

**Restos de alimentos**



**Figura 4**

**Hojarasca**

#### Material no recuperable



**Figura 5**

**Plásticos**



**Figura 6**

**Cajas de cartón**



**Figura 7**

**Vasos de cartón de Xocomil**

## 2) Clasificación:

- a) Antes de empezar la clasificación se pesaron los tambo utilizano una balanza de 400 Lbs.
- b) La clasificación se realizó manualmente, separando los residuos, al principio en los componentes anteriormente mencionados para sacar la composición física pero seguidamente se mezclaron por grupos (materia biodegradable y materia no recuperable) para obtener el volumen (ver figuras 8, 9 y 10).
- c) Se colocó cada componente en un tambor.
- d) Una vez terminada la clasificación se pesó cada tambor con los diferentes componentes y por diferencia se obtuvo el peso de cada componente (ver Figura 11).
- e) Se sacó el porcentaje de cada componente teniendo los datos del peso total y el peso de cada clase.
- f) La labor de terreno se efectuó con la mayor rapidez posible (durante el mismo día).

Los desechos sólidos de los Parques Vacacional y Temático fueron clasificados directamente en el Área de Samalá. A diferencia, los desechos sólidos del parque Acuático fueron clasificados y pesados en el Área de Selección de este parque (ver f12 y 13).

### Área de Samalá

Separación de material biodegradable y no biodegradable



### Pesaje de cada componente



Figura 11

### Área de Selección del Parque Acuático

#### Área de Selección



Figura 12

#### Pesaje



Figura 13

**d. Análisis de laboratorio.** Se colectaron dos clases de muestras para enviarlas al laboratorio. Las primeras son del compost producido empíricamente y se enviaron al laboratorio de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos. El procedimiento de colecta fue el siguiente:

- Se tomaron dos muestras de dos pilas secas.
- Se tamizaron ambas muestras por separado.
- Se introdujo 10 lb. de cada muestra en una bolsa cerrada.
- Las muestras identificadas se enviaron de inmediato al laboratorio.

En el laboratorio se determinaron las siguientes variables:

- pH.
- Porcentaje (%) de: humedad, materia orgánica, carbono, nitrógeno, fosfatos, potasio magnesio, sodio y calcio.
- Partes por millón (ppm) de: cobre, zinc, hierro y manganeso.
- Relación de carbono y nitrógeno.

Las características de composición de las muestras se encuentran en el cuadro 6 y los procedimientos de laboratorio en el apéndice 3.

**Cuadro 6 Composición de las muestras de compost enviadas al Laboratorio de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos.**

COMPOST I	COMPOST II
10 carretillas de cáscara de naranja	10 carretillas de cáscara de naranja
10 carretillas de desechos de alimentos	10 carretillas de desecho de alimentos
10 carretillas de hojarasca	10 carretillas de hojarasca
2 carretillas de papel higiénico	2 carretillas de papel higiénico
21 medidas de Compostin por pila*	
5 onzas de nitrato de amonio por pila*	

\* **Aceleran el proceso de descomposición, pero no influyen en la calidad del abono.**

El segundo tipo fueron muestras frescas de la materia biodegradable de los tres parques, tomadas el último día de muestreo y se enviaron al Laboratorio LABIND. El procedimiento de colecta fue el siguiente:

- Se tomaron cuatro muestras de la materia biodegradable muestreada en el Área de Selección del Samalá y una del área de clasificación del Parque Acuático.
- Se mezcló y homogenizó cada muestra por separado.
- Se introdujo 25 lb. de cada muestra en un tambo plástico cerrado.
- Las muestras identificadas se enviaron de inmediato al laboratorio.

En el laboratorio se determinaron las siguientes variables:

- pH.
- Porcentaje (%) de: humedad y cenizas.

Cada muestra contenía papel higiénico, desechos de alimentos y carbón. Los procedimientos de laboratorio se encuentran en el apéndice 3.

## **B. Ordenamiento del manejo de residuos sólidos**

Para este caso se trabajó de la siguiente forma.

**1. Reconocimiento del área.** Se visitó los tres parques para evaluar las instalaciones. En estos también se identificó las estaciones de colecta, el tipo de recipientes de basura, el transporte, la frecuencia de recolecta y el manejo de los desechos sólidos. Asimismo, se visitó las áreas de clasificación, compostaje y relleno sanitario en el Samalá.

**2. Análisis de la información.** Seguidamente del reconocimiento y la caracterización, se procedió a ordenar el manejo de la siguiente manera:

- a. Se estableció una clasificación en el origen (orgánicos e inorgánicos), indicando los procedimientos correctos para cada departamento.
- b. Se determinó la frecuencia de colecta de basura, responsables y medios de transporte.
- c. Se determinó una propuesta de un mercado adecuado para los desechos sólidos recuperables.
- d. Se desarrolló un programa de educación ambiental que contiene estrategias de capacitación y concientización para el personal y visitantes al parque respecto al manejo integral de desechos sólidos.

## VIII. RESULTADOS

### A. Caracterización de residuos sólidos

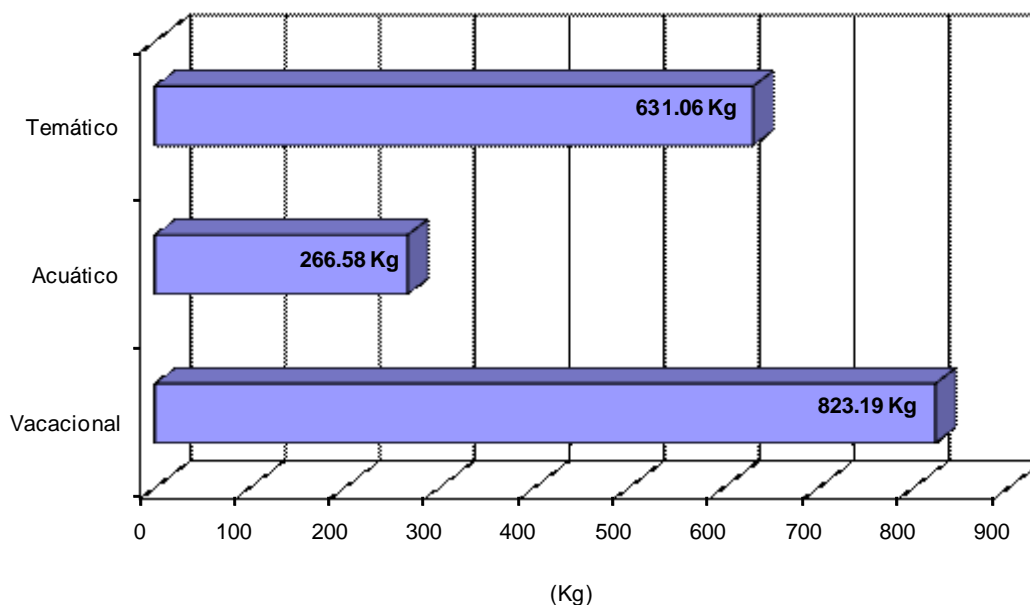
Los análisis de laboratorio se realizaron el 30 de mayo y los análisis físicos se efectuaron durante la semana del 28 de agosto al 6 de septiembre del 2002.

1. **Análisis físicos de los residuos sólidos.** A continuación se presentan los resultados de los Análisis Físicos por parque.

#### a. Parque Vacacional

1) **Producción per cápita per día de basura (PPC).** Para determinar la PPC en este parque se pesó los residuos sólidos de 4 sectores, porque la producción de desechos y la población de cada sector son diferentes (ver detalle de sectores en página 21). Los resultados del promedio de los residuos generados, en los siete días de muestreo de esta medición, se encuentran en la Gráfica 1. Los detalles de pesos del material biodegradable, material recuperable y no recuperable de cada sector se encuentran en el Apéndice 5 en el Cuadro A. Las poblaciones de visitantes y empleados que generaron estos residuos se encuentran en los Cuadros 7 y 8, respectivamente. De estos datos obtenidos en el estudio, se derivaron la  $PPC_1$ , la cual toma en cuenta la población de visitantes y empleados y es de 1.97 kg/visitante/día y la  $PPC_2$  (ponderada), la cual será tomada en cuenta para el diseño de las unidades de tratamiento, que considera solamente los visitantes. Esta última es de 2.13 kg/visitante/día.

Gráfica 1 Peso promedio de los Desechos Sólidos de los Tres Parques, muestreados en 7 días.



**Cuadro 7 Población muestral de visitantes del parque Vacacional.**

Población Muestral	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7	Total Visitantes	Visitantes Promedio / Día
<b>Total de visitantes hospedados</b>	116	195	730	1194	158	84	96	<b>2573</b>	<b>368</b>
<b>Total de visitantes a los restaurantes</b>	60	75	259	445	281	81	60	<b>1262</b>	<b>180</b>
<b>Visitantes hospedados que no comieron en restaurante</b>	67	129	491	779	86	13	44	<b>1438</b>	<b>206</b>
<b>Visitantes hospedados que comieron en restaurantes</b>	49	66	239	415	244	71	52	<b>1135</b>	<b>162</b>
<b>Visitantes que solo ingresaron a comer a restaurantes</b>	11	9	20	30	38	10	9	<b>127</b>	<b>18</b>
<b>Total de visitantes por día (Total hospedados + visitantes solo restaurantes)</b>	<b>127</b>	<b>204</b>	<b>750</b>	<b>1224</b>	<b>196</b>	<b>94</b>	<b>105</b>	<b>2700</b>	<b>386</b>

**Cuadro 8 Población muestral de empleados del parque Vacacional.**

POBLACIÓN MUESTRAL	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7	Total	Promedio/ Día
Personas con dos turnos por día	100	105	130	129	135	94	106	<b>799</b>	<b>114</b>
Personas con un turno por día	236	235	235	184	147	221	227	<b>1485</b>	<b>212</b>
<b>Total de Empleados</b>	<b>336</b>	<b>340</b>	<b>365</b>	<b>313</b>	<b>282</b>	<b>315</b>	<b>333</b>	<b>2284</b>	<b>326</b>

**2) Composición física.** En la Gráfica 2 se puede observar que el mayor porcentaje de los desechos sólidos en este parque se generan en las cocinas y restaurantes. Los demás sectores aportan cantidades mucho menores.

El mayor porcentaje de desechos sólidos producidos en el parque Vacacional se encuentra en la categoría de material biodegradable. En menor proporción se generan residuos del tipo de material no recuperable y la producción de materiales recuperables es relativamente baja (ver Gráfica 3).

Analizando la generación de residuos por sector, en la Gráfica 4 se puede observar que en las cocinas y restaurantes, hotel, administración y área de servicios, la mayor producción de residuos es de material biodegradable. Además, de los 3, las cocinas y restaurantes aportan el mayor porcentaje en esta categoría. Seguidamente, los sectores que aportan una mayor cantidad de material no recuperable son los siguientes: caminamientos, hotel y administración y áreas de servicios. En el caso de los materiales recuperables, estos son generados en menor porcentaje por todos los sectores.

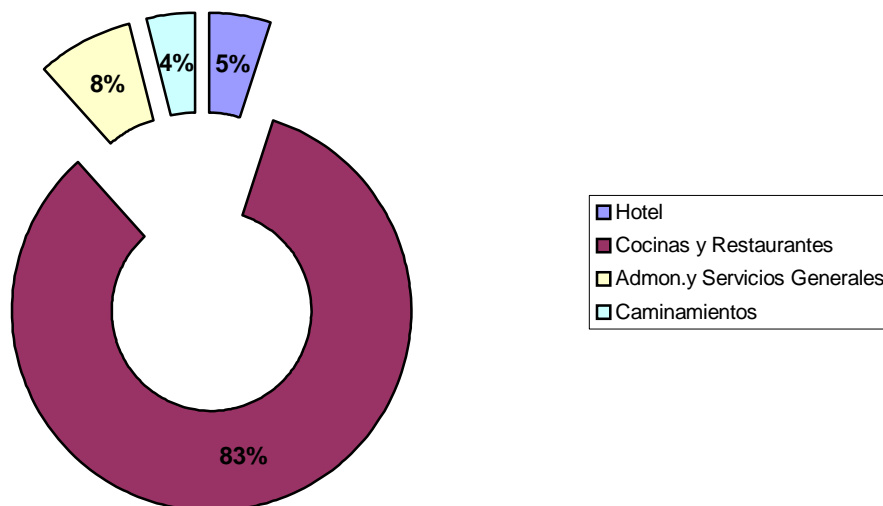
En el Cuadro 9 se pueden observar los diferentes tipos de desechos sólidos que se clasificaron en cada categoría. En la sección A se incluyen los componentes del 79% de material biodegradable. En esta categoría resaltan los restos de comida y la hojarasca. En la sección B se encuentran incluidos los diferentes tipos de desechos del 5 % del material recuperable. En este caso, el mayor aporte es de vidrio y envases plásticos. Finalmente en la sección C, se pueden observar los diferentes tipos de desechos que se encuentran incluidos en el 16 % del material no recuperable. Los componentes que predominan en esta categoría son: otros plásticos y cartón.

Los porcentajes descritos en este párrafo, pertenecen a la información exhibida en la Gráfica 3.

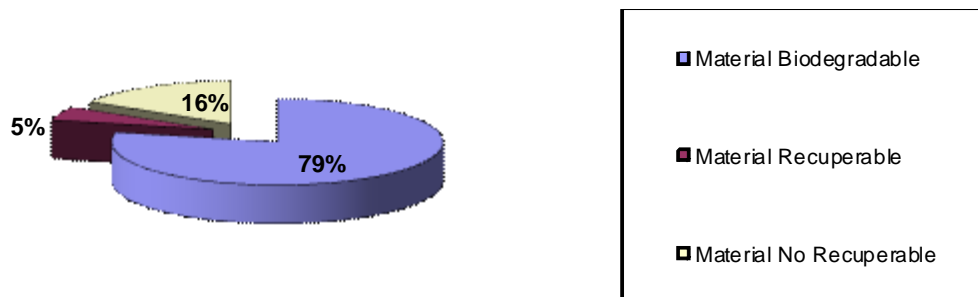
**Cuadro 9 Componentes físicos de la materia biodegradable, recuperable y o recuperable del parque Vacacional.**

A. Materia biodegradable		Total (%)	B. Material recuperable		Total (%)	C. Material no recuperable		Total (%)
1	Resto de comida	74.38	1	Latas de aluminio	12.64	1	Otras latas	5.82
2	Papel higiénico	6.94	2	Envases plásticos	21.66	2	Otros plásticos	45.45
3	Carbón	1.40	3	Vidrio	51.66	3	Cartón	32.73
4	Hojarasca	16.45	4	Papel bond	14.04	4	Papel	8.02
5	Aserrín	0.51				5	Textil	2.09
						6	Otros	5.88
<b>Total</b>		<b>100</b>	<b>Total</b>		<b>100</b>	<b>Total</b>		<b>100</b>

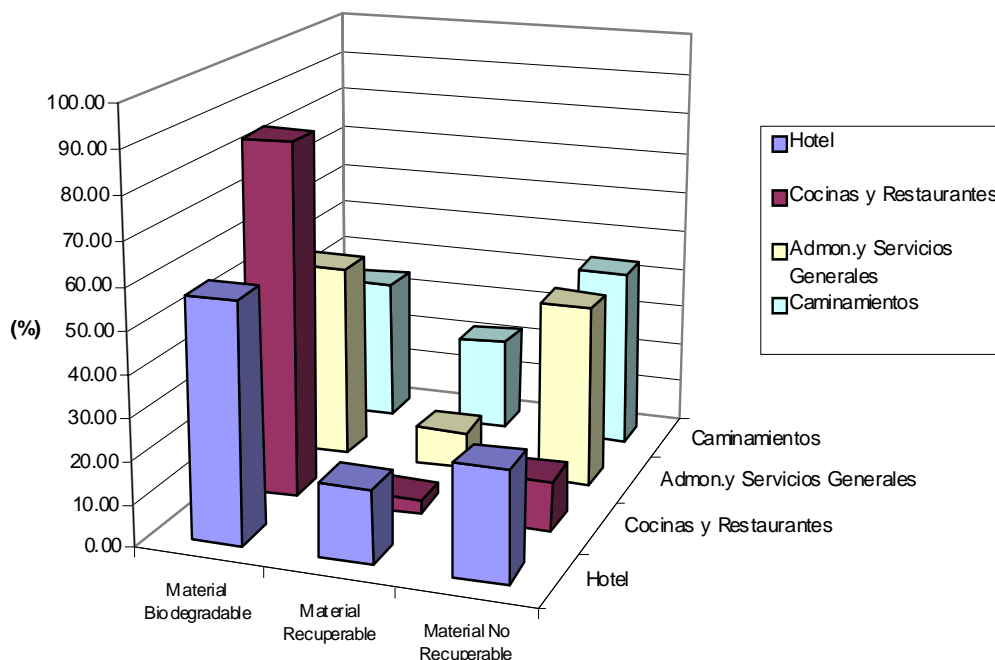
**Gráfica 2 Distribución de la producción de Desechos Sólidos de los Cuatro Sectores del Parque Vacacional.**



**Gráfica 3 Producción de desechos sólidos de acuerdo a su categoría, en el parque Vacacional.**



**Gráfica 4 Composición Física de los Desechos Sólidos de los Cuatro Sectores del Parque Vacacional.**



## b. Parque Acuático

**1) Producción per cápita per día de basura (PPC).** En el caso de este parque para determinar la PPC, se pesó los residuos sólidos de un solo sector por tratarse únicamente de un servicio de recreación. Los resultados de los pesos promedio de los residuos sólidos producidos en una semana se encuentran en la Gráfica 1. El detalle de los pesos se encuentra en el Cuadro B del Apéndice 5 y las poblaciones de visitantes y empleados se encuentran en el Cuadro 10. De estos datos obtenidos en el estudio se derivaron, la PPC<sub>1</sub> que es de 0.16 kg/visitante/día y la PPC<sub>2</sub> (ponderada) que es de 0.18 kg/visitante/día.

**Cuadro 10 Población muestral de visitantes y empleados del parque Acuático**

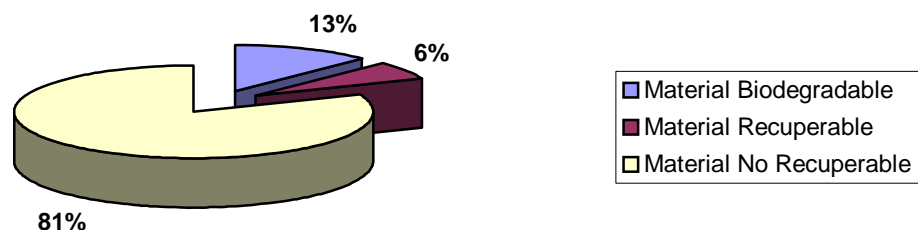
Población	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7	Total Visitantes	Visitantes Promedio
Total de visitantes	0	0	0	2922	3084	1944	2574	10524	1503
Total de empleados	60	80	60	210	210	210	210	1040	149

**2) Composición Física.** El mayor porcentaje de desechos sólidos producidos en este parque se encuentra en la categoría de material no recuperable. En menor proporción se generan residuos del tipo de material biodegradable y la producción de materiales recuperables es relativamente baja (ver Gráfica 5).

En el Cuadro 11 se pueden observar los diferentes tipos de desechos sólidos que se clasificaron en cada categoría. En la sección A se incluyen los componentes del 13 % de material biodegradable de este parque. En esta categoría resaltan los restos de comida. En la sección B se encuentran incluidos los diferentes tipos de desechos del 6 % de materiales recuperables. En este caso, el mayor aporte es de envases plásticos. Finalmente en la sección C, se pueden observar

los diferentes tipos de desechos que se encuentran incluidos en el 59 % del material no recuperable. Los componentes que predominan en esta categoría son: otros plásticos, vasos y cajas de cartón y papel. Los porcentajes descritos en este párrafo, pertenecen a la información exhibida en la Gráfica 5.

**Gráfica 5 Producción de Desechos Sólidos de Acuerdo a su Categoría, en el Parque Acuático.**



**Cuadro 11 Componentes físicos de la materia biodegradable, recuperable y no recuperable del parque Acuático.**

A. Materia biodegradable		Total (%)	B. Material recuperable		Total (%)	C. Material no recuperable		Total (%)
1	Resto de comida	65.42	1	Latas de aluminio	11.85	1	Otras latas	1.96
2	Papel higiénico	18.57	2	Envases plásticos	72.31	2	Otros plásticos	26.12
3	Hojarasca	16.00	3	Vidrio	8.27	3	Cartón	13.58
			4	Papel bond	7.57	4	Papel	23.35
						5	Textil	3.50
						6	Papel aluminio	1.96
						7	Duroport	1.40
						8	Madera	0.89
						9	Vasos y cajas de cartón	27.06
						10	Otros	0.17
<b>Total</b>		<b>100</b>	<b>Total</b>		<b>100</b>	<b>Total</b>		<b>100</b>

### Parque Temático

**a. Producción per cápita per día de basura (PPC).** En el caso de este parque para determinar la PPC, se pesó los residuos sólidos de un solo sector por tratarse únicamente de un servicio de recreación. Los resultados de los pesos promedio de los residuos sólidos producidos en una semana se encuentran en la Gráfica 1. El detalle de los pesos se encuentra en el Cuadro B del Apéndice 5 y las poblaciones de visitantes y empleados se encuentran en el Cuadro 12. De estos datos obtenidos en este estudio, se derivaron la  $PPC_1$  que es de 0.28 kg/visitante/día y la  $PPC_2$  (ponderada) que es de 0.38 kg/visitante/día.

Cuadro 12 Población muestral de visitantes y empleados del parque Temático.

Población	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7	Total Visitantes	Visitantes Promedio
Total de visitantes	0	0	0	1088	2967	3837	3707	11,599	1657
Total de empleados	364	364	364	729	729	729	729	4008	573

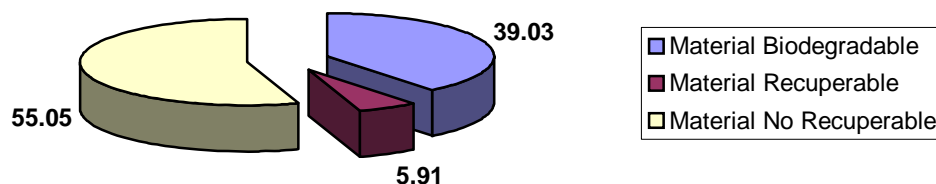
**b. Composición Física.** El muestreo de la composición física se realizó del 28 de agosto al 6 de septiembre del año 2002. El mayor porcentaje de desechos sólidos producidos en este parque se encuentra en la categoría de material no recuperable. El cual no difiere significativamente en proporción de los residuos biodegradables y la menor producción es de materiales recuperables (ver Gráfica 6).

En el Cuadro 13 se pueden observar los diferentes tipos de desechos sólidos que se clasificaron en cada categoría. En la sección A se incluyen los componentes del 39 % del material biodegradable de este parque. En esta categoría resaltan los restos de comida. En la sección B se encuentran incluidos los diferentes tipos de desechos del 6 % de materiales recuperables. En este caso, el mayor aporte es de latas de aluminio, envases plásticos y vidrio. Finalmente, en la sección C se pueden observar los diferentes tipos de desechos que se encuentran incluidos en el 55 % del material no recuperable. Los componentes que predominan en esta categoría son: otros plásticos y cartón. Los porcentajes descritos en este párrafo, pertenecen a la información exhibida en la Gráfica 6.

Cuadro 13 Componentes físicos de la materia biodegradable, recuperable y no recuperable del parque Temático.

A. Materia biodegradable		Total (%)	B. Material recuperable		Total (%)	C. Material no recuperable		Total (%)
1	Restos de comida	70.42	1	Latas de aluminio	32.46	1	Otros plásticos	54.08
2	Papel higiénico	11.57	2	Envases plásticos	39.22	2	Cartón	32.24
3	Hojarasca	18.00	3	Vidrio	25.05	3	Papel	8.57
			4	Papel bond	3.27	4	Textil	2.45
						5	Metales férricos	2.24
						6	Otros	0.41
<b>Total</b>		<b>100</b>	<b>Total</b>		<b>100</b>	<b>Total</b>		<b>100</b>

Gráfica 6 Producción de Desechos Sólidos de Acuerdo a su Categoría, en el Parque Temático.

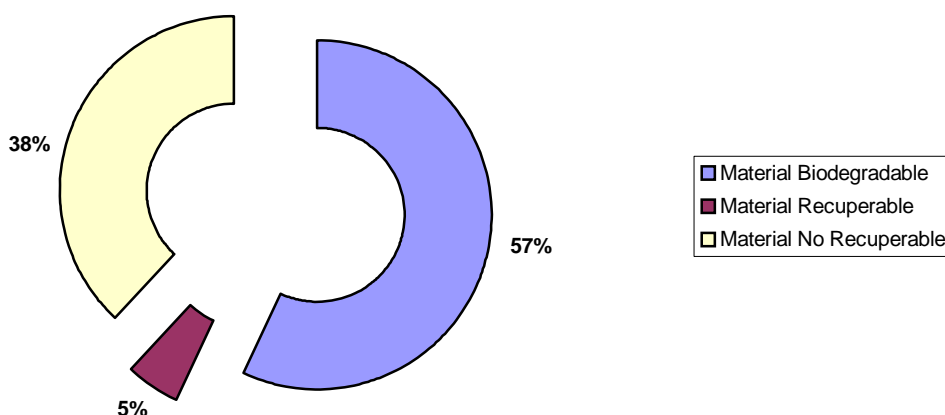


En el Cuadro 14 se presenta un resumen con el total en peso de la materia biodegradable, material recuperable y material no recuperable de los tres parques. Asimismo, en la Gráfica 7 se exhiben los porcentajes del promedio de los residuos producidos en una semana por los tres parques. Predomina el material biodegradable, seguido por el material no recuperable. En el caso del material recuperable, su proporción es considerablemente menor comparada con las otras dos categorías.

**Cuadro 14 Resumen de la producción de residuos sólidos, incluyendo su respectiva categoría de los tres Parques.**

Componente	Acuático	Temático	Vacacional	Total
	Peso promedio (Kg)	Peso promedio (Kg)	Peso promedio (Kg)	Peso promedio/día de los 3 parques (Kg)
A. Materia biodegradable	33.62	246.33	773.08	1053.03
B. Material recuperable	16.61	37.33	42.51	96.45
C. Material no recuperable	216.35	347.40	134.41	698.16
<b>TOTAL</b>	<b>266.58</b>	<b>631.06</b>	<b>950</b>	<b>1847.64</b>

**Gráfica 7 Producción de Desechos Sólidos de Acuerdo a su Categoría, en los Tres Parques en Estudio.**



#### d. Prueba de Densidad

Las densidades de la materia biodegradable y recuperable se determinaron diariamente del 28 de agosto al 6 de septiembre y resultados se encuentran en el Cuadro 15. En el caso de la densidad del material no recuperable la prueba se realizó con el material compactado de los tres parques del último día de muestreo, la cual es de 315 Kg/m<sup>3</sup>.

**Cuadro 15 Densidades de Material Biodegradable y Recuperable de los tres parques.**

Componente	Densidad (Kg/m <sup>3</sup> )		
	Vacacional	Acuático	Temático
<b>A. Materia biodegradable</b>	493	245.00	250.48
<b>B. Material recuperable</b>			
1 Latas de aluminio	81.84	36.36	39.54
2 Envases plásticos	23.15	19.26	19.63
3 Vidrio	960.91	374.14	104.63

## 2. Análisis de laboratorio

**a. Análisis de materia orgánica (MO) inicial (fresca).** Este análisis de MO se realizó el 30 de mayo del 2002 y se envió de inmediato al laboratorio LABIND, donde se determinaron el pH y el porcentaje de humedad. Los resultados se presentan en el Cuadro 16.

Respecto al pH, los más ácidos se encuentran en el sector 2 (cocinas y restaurantes) del parque Vacacional y en los residuos de alimentos del parque Acuático. Todos los demás tienen una tendencia neutra a básica.

En el caso de la humedad, el mayor porcentaje se puede observar en la hojarasca del Vacacional y en los residuos de alimentos aportados por el parque Acuático.

**Cuadro 16 Análisis de materia orgánica inicial sin compostar.**

Identificación	Parámetros	
	pH	Humedad (%)
Sector 1 Parque Vacacional	8.31	44.97
Sector 2 Parque Vacacional	4.28	55.03
Sector 3 Parque Vacacional	6.60	49.78
Hojarasca Parque Vacacional	7.27	70.28
Parque Acuático	5.28	72.04
Promedio	6.35	58.42

Para ver más detalles en los reportes de laboratorio ver **Apéndice 3**.

### **b. Análisis del compost producido empíricamente en el área de**

**Samalá.** Este análisis se realizó el 30 de mayo del 2002. En el Cuadro 17, se muestran los resultados que contienen el pH, relación de carbono/nitrógeno (C/N), porcentaje de nutrientes y contenido de metales.

En ambas muestras de Compost el pH tiene una tendencia de neutro a básico. En general, el aporte de nutrientes básicos (N, P, K) es relativamente menor al de los demás oligoelementos.

Se incluye un cuadro que exhibe las concentraciones de metales pesados que no son tóxicas para las plantas. Comparándolas con los valores obtenidos en este estudio se determinó que el Compost, producto de los residuos generados en los parques, no es dañino para los jardines (ver Cuadro 18).

**Cuadro 17 Análisis de compost producido en el área de Samalá.**

Identificación	pH	C/N	(%)								ppm			
			M.O	C	N	P	K	Ca	Mg	Na	Cu	Zn	Fe	Mn
Compost 1	7.9	10:01	19.3	11.20	1.13	0.0027	0.19	1.81	0.32	0.019	20	95	1375	95
Compost 2	7.3	8:1	11.98	16.90	0.84	0.0110	0.053	2.56	0.35	0.065	25	90	1050	275
Promedio	7.6	9: 1	15.64	14.05	0.99	0.0069	0.1215	2.19	0.34	0.042	23	93	1213	184

Para ver más detalles en los reportes de laboratorio ver Apéndice 3.

**Cuadro 18 Cuadro comparativo de contenido en metales pesados en ppm de diferentes residuos orgánicos.**

Compuesto	Compost promedio De IRTRA	Compost residuos sólidos Urbanos
Zn (Ppm)	93	325
Mn (Ppm)	184	191
Cu (Ppm)	23	93

Fuente: González y Rodríguez, 1999; Paulet, 2000.

## B. Ordenamiento del manejo de residuos sólidos

### 1. Evaluación del manejo de desechos sólidos en el área de estudio.

Actualmente, el IRTRA en Retalhuleu, realiza un tratamiento empírico de los desechos sólidos en un terreno perteneciente a la institución y cercano a un lecho del río Samalá. Además, ya existen aspectos generales como limpieza de calles, áreas verdes y recolección de residuos en áreas específicas, lo cual se explicará detalladamente a continuación para cada parque.

**a. Parque Vacacional.** En este parque los residuos son recolectados en áreas de servicios, administración, hotelería, cocinas y restaurantes. Seguidamente, son llevados a estaciones de transferencia para ser transportados en un pick up abierto al área de clasificación en el Samalá.

**1) Estaciones de Transferencia.** Los principales puntos de recolecta de los residuos sólidos son los siguientes:

*Estación de transferencia en Arecas.* Este lugar sirve de estación de transferencia para los Hoteles de San Martín y Santa Cruz; la cocina y el restaurante de Arecas. Además, se utiliza también para almacenaje de carbón. Esta estación se puede observar en la figura 14 a (ingreso de los residuos sólidos) 14b (área de carga al pick up para salida de los residuos sólidos).



Figura 14 a



Figura 14 b

*Estación de transferencia de la Hacienda.* En ésta se acopian los residuos de restaurantes, cocinas, bares y áreas de servicios sanitarios de la Hacienda, bodega de A & B, comedor de empleados, vestidores de empleados y oficinas administrativas. Esta estación se puede observar en la figura 15.



Figura 15

*Estación de transferencia de la Isla.* En ésta se acopian los residuos de las cabañas de la Ranchería. Esta consta de dos recipientes metálicos con capacidad de 2 m<sup>3</sup> cada uno y se ubican en frente de la cabaña No. 2 de Sunzales de la Ranchería. Esta estación se puede observar en la figura 16.



Figura 16

*Otras colectas.* En los talleres pertenecientes al departamento de mantenimiento se pasan colectando en cada área los residuos sólidos. Los desechos orgánicos de jardinería son recolectados en puntos específicos que se describirán en la sección del manejo de los mismos. En el caso del área de las piscinas, se encuentran recipientes de basura plásticos sin tapadera y en los caminamientos se encuentran recipientes de basura en forma de tronco también sin tapadera (ver fig. 17). En ambos casos esto no es lo más conveniente porque los desechos atraen mosca y abejas.



Figura 17

2) **Área del manejo empírico en Río Samalá.** Esta área se divide en:  
*Área de Selección.* Ésta tiene una estructura con bases de cemento, techada y cercada con malla plástica, donde se realiza la clasificación de los residuos sólidos del parque Vacacional y del Temático y se puede observar en la figura 18.



Figura 18

El transporte de los residuos en el área se realiza con carretillas de mano como se puede observar en la figura 19.



Figura 19

*Área de compostaje.* Ésta es un área abierta, sin drenajes especiales para lixiviados, que se utiliza para el compostaje de desechos orgánicos (alimentos y papel higiénico) del cual se obtiene abono orgánico para los jardines. El procedimiento consiste en formar montículos de poca altura, al aire libre, que se van volteando cada 15 días, durante cuatro meses, para formar el compostaje. Semanalmente, se forma un montículo con 10 carretillas de hojarasca, 10 carretillas de cáscara de naranja, 10 carretillas de desecho de comida y dos

carretillas de papel higiénico. A cada montículo se le aplica compostín y nitrato de amonio. Regularmente en esta área permanecen aproximadamente 40 montículos en diferentes etapas de descomposición. El material resultante se mezcla con tierra negra y arena blanca para utilizarse en los jardines de los parques. Esto se puede observar en figuras 20 a (inicio del compostaje) y 20 b (compostaje en últimas fases de volteo).



Figura 20 a



Figura 20 b

*Área de manejo de almacenaje de materia orgánica de jardinería.* Ésta tiene varios lugares distribuidos en donde se almacena broza y troncos, se trituran ramas pequeñas, se cortan troncos grandes y se descompone la hojarasca.

*Área de "Relleno Sanitario.* Esta es un área donde se depositan los desechos sólidos no recuperables y se entierran, pero no existe ningún diseño técnico, como se observa en las figuras 21 a y b.



Figura 21 a



Figura 21 b

### 3) **Manejo desechos sólidos**

*En los hoteles y áreas de servicios.* En el área de Hotelería de San Martín, cada camarera tiene a su cargo la limpieza de 12 habitaciones. Al final de la limpieza de cada habitación las camareras recolectan los residuos de los recipientes de basura. En los días de baja ocupación utilizan una bolsa grande de nylon para coleccionar los residuos de las 12 habitaciones y para los días de alta ocupación usan dos. Las camareras también realizan la colecta de la basura del área de lavandería, bodega de blancos y sanitarios del Hotel. En las áreas de servicio, lobby y juegos del hotel, los encargados de dichas áreas recolectan los desechos sólidos. En el caso del

hotel Santa Cruz, se realiza el mismo procedimiento de colecta con la única diferencia de que cada camarera tiene a su cargo la limpieza de 10 habitaciones. Toda la basura de los Hoteles San Martín y Santa Cruz, es trasladada a la Estación de Transferencia de Arecas.

*En las cabañas de la Ranchería*, las camareras recolectan los residuos sólidos de los recipientes de basura de la cocina, los cuales ya tienen bolsa plástica, introducen en una bolsa grande los residuos que se encuentran en el servicio sanitario y recogen la bolsa negra de basura que se encuentra en el bote externo de cada cabaña. Entre semana utilizan 1 bolsa y fines de semana utilizan 2. Estos desechos se depositan en la estación de transferencia de la Isla.

*En los caminamientos y área de parqueos*, el personal de mantenimiento se encarga de la limpieza. Estas áreas se limpian y la basura se traslada a las estaciones de transferencia más cercanas. Los residuos de los botes tipo tronco y plásticos de los caminamientos, se recogen vertiéndolos en bolsas plásticas durante el día y se trasladan a las estaciones de transferencia más cercanas.

*En el área de los vestidores*, los residuos son recolectados por el personal de mantenimiento y trasladados a la estación de transferencia de la Hacienda.

*En las áreas verdes*, el personal de jardinería junta las hojas de palma en el área de las piscinas y las almacenan en la rotonda de la Ceiba. En el caso de los residuos de la poda de grama y Aráquis, los cuales se ubican a la orilla del área recortada, la colecta es programada para que se recojan inmediatamente después de la poda. Para el bambú, también se programa por semana la poda y se coloca en montículos específicos de bambú. La hojarasca en los jardines, dependiendo donde se efectúe la colecta, es depositado por el personal de jardinería en los siguientes puntos: en frente de la Isla de la Ranchería, en el área del Polinesio, en el redondel de la Ceiba y en el parque No. 2 a la par del Chiller. Los troncos son recolectados por el pick up en las áreas donde son cortados. Todos los residuos de jardinería son recolectados en los lugares indicados y se trasladan al área del Samalá donde se colocan en pilas para que se descompongan naturalmente. Para los troncos existe un área designada para el almacenaje de los mismos.

*Los residuos en los restaurantes y áreas de servicios sanitarios de la Hacienda* son recolectados por los conserjes; *en las cocinas, bodega de A & B y comedor de empleados* por los stewards y en *los bares* por el bar tender. En las oficinas administrativas son recolectados por los conserjes de esa área. Todos estos desechos sólidos, son trasladados a la estación de transferencia de la Hacienda.

*Los residuos del restaurante Arecas son colectados por los meseros, los del área de cocina de Arecas, por los stewards y los de las casetas de las piscinas, por las encargadas del punto de venta. Los residuos del área de piscinas, son recogidos por los encargados de limpieza de esa área. Tanto los desechos de las casetas y áreas de piscinas, como los del restaurante y cocina de Arecas, se acopian en la Estación de Transferencia de Arecas.*

**b. Parque Acuático.** Los residuos de la cocina y del restaurante, se recolectan y se llevan a la estación de transferencia que se encuentra en la parte posterior del restaurante Gran Chac. Seguidamente, los desechos son trasladados en un camión a una estación de selección, retirada de las áreas recreativas, pero localizada en el mismo parque.

*Los residuos colectados en las casetas, caminamientos, bodegas, vestidores, comedor de empleados, área administrativa y demás áreas de servicio son trasladados directamente a la estación de selección. De esta estación de selección de los residuos ya clasificados, los residuos recuperables son vendidos en el lugar y el material biodegradable y el no recuperable son trasladados en un camión abierto al área de Samalá (ver figura 22).*



**Figura 22**

**1) Estaciones de transferencia.** La única estación de transferencia se encuentra ubicada en la parte posterior del Gran Chac. Ésta es un cuarto con cuatro compartimentos.

**2) Estación de selección del Parque Acuático.** Es una estructura abierta construida con bases de madera y techos de cartón y plástico. Aquí se realiza una clasificación que se divide en: residuos recuperables que el parque acuático vende in situ, entre los cuales se encuentran los inorgánicos (tambos de plástico de cloro, pintura y de químicos para limpieza de piscina, latas de aluminio de agua gaseosa y jugos, vidrio y llantas) y orgánicos (madera). Entre los que no venden se encuentran la materia biodegradable (papel, residuos de comida, cartón manchado y papel higiénico) y los no recuperables (duroport, papel aluminio, entre otros). Cada residuo de acuerdo a su clasificación es introducido en tambos. Los que se venden se almacenan en el área para ser recolectados por sus compradores. Los no recuperables y la materia biodegradable se recolectan y se trasladan en un camión abierto al Samalá. Los primeros se vierten

directamente en el “relleno sanitario” y los otros se depositan en el área del Compost (menos los pellejos del pollo que también se entierran). Esta estación se puede observar en la figura 23.



Figura 23

3) **Manejo de desechos sólidos.** Cada puesto de venta, cocina y Restaurante Gran Chac tienen recipientes de basura de pedal. Los residuos de *la cocina y restaurante* son colectados por el personal de limpieza de esa área. Con un recorrido rutinario, los de las *casetas, caminamientos y otros puestos de venta*, son recolectados en carros plásticos abiertos desde las tres de la tarde hasta las cinco, hora en que cierra el parque. En los recipientes de los caminamientos si las bolsas están llenas las sacan y las introducen en los carretones, si no se vierte la basura en el carretón y dejan la bolsa en el mismo recipiente. Toda la basura se queda guardada en el área para ser procesada el día siguiente a las siete de la mañana.

#### c. **Parque Temático**

En este parque los residuos sólidos de las cocinas, restaurantes, cafés, puntos de ventas, caminamientos, áreas administrativas, áreas de servicios y discoteca se recolectan y se llevan a las diferentes estaciones de transferencia. Seguidamente, los desechos son trasladados en un camión al área empírica de manejo de residuos del Samalá.

1) **Estaciones de transferencia.** Los principales puntos de recolecta de los residuos sólidos son los siguientes:

*Estación de la Marisquería.* Ésta es un cuarto de basura de tres puertas que se encuentra ubicado en la parte posterior de la cocina de la Marisquería. No tiene drenajes externos para lavado y eliminación de lixiviados. Esta estación se puede observar en la figura 24.



Figura 24

*Estación de Italia.* Ésta es un cuarto de basura que se encuentra en un área contigua al comedor de empleados y sanitarios de personal y que se encuentra sin drenajes con puerta de metal y ventanas de cedazo. Inapropiado para este tipo de uso. Esta estación se puede observar en la figura 25.



Figura 25

*Estación de España.* Ésta es un cuarto de basura con tres compartimientos angostos y profundos que se encuentra en la calle de servicio de España. No tiene drenajes externos para lavado y eliminación de lixiviados. Esta estación se puede observar en la figura 26.



Figura 26

2) **Manejo de desechos sólidos.** Los residuos sólidos de los *puestos de venta de souvenirs y oficinas administrativas*, son trasladados a las estaciones de transferencia más cercanas en las mañanas antes de que abra el parque por el personal de limpieza.

Los desechos sólidos de los botes de basura de los *camina*mientos son recolectados al final del día después de que se cierra el parque a la estación de transferencia más cercana, siempre por el personal de limpieza.

En el caso de *las cocinas y puestos de venta de alimentos y bebidas*, estos son trasladados a las estaciones de transferencia, por los stewards, varias veces al día y se recolectan una vez en la mañana y otra en la tarde por la alta producción de los mismos. Los residuos sólidos generados en las *cocinas y restaurantes Danielli, Tratoria, comedor de empleados de Italia, Café bistro, Café Terrazas y la heladería Italiana*, son acopiados en la estación de transferencia de Italia. En el caso de los desechos producidos en *la cocina y restaurante Español, Churrería, heladería en Alemania, cervecería Alemana, Kiosco para Niños, comedor de empleados de España y Fandango*, éstos son acopiados en la estación de transferencia de España. Finalmente, los residuos de las *cocinas y restaurantes El Comendador, La Marisquería y Café Guatemala*, son acopiados en la Estación de la Marisquería.

Los desechos sólidos de todas las estaciones de transferencia, son recolectados por el personal de limpieza del departamento de mantenimiento, en un pick up abierto, al área de Samalá.

## **IX. PROGRAMA DE EDUCACIÓN AMBIENTAL**

### **A. Personal de los Parques**

Para el personal deben existir dos tipos de entrenamiento dirigidos a:

#### **1. Personal directamente relacionado en el proceso del manejo de los desechos sólidos en la planta.**

**Objetivo:**

Que el personal de la planta se entrene adecuadamente para efectuar su trabajo en el área y que establezca la importancia del manejo integral de los desechos sólidos en la planta.

Temas a incluir en la capacitación:

- Conceptos generales
- Compostaje
- Vertedero controlado/ relleno sanitario
- Saneamiento ambiental
- Manejo del vidrio impartido por VICALO
- Manejo del plástico impartidos por recicladora de Centro América, S. A.
- Producción de desechos orgánicos
- Manejo de desechos peligrosos
- Otros.

#### **2. Todo el personal**

**Objetivo:**

Que el personal de los parques participen y colaboren, en su área respectiva con el manejo integral de desechos sólidos de los parques en estudio.

Temas a incluir en la capacitación:

- Conceptos de desechos sólidos
- Selección en la fuente
- Impactos de la contaminación por desechos sólidos
- Manejo de residuos sólidos y concientización

### **3. Otros aspectos:**

- Todo el personal debe realizar una visita a la planta de tratamiento al menos una vez al año.
- Elaboración de un Manual Base de Capacitación de Manejo de Desechos Sólidos para todo el personal que labora en los parques.
- Elaboración de controles de cumplimiento de selección en la fuente por supervisores de cada área.

## **B. Visitantes de Entidades**

**Para los visitantes de municipalidades u otros entes que tengan interés en conocer el modelo:**

### **Objetivo:**

Que los participantes interactúen con el manejo integral de desechos sólidos a través de la visita en la planta de tratamiento dirigida por el Encargado de la Planta.

**Cantidad Máxima de personas por grupo: 12.**

### **Actividad 1:**

Visita del grupo a la planta. Los visitantes serán llevados al parque Acuático, en uno de los trenes que se utilizan para recoger a las personas hospedadas en el hotel o si vienen de afuera la reunión será en el parque. Seguidamente, los visitantes serán recogidos por el encargado de la planta para trasladarlos al lugar y se seguirá el siguiente programa:

- a. Presentación del Encargado de la Planta, establecimiento de normas a seguir para visitar la planta y plática introductoria de conceptos generales del manejo integral de desechos sólidos.
- b. Recorrido y explicación de las unidades de tratamiento, iniciando por el ingreso al área de clasificación, seguidamente por el almacenaje de materiales recuperables, cámaras de compostaje y finalmente por el vertedero controlado.

**Actividad 2:**

Reunión en sala de usos múltiples para responder preguntas, atendidos por el encargado de la planta.

**Actividad 3:**

Despedida de los participantes y entrega de un trifoliar educativo.

## **C. Visitantes de los Parques**

### **1. Trifoliales**

**Objetivo:**

Que los visitantes tomen consciencia a través del mensaje de educación ambiental contenido en el trifoliar.

**Actividad:**

Al ingreso de la recepción de Hostales y taquillas de los parques Acuático y Temático, se repartirán los trifoliales uno por grupo de personas.

### **2. Recorrido a la Planta**

**Objetivo:**

Que los participantes observen una planta de tratamiento de Desechos Sólidos en un parque recreativo.

**Cantidad de personas por grupo: 25.**

**Actividad:**

Para los visitantes, al construir futuros proyectos, se recomienda que como en el caso del ferrocarril del parque Temático, parte del recorrido sea la planta de tratamiento de desechos sólidos. Al llegar a la planta, se correrá una grabación que describa los objetivos del manejo integral de desechos sólidos y un resumen del funcionamiento del mismo.



Nunca olvides estas reglas básicas:

- No tires la basura en la calle.
- Si no lo necesitas no te excedas en llevar bolsas extras plásticas en el supermercado.
- Recicla tu papel bond, úsalo de los dos lados y luego llévalo a los puestos de acopio para venderlo.
- Los restos de alimentos pueden ser parte del abono de tu jardín.

## Conociendo el Manejo de los Desechos Sólidos en mi País

### ¿Desechos sólidos?

Les llamamos así a las basuras o residuos que ya no nos sirven.



### ¿Por qué no es bueno tirar tus desechos sólidos en la calle?

Sígueme y te explicaré. ¡Seguro te asombrarás!

### Proliferación de plagas

Las moscas, ratas y otras plagas son atraídas, se alimentan y se reproducen en los residuos sólidos.



### Problemas con enfermedades

Los microbios crecen se alimentan en los desechos sólidos y se trasladan a través del aire, las moscas, a nuestras casas donde se contaminan nuestros alimentos, el agua, etc.

Nml. 

IRTRA

Planta de Tratamiento de Desechos Sólidos  
IRTRA

Como se mira nuestra ciudad, es como se refleja quiénes somos como guatemaltecos.

La belleza de Guatemala es un atrayente para muchos turistas de otros países y como tal si se encuentra contaminada, refleja las costumbres de las personas que viven en ella.



¿Sabías tú que podemos reusar muchas de nuestras basuras?

Por ejemplo: el papel bond que ya lo usaste de un lado lo puedes utilizar para memos o notas del otro lado. Además, luego lo puedes juntar y venderlo en el centro de acopio de papel



IRTRA



## Conociendo el Manejo de los Desechos Sólidos en mi País

¿Qué haces tú con tus desechos sólidos?



Instituto de Recreación de los Trabajadores de la Empresa Privada de Guatemala

¿Sabías que los restos de alimentos pueden regresar nuevamente a la tierra?

Los restos de alimentos se ponen a descomponer en un proceso llamado compostaje y se convierten en abono para tu lindo jardín.



Cuida tu ciudad,  
Cuida tu planeta,  
No lo contaminas,  
Y  
Seguirá siendo  
El sustento diario  
Tuyo y de tus próximas  
generaciones.  
Un mensaje de  
IRTRA



IRTRA

Planta de Tratamiento de Desechos Sólidos  
IRTRA  
Km., 180.5, San Martín Tzapotitlán, Retalhuleu.

## X.PROGRAMA DE MANEJO INTEGRADO DE DESECHOS SÓLIDOS DEL COMPLEJO IRTRA EN RETALHULEU: VACACIONAL TZAPOTITLÁN, ACUÁTICO XOCOMIL Y TEMÁTICO XETULUL

Este programa de Manejo Integrado de Desechos Sólidos presenta aspectos generales que los tres parques deben considerar, como también especificaciones para cada uno, que se describen a continuación.

### A. ASPECTOS GENERALES

#### 1. Especificaciones de manejo - separación en el origen

La separación en el origen, debido a factores como educación y funcionalidad en la operación de los parques y para facilitar el manejo de los residuos en la planta de tratamiento, se debe realizar de acuerdo a las siguientes consideraciones:

**a. Cocinas, cabañas y puestos de venta donde se generen desechos sólidos biodegradables, materiales recuperables y no recuperables.** Estos lugares tendrán una separación en el origen dividida en dos y se describe a continuación:

- 1) **Material biodegradable** que incluye principalmente restos de alimentos, papel higiénico, servilletas sucias y hojarasca se introducirá en recipientes plásticos de basura, que se les pintará una franja de color verde y que se les colocará un letrero que indique "material biodegradable" y no se les pondrá bolsa plástica. Los recipientes llenos se sacarán montados en una carretilla de acarreo y se sustituirán por uno limpio, las veces que sean necesarias de acuerdo a la ocupación y eventos en los parques. Estos se introducirán en las estaciones móviles, las cuales al estar llenas se transportarán a la planta de tratamiento. El material biodegradable de los recipientes se verterá directamente a las cámaras de compostaje.
- 2) **Materiales recuperables** (vidrio, envases plásticos y latas de aluminio) y **materiales no recuperables** (palillos, focos quebrados, etc.) se introducirán juntos en un recipiente de basura, el cual se marcará con una franja amarilla, rotulándolo como "otros residuos" y con una bolsa interior de color negro, Estos residuos por contener un porcentaje bajo de material diluible (transformable en lixiviados) pueden recolectarse en bolsa plástica y serán acopiados en la estación de transferencia móvil más cercana, la cual al estar llena se transportará a la planta de tratamiento. Estos materiales se clasificarán en el área de selección en la planta.

**b. Áreas de vestidores e instalaciones sanitarias, tanto de empleados como de visitantes, donde los residuos que se componen en su mayoría son papel higiénico y /o toallas sanitarias.** En este caso no se realizará ninguna separación particular sino que solamente se colectarán los residuos en una bolsa de color blanco y se llevarán a la estación de transferencia móvil más cercana, la cual al estar llena se transportará al área de selección de la planta de tratamiento. A estos desechos se les eliminarán las toallas sanitarias y juntamente con el resto de residuos que se encuentren en el proceso de selección, se trasladarán a las cámaras de compostaje. Las bolsas y las toallas sanitarias se verterán en el relleno sanitario.

**c. En caminamientos y área de piscinas,** no se puede efectuar una separación previa, por lo tanto los residuos de los recipientes de basura se recolectarán en un recorrido diario como ya se hace en cada parque (ver especificaciones de cada parque). Estos se verterán en bolsas negras que luego se introducirán en un carretón o carretilla, para ser trasladados a las estaciones de transferencia móviles más cercanas, para luego ser llevados al área de selección en la planta de tratamiento.

**d. En las oficinas administrativas y restaurantes** la mayor parte de residuos son materiales de oficina. En este caso la separación se dividirá en dos y se describe a continuación:

1) *El papel bond*, que no se encuentre húmedo, debido a la confidencialidad de la información de la institución, se desmenuzará y se almacenará en bolsas transparentes, las cuales serán recolectadas y transportadas a la estación de transferencia móvil más cercana. De la estación, se llevarán al área de almacenaje de papel en la planta de tratamiento para acopiarse y venderse.

2) *Los demás residuos*, se verterán en bolsas negras que luego se llevarán a la estación de transferencia móvil más cercana, para luego ser trasladados al área de selección en la planta de tratamiento.

**e. Desechos de jardinería.** Estos seguirán siendo colectados como se hace actualmente, la única diferencia es que se utilizará una bolsa plástica de color verde, siempre acopiándose y procesándose en el área del Samalá. El material necesario para mejorar el Compost (porcentajes que se determinarán en estudios posteriores) se llevará del Samalá a la planta de tratamiento, para combinarlo con los residuos orgánicos.

**f. Desechos de los talleres y construcción.** Estos se pueden acumular en tambos metálicos o plásticos sin tapadera. Además, se deben trasladar en estos recipientes sin trasegarlos para verterlos directamente en el relleno sanitario en el área de la planta de tratamiento. El ripio puede utilizarse para arreglar los caminos en el área de Samalá y de la planta de tratamiento.

A continuación se detalla las especificaciones de equipo propuesto para desarrollar el programa de manejo.

**3. Recipientes de basura.** Los diferentes tipos de recipientes que se recomiendan se describen a continuación:

**a. Para materiales biodegradables**

Se recomienda botes con pedal y tapadera, los cuales puedan engancharse a una carretilla de transporte (ver Figuras 27a y b). En el caso de las áreas de las cocinas, donde la descarga de desechos sólidos por los meseros es continua, los recipientes deben tener un sistema para mantenerse abiertos mecánicamente. Deben existir recipientes sustitutos para suplirlos cuando se llenen y se retiren del área.

**b. Para Materiales recuperables y no recuperables.** Para este fin existen dos opciones:

- 1) Reconstruirlos de los botes de cloro vacíos, instalándoles un sistema de pedal o rodilla (ver Figura 28).
- 2) Comprar botes de pedal pero se debe tomar en cuenta que para este tipo de residuos no es necesario que tengan el sistema de enganche a la carretilla de acarreo.

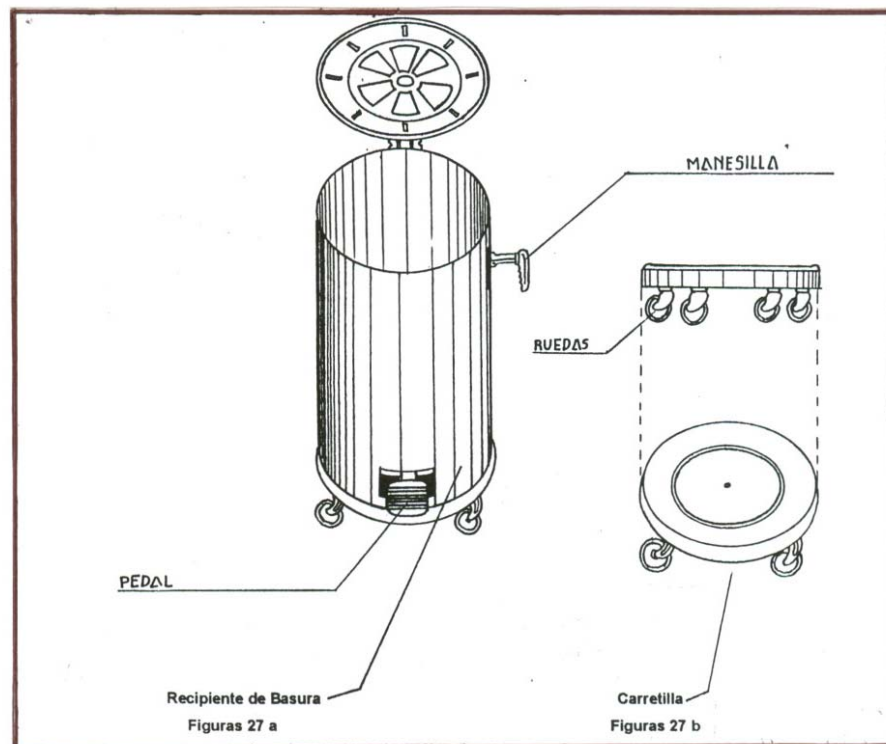




Figura 28

3) En los caminamientos deben utilizarse botes con tapadera, el modelo que prefieran, lo único es que el visitante no debe contaminarse al tocar la tapadera.

4) Para los talleres, por el tipo de residuos, se pueden seguir utilizando los que tienen actualmente, que son toneles abiertos, de plástico o metal.

5) Para las oficinas administrativas y restaurantes, por el tipo de residuos, se pueden seguir utilizando los que tienen actualmente, que son plásticos y abiertos.

**4. Carretones de Recolección.** Estos deben ser como los de las Figura 29, que ya se utiliza en Xocomil, pero preferentemente el de la Figura 30 que contiene tapadera.



Figura 29



Figura 30

**5. Estaciones de Tránsito.** Para las estaciones de transferencia móviles se recomiendan, carretones que tengan tres puertas, una que representa la mitad de la altura del carretón que funcionará como rampa para subir los recipientes de basura (no se propuso que la puerta fuera del alto total del carretón debido al peso de la misma) y las dos puertas superiores que serán abatibles para su fácil manejo (ver figuras 31 a y b, 32). Cada parque debe tener su propio vehículo y equipo de recolección.

Las dimensiones de los carretones sugeridas son las siguientes: 8 pies X 6 pies X 5 pies.

Para definir estas medidas se tomaron en cuenta los siguientes criterios:

a. El peso que se ajuste a la capacidad soporte de los vehículos de transporte del IRTRA para jalar las unidades. Aunque lo que se recomiendan es que sean jalados por un tractor en cada parque.

b. La altura estará de acuerdo al alto promedio de una persona, la cual se encargará de entrar en la unidad y sacar los botes y bolsas plásticas con los residuos.

No se tomó en cuenta el volumen que se produce porque puede ser variable dependiendo de los niveles de ocupación. Para los puntos máximos de generación se puede aumentar la frecuencia de colecta para hacer óptimo el rendimiento del sistema planteado.

Se investigó que empresas podrían construir este tipo de unidades en Guatemala, de las cuales ROSMO y Gustavo Molina presentaron propuestas factibles. De ambas, ROSMO, debido al diseño y durabilidad de materiales podría ser la más conveniente. No obstante, se hace la aclaración que el IRTRA puede realizar otras investigaciones para poder mejorar las condiciones y reducir costos de los mismos.

A continuación se describen las dos propuestas:

**1) Modelo de Gustavo Molina.** Este se presenta en las Figuras 31 a y b y sus especificaciones son las siguientes:

Dimensiones y capacidad: 4 x 8 x 4 pies.

***Características:***

- Chasis y caja construidos con tubo cuadrado de hierro de 2x2
- Piso de metal antideslizante.
- Laterales de lámina lisa.
- Aros y llantas Ring 15 D/S.
- Loderas con reflector de luz.
- Luces de circulación, pivevias. Stops de emergencia y de placa.  
(Incluye conector para vehículo remolcador).
- Acolpe para chibola de 2" , con cadena y ganchos de seguridad de acero inoxidable.

Eje Heavy Duty, con sistema "E-Z Lube", esto permite que la grasa fluya tanto al cojinete interior como al cojinete exterior, cuando se engrasa el eje a través de UNA SOLA GRASER, de cada lado, sin tener que DESARMAR LA BUFA. Los componentes de rodamiento están protegidos contra corrosión o entradas de agua, pues permanecen sellados constantemente.

- Construido bajo un estricto control de calidad, todos los componentes sobrepasan las especificaciones OEM.

**Costo:** US\$ 1,910.00 (más IVA) /cada unidad.



Figura

31

a

Figura 31 b

2) **Modelo de ROSMO.** Éste se presenta en la Figura 32. Esta empresa presentó dos propuestas con diferentes materiales y sus especificaciones son las siguientes:

□ **Diseño con Fibra de Vidrio**

**Dimensiones y capacidad:** 8 X 5 X 5 pies, capacidad de más de 1500 lbs.

**Características:**

- Plataforma de acero de 3/16 y 2.10 mm. De espesor.
- Jalador tipo lanza con lagarto para enganchar a chibola.
- Pata de soporte para estacionar o enganchar.
- Estructura en perfilería FOSFATADA de 1.5 mm. de espesor.
- Piso galvanizado troquelado calibre 20.
- Forros laterales y de puertas en plancha de FIBRA DE VIDRIO en doble capa pulida.
- Techo de cubierta de FIBRA DE VIDRIO pulida plana.
- Suspensión de 1 eje y 2 llantas Ring 12.
- Loderas redondeadas.
- Sistema eléctrico de stops, pivevias y de navegación, con arnés protegido.
- Fondo Primer anticorrosivo y esmalte sintético en áreas metálicas.
- Color integrado a su elección.

**Ventajas del forro de FIBRA DE VIDRIO.**

- Fácil, rápido y económico de reparar. Porque son fabricantes y diseñan sus propios moldes.
- Liviano. Lo que permite mayor rentabilidad y tiempo útil de su vehículo.
- 0 (cero) Filtraciones de Agua por su diseño aerodinámico y por no usar remaches ya que es de una sola pieza.
- Resistente y Durable. Por su grosor y el nuevo sistema de cerchas incrustadas.
- Mayor claridad interior.
- Nivel de temperatura más baja, favoreciendo la transportación de sus productos.

#### □ Diseño fosfatado

Las características y dimensiones son las mismas que las del modelo anterior, la única diferencia es que el proceso de Fosfato de Zinc por inmersión, que se aplica a la lámina en cuatro procesos diferentes, (desengrasado, decapado, fosfatizado y sellado) permite que sea más fácil de maniobrar, extiende su durabilidad y evita en alto grado la corrosión.

**Costo de ambas opciones:** \$US 1,555.00 (más IVA) /cada unidad.

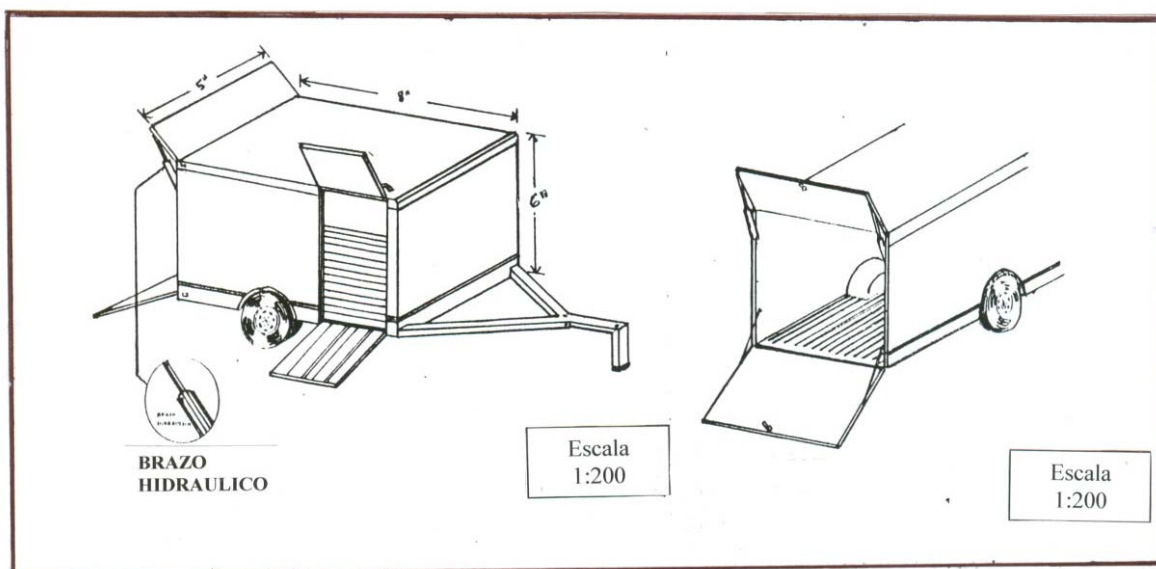


Figura 32

**Forma de empleo de las estaciones móviles de transferencia:** Los carretones al estar llenos se engancharán al pick up o tractor para ser trasladados a la planta. En su lugar se deja uno limpio y desinfectado. En la planta de tratamiento, se descarga, se lava y desinfecta y se traslada a otra estación para recoger otro carretón y dejarlo en esta área.

**A continuación se presentan las especificaciones para cada parque.**

### Parque Vacacional

Los detalles para las diferentes áreas se describen a continuación en los siguientes cuadros:

**Cuadro 19 Especificaciones para áreas de cocinas y bodegas de A & B**

Frecuencia de recolección	Horario de recolección	Equipo de acopio en el lugar	Equipo de recolección	Personal
La frecuencia de recolección no cambia, sigue siendo diaria.	Las veces que sean necesarias.	En estas áreas se recomienda tener dos recipientes de basura, por área de preparación (pastelería, tortillería, área de cocción, etc.), los cuales son: 1. Recipiente de basura para materiales de fácil degradación, que debe encontrarse identificado con color verde y rotulado con "Material Biodegradable" para residuos que incluyen servilletas de papel, alimentos y carbón. No necesita bolsa plástica interior. 2. Recipiente de basura que debe encontrarse identificado con el rótulo de "materiales recuperables y no recuperables" y que se debe pintar con amarillo para introducir todo lo demás, lo cual se clasificará en el área de selección. Este bote si debe incluir bolsa negra.	Los residuos biodegradables se recolectarán en el mismo recipiente de basura, enganchándolo a la carretilla de acarreo, se colocará en el área un recipiente sustituto y el otro se cargará en la estación móvil. Los residuos recuperables y no recuperables se retirarán del área, sacando las mismas bolsas plásticas negras de los botes si estuvieran llenas. Si se encuentran a la mitad, se vierten en una bolsa aparte que servirá para coleccionar este tipo de residuos de toda la cocina.	Steward

**Cuadro 20 Especificaciones para el hotel.**

Frecuencia de recolección	Horario de recolección	Equipo de acopio en el lugar	Equipo de recolección	Personal
La frecuencia de recolección no cambia, sigue siendo diaria.	Los residuos se recomienda que se sigan recolectando en el mismo horario establecido por el parque. 1. Cuando se realiza la limpieza de habitaciones ocupadas. 2. Después de las 13:00 horas, después de que se desocupan las habitaciones (de lunes a sábado). 3. Después de las 15:00 horas, después de que se desocupan las habitaciones (domingos).	Se seguirán utilizando los mismos recipientes plásticos que se tienen actualmente en el hotel.	En el hotel se recomienda que se recolecten los residuos en bolsas plásticas. Las camareras realizarán la clasificación en la fuente separando los residuos de los recipientes de basura de la siguiente forma: 1. En bolsas blancas se introducirán los restos de alimentos, papel higiénico y servilletas de papel. 2. En bolsas negras se introducirá todo lo demás. Ambas bolsas serán trasladadas a la estación móvil localizada en Arecas. Se le debe proporcionar guantes plásticos desechables para realizar este trabajo.	Camarera.

**Cuadro 21 Especificaciones para área de vestidores e instalaciones sanitarias.**

Frecuencia de Recolección	Horario de recolección	Equipo de acopio en el lugar	Equipo de recolección	Personal
La frecuencia de recolección no cambia, sigue siendo diaria.	Se recomienda seguir utilizando los horarios de limpieza diaria ya establecidos en el parque.	Botes de basura plásticos con tapadera, de paleta o de pedal con bolsa blanca interior.	En estas áreas se coleccionarán los residuos sacando la bolsa blanca del recipiente y se llevará a la estación móvil más cercana.	Personal de mantenimiento y conserjes.

**Cuadro 22 Especificaciones para área de restaurantes y oficinas administrativas.**

Frecuencia de recolección	Horario de recolección	Equipo de acopio en el lugar	Equipo de recolección	Personal
En restaurantes diariamente. En oficinas cada dos días.	En los horarios de limpieza diaria ya establecidos en el parque.	Botes de basura plásticos sin tapadera.  En las áreas administrativas la única diferencia de las otras áreas de servicios es que se desmenuzará el papel separándolo de los demás residuos los cuales se retiran del área en una bolsa plástica transparente.	Bolsa transparente para pael desmenuzado o tickets de restaurantes. Bolsa negra para todo lo demás. Estas serán llevadas a la estación de transferencia más cercana.	Conserjes

Cuadro 23 Especificaciones para área de caminamientos y área de piscinas

Frecuencia de recolección	Horario de recolección	Equipo de acopio en el lugar	Equipo de recolección	Personal
Una vez al día.	Esta recolección se iniciará a las dos de la tarde.	Botes de basura con diseño que contenga tapadera pero que el visitante no lo toque. Los plásticos contendrán bolsa negra y los troncos no. A estos últimos se les debe diseñar una tapadera como se puede observar en la Figura 33.	Se recolectará la bolsa negra si se encuentra llena o se coleccionarán los residuos de la misma en otra bolsa del mismo color, si se encuentra a la mitad, llevándose a la estación móvil más cercana.	Personal de mantenimiento.

Cuadro 24 Especificaciones para área de talleres y desechos de construcción

Frecuencia de recolección	Horario de recolección	Equipo de acopio y recolección	Personal
Cuando se necesite.	Se debe coordinar con el encargado de mantenimiento.	Dependiendo del tipo de residuos. En el caso del ripio este se puede utilizar en la entrada de la planta o se trasladará al Samalá, acopiándolo en el lugar que indique el personal de mantenimiento, pues servirá para los caminamientos. Todo lo demás, alambre, madera húmeda, etc., que ya no se pueda volver a utilizar, se cargará en un camión y se trasladará directamente al relleno sanitario en un camión o pick up dependiendo la cantidad.	Personal de mantenimiento.

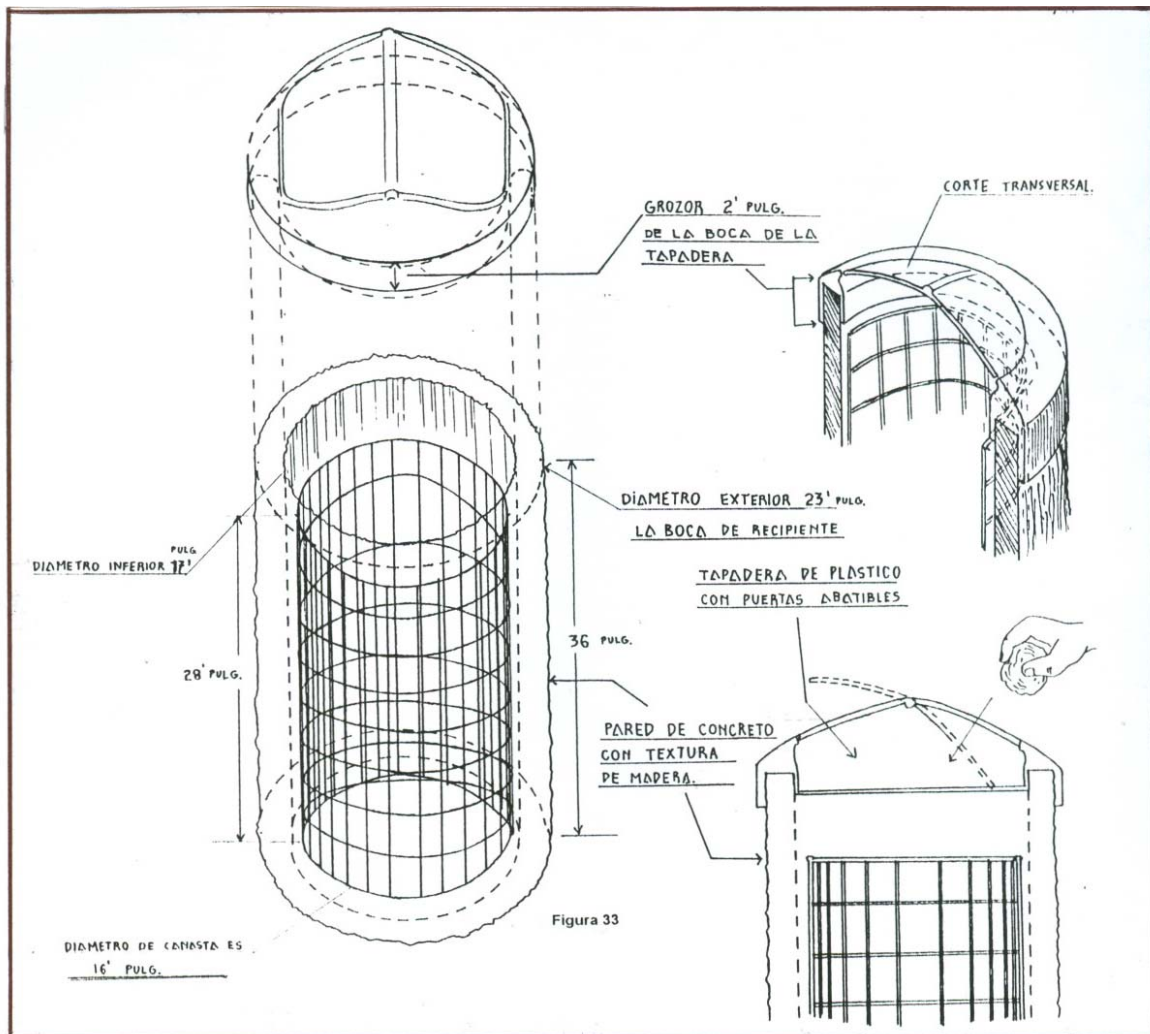


Figura 33

### **Operación en las estaciones de transferencia**

Se deben adquirir 6 unidades móviles (3 son de sustitución) y su localización de las estaciones de transferencia propuestas se encuentra en el mapa 9.

A continuación se describen los detalles de funcionamiento:

- **Horarios de recolección y transporte en las estaciones de transferencia:** En días de baja ocupación la recolecta de las estaciones móviles se hará una vez al día iniciando a las 7:00 de la mañana, en los días de alta ocupación se realizarán las que sean necesarias dependiendo de la producción de materia biodegradable en las cocinas. Mínimo dos viajes por día, a las 7:00 de la mañana y a las 2:00 de la tarde.
- **Personal:** El Personal para recolección de las estaciones de transferencia serán dos, el chofer y una persona extra.

### **Saneamiento del equipo**

Todo el equipo debe lavarse con un detergente neutro con amonio cuaternario a 800 ppm.

Los recipientes de basura, dependiendo el tipo, deben sanearse en las siguientes áreas:

1. Para recipientes de residuos de cocina (material biodegradable), de talleres y estaciones móviles de transferencia, éstos se deben sanear, cada vez que se descargan, en la planta de tratamiento.
2. Para recipientes de residuos de cocina (material recuperable y no recuperable), estos recipientes se sanearán una vez al día, en los patios de las mismas.
3. Para recipientes de hotelería, se sanearán diariamente en el patio más cercano.
4. Para recipientes de restaurantes y oficinas, se sanearán dos veces por semana, en el área de patios más cercana.
5. Para caminamientos, se sanearán en el área, una vez por semana, teniendo el cuidado de no verter químicos en las áreas verdes.

Mapa 9 Localización de estaciones de transferencia propuestas para el parque Vacacional Tzapotitlán.



## Parque Acuático

Los detalles para las diferentes áreas se describen a continuación en los siguientes cuadros:

**Cuadro 25 Especificaciones para área de restaurante Gran Chac, comedor de empelados y bodega de A & B**

Frecuencia de recolección	Horario de recolección y transporte	Equipo de acopio en el lugar	Equipo de recolección	Personal
La frecuencia sigue siendo diaria los días en que se abre el parque al público. Los residuos generados de lunes al miércoles se recolectan el día miércoles.	La recolección se realizará con el mismo recorrido establecido por el parque, que inicia a las tres y termina a las cinco de la tarde durante los días de apertura del parque al público. El resto de días se realizará después de finalizada la limpieza de cada área.	Este equipo de recolección se divide en: 1. Recipiente de basura para materiales de fácil degradación, que debe encontrarse identificado con color verde y rotulado con "Material Biodegradable" para residuos que incluyen servilletas de papel y alimentos. No necesita bolsa plástica interior. 2. Recipiente de basura que debe encontrarse identificado con el rótulo de "materiales recuperables y no recuperables" y que se debe pintar con amarillo para introducir todo lo demás, lo cual se clasificará en el área de selección de la planta de tratamiento. Este bote si debe incluir bolsa negra.	Los residuos biodegradables se recolectarán en el mismo recipiente de basura, enganchándolo a la carretilla de acarreo, se colocará en el área un recipiente sustituto y el otro se colocará en los cuartos de basura del restaurante.  Los residuos recuperables y no recuperables se retirarán del área, sacando las mismas bolsas plásticas negras de los botes si estuvieran llenas. Si se encuentran a la mitad, se vierten en una bolsa aparte que servirá para coleccionar este tipo de residuos de toda la cocina. Estos se introducirán en los cuartos de basura del restaurante Gran Chac.	Todas las personas a las que antes de esta evaluación se les han asignado la recolección de los residuos en el área seguirán cubriendo estas funciones (personal de limpieza del restaurante, mantenimiento y cocina del Gran Chac).

**Cuadro 26 Especificaciones para puestos de venta, caminamientos y área de piscinas**

Frecuencia de recolección	Horario de recolección	Equipo de acopio en el lugar	Equipo de recolección	Personal
La frecuencia de sigue siendo diaria los días en que se abre el parque al público. Los residuos generados de lunes al miércoles en los puestos de venta, se recolectan el día miércoles.	La recolección se realizará con el mismo recorrido establecido por el parque, que inicia a las tres y termina a las cinco de la tarde durante los días de apertura del parque al público. El resto de días se realizará después de finalizada la limpieza de cada área.	<u>Puestos de Venta:</u> Estos deben ser dos de pedal y se describen a continuación: 1. Recipiente de basura para materiales de fácil degradación, que debe encontrarse identificado con color verde y rotulado con "Material Biodegradable" para residuos que incluyen servilletas de papel y alimentos. Con bolsa plástica interior de color blanco. 2. Recipiente de basura que debe encontrarse identificado con el rótulo de "materiales recuperables y no recuperables" y que se debe pintar con amarillo para introducir todo lo demás, lo cual se clasificará en el área de selección. Este bote debe incluir bolsa negra. <u>Caminamientos y Areas de Piscinas</u> Botes de basura con diseño que contenga tapadera pero que el visitante no lo toque y que contengan bolsa negra.	<u>Puestos de Venta:</u> Se recolectarán las bolsas y se introducirán en los carretones plásticos. <u>Caminamientos y Areas de Piscinas</u> Se coleccionará la bolsa negra si se encuentra llena o se coleccionarán los residuos de la misma en otra bolsa del mismo color, si se encuentra a la mitad, recolectándose en los carretones plásticos. Al final del recorrido los carretones serán trasladados a la estación móvil donde se trasegarán los desechos sólidos.	Personal de mantenimiento.

**Cuadro 27 Especificaciones para oficinas administrativas**

Frecuencia de recolección	Horario de recolección	Equipo de acopio en el lugar	Equipo de recolección	Personal
En las oficinas administrativas se recolectarán cada dos días.	La recolección se realizará finalizada la limpieza del área.	Botes de basura plásticos sin tapadera. En las áreas administrativas se desmenuzará el papel separándolo de los demás residuos, los cuales se retiran del área en una bolsa plástica transparente.	Bolsa transparente para papel desmenuzado o tickets de restaurantes. Bolsa negra para todo lo demás. Estas serán llevadas a la estación de transferencia más cercana.	Conserjes

**Cuadro 28 Especificaciones para área de vestidores e instalaciones sanitarias**

Frecuencia de recolección	Horario de recolección	Equipo de acopio en el lugar	Equipo de recolección	Personal
La frecuencia de recolección no cambia, en los que estén en uso, es diaria.	La recolección se realizará al finalizar la limpieza.	Botes de basura plásticos con tapadera, de paleta o de pedal con bolsa blanca interior.	En estas áreas se coleccionarán los residuos sacando la bolsa blanca del recipiente y se llevará a la estación móvil.	Personal de mantenimiento y conserjes.

### **Operación en las estaciones de transferencia**

En el área donde actualmente se realiza la selección de los residuos del parque (que al construirse la planta debe ser clausurada), se estacionarán dos unidades móviles de transferencia. Una de ellas funcionará de reemplazo para cuando la otra esté en uso y sea trasladada a la planta de proceso (ver Mapa 10).

Los recipientes de material biodegradable y las bolsas que se encuentren en los cuartos de basura del Gran Chac, serán recolectados por la estación de transferencia móvil cuando ésta sea trasladada a la planta de tratamiento.

A continuación se describen los siguientes detalles de funcionamiento:

- **Horarios de recolección y transporte en las estaciones de transferencia:** Los residuos serán trasladados a las 7:00 A.M. del día siguiente de la colecta.
- **Personal:** El Personal para recolección de las estaciones de transferencia serán dos, el chofer y un ayudante.

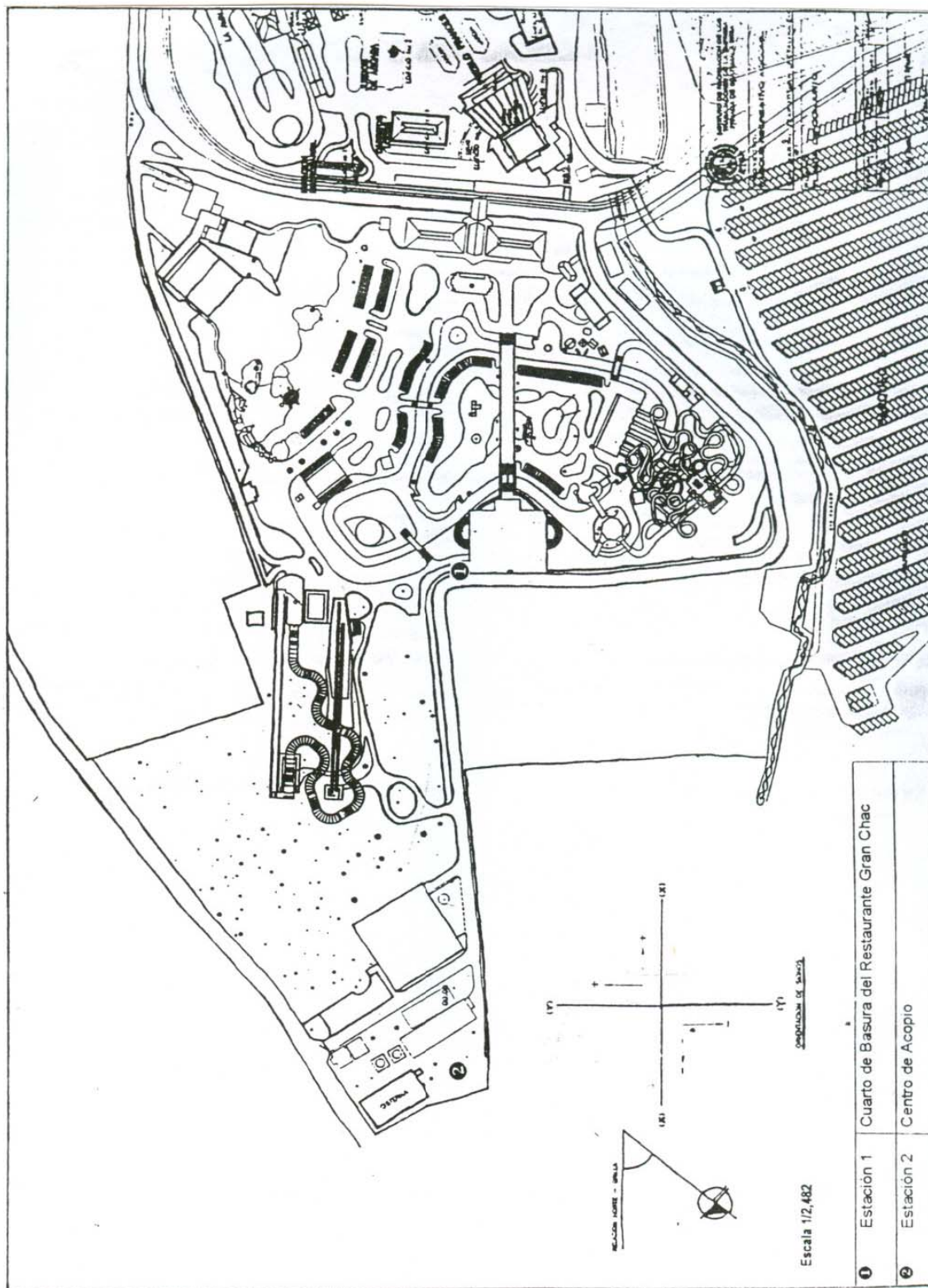
### **Saneamiento del equipo**

Todo el equipo debe lavarse con un detergente neutro con amonio cuaternario a 800 ppm.

Los recipientes de basura, dependiendo el tipo, deben sanearse en las siguientes áreas:

1. Para recipientes de residuos de cocina (material biodegradable), bodega de A & B, de talleres y estaciones móviles de transferencia, éstos se deben sanear, cada vez que se descargan, en la planta de tratamiento.
2. Para recipientes de residuos de cocina (material recuperable y no recuperable), bodega de A & B y casetas estos recipientes se sanearán una vez al día, en los patios de las mismas.
3. Para recipientes de oficinas y servicios sanitarios, se sanearán dos veces por semana, en el área de patios más cercana.
4. Para caminamientos, se sanearán en el área, una vez por semana, teniendo el cuidado de no verter químicos en las área verdes.

Mapa 10 Localización de estaciones de transferencia propuestas para el parque Acuático Xocomil.



## B. Parque Temático

Los detalles para las diferentes áreas se describen a continuación en los siguientes cuadros:

**Cuadro 29 Especificaciones para cocinas y comedores de empleados**

Frecuencia de recolección	Horario de recolección y transporte	Equipo de acopio en el lugar	Equipo de recolección	Personal
La frecuencia de recolección es diaria para los días en que se abre el parque al público. Los residuos generados el domingo se recolectan el lunes y los del martes y miércoles se recolectan el mismo miércoles. En los únicos lugares donde deben recolectarse toda la semana es en los comedores de empleados que se encuentran abiertos todos los días.	La recolección en las cocinas se realiza durante todo el día dependiendo de la cantidad de materia biodegradable producida. Y en el resto del área se coleccionarán después del periodo de limpieza de cada área.	En estas áreas se recomienda tener dos recipientes de basura, por área de preparación (pastelería, tortillería, área de cocción, etc.), los cuales son:  1. Recipiente de basura para materiales de fácil degradación, que debe encontrarse identificado con color verde y rotulado con "Material Biodegradable" para residuos que incluyen servilletas de papel, alimentos y carbón. No necesita bolsa plástica interior. 2. Recipiente de basura que debe encontrarse identificado con el rótulo de "materiales recuperables y no recuperables" y que se debe pintar con amarillo para introducir todo lo demás, lo cual se clasificará en el área de selección. Este bote si debe incluir bolsa negra.	Los residuos biodegradables se recolectarán en el mismo recipiente de basura, enganchándolo a la carretilla de acarreo, se colocará en el área un recipiente sustituto y el otro se cargará en la estación móvil.  Los residuos recuperables y no recuperables se retirarán del área, sacando las mismas bolsas plásticas negras de los botes si estuvieran llenas. Si se encuentran a la mitad, se vierten en una bolsa aparte que servirá para coleccionar este tipo de residuos de toda la cocina.	Steward

**Cuadro 30 Especificaciones para puestos de venta de alimentos**

Frecuencia de recolección	Horario de recolección	Equipo de acopio en el lugar	Equipo de recolección	Personal
La frecuencia de recolección para los puestos de venta es diaria para los días en que se abre el parque al público. Los residuos generados el domingo se recolectan el lunes y los del miércoles se recolectan el mismo día.	Los residuos en los puestos de venta se coleccionan después del periodo de limpieza de cada área.	Estos deben ser dos de pedal y se describen a continuación: 1. Recipiente de basura para materiales de fácil degradación, que debe encontrarse identificado con color verde y rotulado con "Material Biodegradable" para residuos que incluyen servilletas de papel y alimentos. Con bolsa plástica interior de color blanco. 2. Recipiente de basura que debe encontrarse identificado con el rótulo de "materiales recuperables y no recuperables" y que se debe pintar con amarillo para introducir todo lo demás, lo cual se clasificará en el área de selección. Este bote debe incluir bolsa negra.	Se recolectarán las bolsas y se introducirán en los carretones plásticos.	Stewards y personal de limpieza.

**Cuadro 31 Especificaciones para caminamientos**

Frecuencia de recolección	Horario de recolección	Equipo de acopio en el lugar	Equipo de recolección	Personal
Es diaria para los días en que se abre el parque al público. Los residuos generados el domingo se recolectan el lunes.	Los residuos se recolectarán en los caminamientos todos los días después de las seis de la tarde cuando cierra el parque.	Botes de basura con diseño que contenga tapadera pero que el visitante no lo toque y con bolsa negra.	Se coleccionará la bolsa negra si se encuentra llena o se coleccionarán los residuos de la misma en otra bolsa del mismo color si se encuentra a la mitad, recolectándolos en los carretones plásticos. Al final del recorrido los carretones serán trasladados a la estación móvil donde se trasegarán los desechos sólidos.	Personal de mantenimiento.

**Cuadro 32 Especificaciones para oficinas administrativas**

Frecuencia de recolección	Horario de recolección	Equipo de acopio en el lugar	Equipo de recolección	Personal
En las oficinas administrativas se recolectarán cada dos días.	La recolección se realizará finalizada la limpieza del área.	Botes de basura plásticos sin tapadera. En las áreas administrativas se desmenuzará el papel separándolo de los demás residuos los cuales se retiran del área en una bolsa plástica transparente.	Bolsa transparente para papel desmenuzado. Bolsa negra para todo lo demás. Ambas serán llevadas a la estación de transferencia más cercana.	Conserjes

**Cuadro 33 Especificaciones para áreas de souvenirs .**

Frecuencia de recolección	Horario de recolección	Equipo de acopio en el lugar	Equipo de recolección	Personal
Se recolectarán cada dos días, cuando se encuentren abiertos al público.	La recolección se realizará finalizada la limpieza del área.	Botes de basura plásticos sin tapadera.	Bolsa negra para la colecta. Luego serán llevados a la estación de transferencia más cercana.	Conserjes

### **Operación en las estaciones de transferencia**

Los cuartos de basura de todas las estaciones de transferencia deben ser eliminados (ya no utilizados), en su lugar se localizarán tres estaciones de transferencia móviles (ver mapa 11). En total serán 6 unidades de transferencia, de las cuales habrá una unidad de repuesto para cuando una de las que estén en uso sea movilizada.

A continuación se describen los siguientes detalles de funcionamiento:

- **Horarios de recolección y transporte en las estaciones de transferencia:** En días de baja ocupación la recolecta de las estaciones móviles se hará una vez al día iniciando a las 7:00 de la mañana, en los días de alta ocupación se realizarán las que sean necesarias dependiendo de la producción de materia biodegradable en las cocinas. Mínimo dos viajes por día, a las 7:00 de la mañana y a las 2:00 de la tarde.
- **Personal:** El Personal para recolección de las estaciones de transferencia serán dos, el chofer y una persona extra.

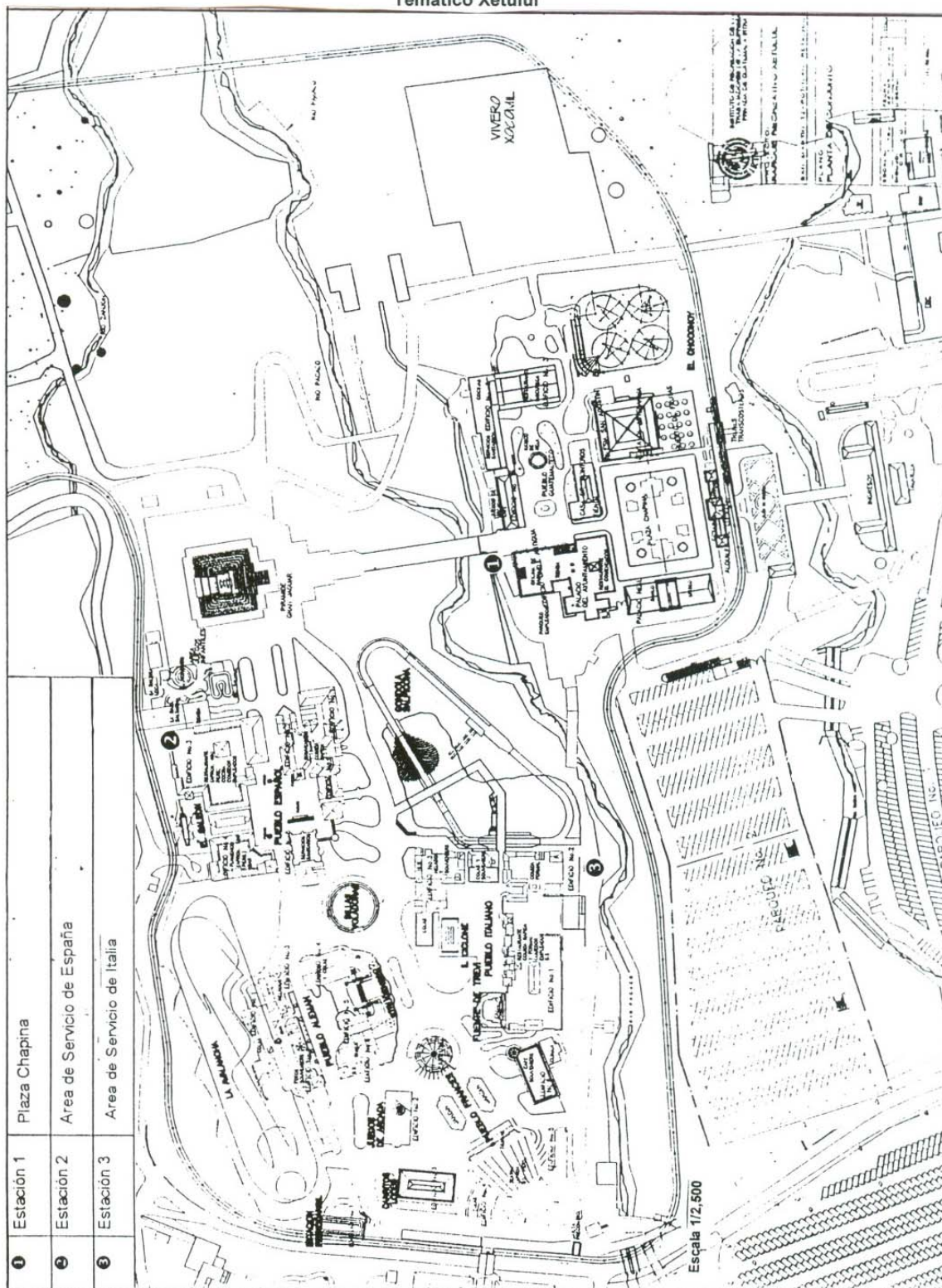
### **Saneamiento del equipo**

Todo el equipo debe lavarse con un detergente neutro con amonio cuaternario a 800 ppm.

Los recipientes de basura, dependiendo el tipo, deben sanearse en las siguientes áreas:

1. Para recipientes de residuos de cocina (material biodegradable), bodega de A & B, de talleres y estaciones móviles de transferencia, éstos se deben sanear, cada vez que se descargan, en la planta de tratamiento.
2. Para recipientes de residuos de cocina (material recuperable y no recuperable), bodega de A & B y casetas, estos recipientes se sanearán una vez al día, en los patios de las mismas.
3. Para recipientes de oficinas y venta de souvenirs, se sanearán dos veces por semana, en el área de patios más cercana.
4. Para caminamientos, se sanearán en el área, una vez por semana, teniendo el cuidado de no verter químicos en las área verdes.

Mapa 11 Localización de estaciones de transferencia propuestas para el parque  
Temático Xetulul



## **XI. Discusión de Resultados**

### **A. Caracterización de residuos sólidos**

#### **1. Comparación de la producción per cápita (PPC), de desechos sólidos urbanos versus desechos sólidos de parques recreativos**

La PPC para una población urbana de acuerdo a varios estudios realizados en el tiempo se puede encontrar básicamente entre 0.3 y 0.8 kg/háb./día (Szantó,1996:6). De acuerdo a este estudio realizado en los tres parques recreativos la PPC mínima es de 0.18 kg/visitante/día (parque Acuático) y la máxima es de 2.13 kg/visitante/día (parque Vacacional) (ver Gráfica 1). Como se puede observar la PPC del Vacacional es significativamente más alta, 1.33 Kg más que la cifra más alta de los Residuos Sólidos Urbanos (RSU). Una de las razones por lo cual esto es justificable es porque en un hotel y áreas recreativas la tendencia natural de las personas que los visitan, es el alto consumismo. En cambio, en el caso de las personas que se encuentran en sus residencias, la cantidad de desechos generados por persona suele ser menor. Un ejemplo más específico de esto se observa en la caracterización de los desechos sólidos de San Lucas Sacatepéquez donde la PPC de los RSU fue de 0.45 kg/háb./día (De Franco, Vicela, et.al.,1996:27), al compararla con la PPC del parque Vacacional, que es de 2.13 kg/visitante/día, se nota que la generación de desechos por persona difiere significativamente, siendo mucho mayor en el parque Vacacional.

Como una aclaración, en este estudio no se utiliza el término habitante porque las personas que llegan al lugar no residen en él, sino lo visitan únicamente por un corto lapso de tiempo.

Siguiendo con el análisis y de acuerdo a la Gráfica 1, en el caso del parque Acuático la PPC es de 0.18 kg/visitante/día y la del Temático es de 0.38 kg/visitante/día, las cuales son menores que la PPC de los RSU producidos en San Lucas Sacatepéquez. En este caso entra en juego el segundo factor elemental que determina las diferencias entre PPC que es la composición física de la basura. De acuerdo a los resultados obtenidos por De Franco, Vicela, et.al. (1996:27) predominó la materia biodegradable con un 85.89 %. En cambio en los parques Acuático y Temático, predominó el material no recuperable (especialmente, plásticos y cartón), 81.17 y 55 %, respectivamente (ver Cuadros 11,13 y 14). En general el peso del material biodegradable es mayor y el volumen menor, en cambio el peso del material no recuperable es menor y el volumen mayor lo que hace que los kilogramos por persona, en material biodegradable sean mayor que los del material no biodegradable.

Para concluir, generalmente en el caso de los RSU se produce menos basura por persona que en el hotel. No obstante, predomina en la composición física de ambos casos el material biodegradable. En el caso de los parques que solamente prestan servicios de recreación la

producción de desechos por persona es menor que la de los RSU y su composición física es predominantemente material no biodegradable.

**3. Comparación de PCC entre parques.** Seguidamente se discute la diferencia del comportamiento de las PPC entre los tres parques. Estos tienen una PPC diferente, lo cual se explica por el tipo de servicios que cada uno presta. En el parque Vacacional fue significativamente más alta que al del Temático y Acuático, debido a que el mayor porcentaje en peso es de material biodegradable, como se mencionó anteriormente (79 %, ver Gráfica 3). Estos residuos provienen en su mayoría del sector 2 (cocinas y restaurantes) los cuales en un alto porcentaje son restos de comida (ver Cuadro 9). Se debe agregar que de acuerdo a lo que se observó en el muestreo estos desechos contenían un alto porcentaje de líquidos provenientes por ejemplo de residuos de caldos y recados, que los meseros y cocineros depositan directamente a los recipientes de basura. Los porcentajes de desechos no recuperables (16%) y recuperables (5%) son significativamente menores que los biodegradables por el tipo de componentes que los integran En el cuadro 10 se puede observar que en el caso de los desechos no recuperables predominaron los plásticos y el cartón (por los empaques de productos de proveedores) y en los materiales recuperables se observó en un mayor porcentaje el vidrio, especialmente por los envases de cerveza y licores.

En el parque Acuático la PPC es menor que la de los otros dos parques. En este caso el peso del material biodegradable (13%) es significativamente menor (compuesto por huesos, pellejo y restos de comida y vegetales) que el peso de los materiales no recuperables (81%) (compuestos por empaques, cartones, vasos de cartón, plásticos, vasos desechables) debido a que el único servicio de alimentos en el parque es de comida rápida (ver Gráfica 5). Asimismo, éste parque, a diferencia del Vacacional, no atiende más de ocho horas, puesto que se abre a las 9:00 de la mañana con lo cual la gente consume algunas golosinas. La producción de desechos sólidos se concentra mayormente en aquellos inorgánicos y orgánicos producidos durante el período del almuerzo y se cierra a las 17:00 hrs. Respecto, a los materiales recuperables se observó en un mayor porcentaje envases plásticos de aguas gaseosas y de jugo de naranja (ver Cuadro 11).

En el caso del parque Temático la PPC es de 0.38 kg/visitante/día. Este parque cuenta con servicios de comida rápida y de restaurantes. Esta combinación podría explicar que la PPC posea un valor menor que el del parque Vacacional pero mayor que el del Acuático. Los porcentajes de residuos observados en el Cuadro 13 y la Gráfica 6 muestran que, a pesar de que los materiales no recuperables (55%), que incluyen primordialmente platos plásticos y cartones, son mayores que la materia biodegradable (39.03%), que incluyen principalmente restos de comida, no difieren significativamente uno del otro. De acuerdo a lo observado, existe por ende consumo alto de comida rápida como en el parque Acuático, pero al igual que en el parque Vacacional se maneja un porcentaje de residuos de restaurantes aunque con un menor contenido de líquidos.

Para facilitar la proyección de la producción de desechos sólidos se estableció la PPC ponderada en la cual utilizando solamente la población de visitantes se puede determinar la generación diaria de desechos sólidos por persona para fines de diseño de la planta de tratamiento que será parte de otro trabajo de tesis (Marroquín, en preparación).

**4. Composición física de los desechos sólidos de los tres parques.** De acuerdo a la composición física de los tres parques las unidades de tratamiento más adecuadas, de acuerdo a las características de los residuos sólidos evaluados, son las siguientes: cámaras de compostaje y vertedero controlado (ver Cuadro 14) y aunque los valores de materiales recuperables son bajos, se debe efectuar su clasificación y venta para desarrollar un programa de educación ambiental que permita que el proyecto tenga un impacto reproductor.

Uno de las variables importantes para el diseño es la densidad. Dentro de los resultados obtenidos la mayor densidad dentro de los materiales recuperables es el vidrio, por el consumo de envases, especialmente en el parque Vacacional. Seguidamente, la densidad del material biodegradable de este parque, sigue siendo mayor a la comparada con el parque Acuático y el Temático.

La densidad compactada para relleno sanitario dentro de lo reportado es de 500 – 600 Kg/m<sup>3</sup> (Sakurai, 1981:26), valores obtenidos de rellenos sanitarios que incluyen material biodegradable. No obstante, en el presente estudio es de 315 Kg/m<sup>3</sup> puesto que solamente se plantea verter los materiales no recuperables.

#### **5. Composición química de los desechos sólidos de los tres parques**

En lo que respecta a la materia biodegradable es importante explicar que se requiere que este material orgánico permita una descomposición aerobia, con lo cual las bacterias patógenas mueren y se evitan los malos olores. Los análisis del laboratorio de las muestras iniciales de materia orgánica fresca tienen en promedio una humedad de 58.42 %, la cual se encuentra dentro de los valores óptimos (40 – 60%) para que se dé la actividad biológica y se descomponga adecuadamente (De Franco, et.al.1996:75). Cabe señalar que al analizar los componentes por separado, la hojarasca y la muestra del parque Acuático contienen una humedad mayor de la recomendada. Esto puede ser porque de por sí la materia orgánica del parque Acuático contiene un alto porcentaje de restos de alimentos (con alto contenido de líquidos como lo es el del pellejo de pollo) y un alto porcentaje de hojarasca. A diferencia en el Vacacional, aunque su material biodegradable contiene alto porcentaje de residuos de alimentos, el porcentaje de hojarasca no es tan alto por lo cual podría ser que su humedad reportada se encuentra dentro de los límites adecuados (ver Cuadro 16).

El pH de la materia biodegradable inicial en promedio es de 6.35, fuera del rango óptimo (7 – 7.5) para lograr una descomposición aerobia óptima. Esto se debe a que existen pH extremadamente ácidos por los alimentos tanto en Xocomil como en el sector 2 (cocinas y restaurantes) del parque Vacacional (ver cuadro 16). En el parque Vacacional cabe aclarar que la cantidad de naranja y limón que se utiliza como ingredientes de jugos y bebidas es una parte

significativa del aporte ácido a la materia orgánica. Además, se hace la alusión de que los desperdicios de pellejo de pollo no se utilizan actualmente para el compost sino que son enterrados para evitar la proliferación de moscas, por lo cual el pH no se encuentra recibiendo este aporte ácido. Esto implica que el pH de la muestra seca de compost no tendrá influencia del contenido de este material en el presente estudio.

El pH promedio del compost analizado es de 7.6 que podría considerarse adecuado para la descomposición aerobia óptima. Se debe considerar que la muestra se tomó del compost que contenía la cantidad de materiales biodegradables que incluyen naranja, otros alimentos, hojarasca y papel higiénico, los cuales son medidos y mezclados específicamente por el personal de jardinería, de acuerdo a su experiencia, para proveer el material orgánico con las características necesarias para los jardines de los parques (ver Cuadro 17).

Los porcentajes de nutrientes recomendados que se manejan en los fertilizantes comerciales como nitrógeno (1a 46%), fósforo (como  $P_2O_5$ , trazas a 48 %) y potasio (como  $K_2O$ , trazas a 60%) aportan los nutrientes necesarios al suelo y se utilizan de acuerdo a los diferentes tipos de cultivos (Green, 1989:15). Una ventaja de los parques es que el suelo es arcilloso conteniendo intrínsecamente un alto contenido de nutrientes. O sea que aunque el compost, como se puede observar en el cuadro 19, contenga porcentajes de nitrógeno (N), fósforo ( $P_2O_5$ ) y potasio ( $K_2O$ ) bajos, su efecto principal es benéfico en la fertilización como abono orgánico, pues mejora las condiciones físicas del suelo. El compost es un regenerador orgánico de los suelos que favorece al abonado químico al evitar la percolación, aumenta la capacidad de retención del agua en el suelo y el contenido de materia orgánica y es fuente de elementos nutritivos (oligoelementos como lo son el calcio, magnesio y el sodio) (CONAMA, 2000). Además, el compost es un abono de tipo base, que sirve principalmente para proporcionar humus, el cual es de acción lenta y efectúa un suministro continuo de alimento a las plantas durante mucho tiempo. Este tipo de humus se utiliza para mejorar suelos pedregosos, calcáreos, ligeros (arena- arena con marga – marga arenosa), intermedios (semi-marga – marga limosa) y densos (arcilla, arcilla arenosa – marga arcillosa, como los del IRTRA). Los cultivos por lo general para que crezcan satisfactoriamente necesitan también otros elementos como calcio y magnesio en cantidades moderadas, las cuales si de acuerdo a los cultivos que se encuentran en el IRTRA fueran insuficientes pueden ser incrementadas, a través del aporte de cal y/o fertilizantes con magnesio. En el caso de otros oligoelementos como hierro, molibdeno, zinc, cobre y manganeso solamente se necesitan cantidades ínfimas para el crecimiento satisfactorio de la planta, con lo cual los valores reportados en el estudio cumplen con el aporte necesario de nutrientes a nivel de traza (Hessayon, 1986:10) (ver cuadro 18).

Durante la fermentación aerobia, los organismos vivos consumen de 25 – 30 unidades de carbono por cada unidad de nitrógeno, este es el rango de valores de la relación C/ N que se suele adoptar como óptimo en las plantas de compostaje a la hora de preparar mezclas o lo que se ha denominado como materia orgánica fermentable. Básicamente una relación C/N baja, aunque origina un rápido proceso de compostaje, lo hacen con grandes pérdidas nitrogenadas

(Agroforestal, 2000:2). Este es el caso del compost analizado en el área de estudio, el cual dio como resultado promedio una relación C/N de 9:1, que implica aumentar la cantidad de material vegetal en el proceso de compostaje, lo cual no es un problema significativo en el IRTRA, por la alta cantidad de hojarasca que es recolectada diariamente de los jardines de los tres parques (ver cuadro 17. Asimismo, el material orgánico en el Compost se recomienda que sea como mínimo de 25 % y el promedio en el compost de IRTRA es de 15.64 %, que puede mejorar al incrementarse la cantidad de hojarasca como se discutió ya anteriormente.

En el caso de los metales pesados examinados en el compost, éstos no se encuentran en concentraciones significativas como para ser considerados tóxicos para las plantas (ver Cuadros 17 y 18).

## **B. Ordenamiento del manejo de residuos sólidos**

**1. Separación en la fuente.** En general existen aspectos que se encuentren deficientes en los tres parques. Para principiar la selección no comienza en la fuente. La mezcla del material biodegradable, con el recuperable y no recuperable causa riesgos de contaminación en el área de Selección en el Sitio del Río Samalá. Entre los peligros existentes son las posibles enfermedades a las que está expuesto el personal que labora en esta área, pues tienen que introducir sus manos en los desechos que han sido guardados por varias horas en las estaciones de transferencia, y están expuestos mucho tiempo a malos olores, aunque tengan el equipo de protección adecuado. Un ejemplo de esto, es cuando se abren las bolsas y se revisan, los guantes se pueden romper con algún pedazo de vidrio quebrado que venga mezclado entre toda la basura.

**2. Manejo inadecuado en área de selección.** Otro problema significativo es el manejo inadecuado de lixiviados en el área de selección, pues se vierten todos los desechos sólidos, biodegradables y no biodegradables mezclados en la mesa de clasificación. Los lixiviados provocan malos olores con ello atraen sabandijas como lo son las moscas. Además, los materiales recuperables se ensucian y contaminan y no es rentable efectuar un procedimiento de limpieza para vender desechos sólidos.

**3. Recipientes de basura y transporte de residuos sólidos.** Otros aspectos que deben ser corregidos son el del tipo de recipientes de basura y los vehículos de transporte. Los recipientes de basura en su mayoría son abiertos y deberían tener todos tapadera, no solamente los interiores sino que también los de los caminamientos. En los parques Acuático y Temático, los botes de los caminamientos son adecuados. No obstante, en el Vacacional existen unos con forma de tronco que no tienen tapadera y provocan problemas con moscas y abejas. Respecto a los botes en los interiores de las instalaciones, algunos recipientes de basura tienen tapadera y otros no. En la propuesta del manejo integral de desechos sólidos se presentará las dimensiones y tipo de botes más adecuados.

Otro problema se presenta por el rompimiento y sudoración de las bolsas plásticas que contienen el material biodegradable pues se derraman lixiviados en los pisos, estaciones de transferencia y vehículos. Esto representa nuevamente un atrayente para las moscas especialmente en el área de las cocinas y restaurantes, por eso este tipo de residuos deben transportarse directamente en recipientes de basura, sin bolsa, desde las cocinas hasta el área de compostaje.

En lo que se refiere a los vehículos de transporte estos son abiertos y puesto que los residuos van en bolsa plástica los lixiviados caen en el transporte y se riegan en el camino, provocando la atracción de plagas y proyectando un mal aspecto.

#### **4. Estaciones de transferencia.**

En lo que se refieren a estaciones de transferencia, unas deben ser adaptadas y otras reemplazadas por las unidades móviles anteriormente mencionadas. En el parque Vacacional la única estación de transferencia que podría funcionar es la de Arecas si se le realizan ciertos cambios. Para iniciar en esta área se almacena carbón, lo cual puede provocar una contaminación cruzada al ingresar las redes contaminadas a la cocina. Otro problema en Arecas es que aquí se encuentran tambos de 400 lb. sin tapadera y parte de la basura no se introduce en los recipientes provocando proliferación de plagas, por lo tanto en esta área se debe realizar un estudio detenido para adaptarla o remodelarla para ubicar el carretón.

En la Hacienda el problema de los cuartos de basura es que cuando se encuentran llenos a la mitad y se abren, las bolsas de basura se caen, por lo tanto es imposible utilizar al máximo su capacidad.

En el caso de la Ranchería los recipientes que se están utilizando se encuentran deteriorados y oxidados y no se pueden cerrar, por lo tanto aquí también se debe sustituir estos depósitos por una unidad móvil.

En el parque Acuático, existe una sola estación de transferencia en la parte posterior del Restaurante Gran Chac que puede quedar funcionando, pues el lugar de ubicación es adecuado y no se puede realizar ningún otro cambio conveniente. Además, la colecta de la basura en casetas, puestos de venta y caminamientos se realiza con carritos plásticos en lo cual si es adecuado. La ventaja de Xocomil es que sus residuos son predominantemente inorgánicos, que no generan gran cantidad de lixiviados, comparados con los del parque Vacacional. En el Acuático se tiene otra área de clasificación, lo cual es inadecuado puesto que no se deben tener varios sectores de manejo de desechos sólidos sino que todo el proceso de clasificación debe realizarse en un mismo lugar para focalizar las medidas preventivas de contaminación. En esta área lo que si se debe ubicar son las dos unidades móviles, por el volumen tan alto, para almacenar los desechos sólidos y al llenarse ser trasladadas al área futura de selección. Debe existir al menos una unidad para sustituir la que se está movilizand.

En el parque Temático todas las estaciones carecen de un drenaje externo y como en todos los parques, por el traslado de la basura en bolsa, hay derrames de lixiviados.

En el cuarto que existe en el área de Italia la instalación no fue diseñada para un área de acopio de desechos sólidos, esta es una habitación normal sin pendiente de drenaje y se encuentra en el interior del edificio donde se ubican cerca las cocinas y el comedor de empleados.

En España los cuartos son profundos y angostos y no son funcionales.

Y finalmente, la estación de la marisquería, que debe ser el centro de acopio de la Marisquería y el Comendador, se encuentra extremadamente lejos del último lugar mencionado. Su ubicación es incorrecta.

Todas las estaciones de transferencia se deben sustituir por unidades móviles, cuyos lugares de ubicación se explicarán más detenidamente en el programa de manejo.

**5. Aspectos de selección en el área de clasificación.** Aunque de acuerdo a la caracterización, no vale la pena separar los materiales recuperables, si se justifica por el desarrollo de un Programa de Educación Ambiental que es uno de los mayores aportes de IRTRA hacia la concientización de los visitantes de los parques. Los materiales recuperables, que serían los más fáciles de recuperar, almacenar, que existe demanda y quien los colecte en el área, son el vidrio, papel bond, latas de aluminio y envases plásticos.

El grupo vidriero centroamericano SICASA a través de VICAL, recolecta en todo el país frascos, retazos y envases de vidrio, separados por color: amarillo, verde y transparente.

La Recicladora de Centroamérica, S.A. también recoge los residuos en el lugar, pero la especificación especial es que sean PET (Polietilen-tereftalato) en los que se incluyen envases de bebidas carbonatadas y HDPE (Polietileno de alta densidad) que incluye envases de jugo, leche y de alcohol, que serían los residuos que más frecuentemente se manejan en los parques.

Para las latas de aluminio y el papel existen compradores locales quienes lo llevan a centros de acopio.

Cuando hay botes de pintura, cloro y llantas de carro, entre otros, también existen compradores locales que los recogen en los parques.

**6. Sitio inadecuado para tratamiento de desechos sólidos.** Finalmente, esta discusión culmina con la evaluación del área empírica de Manejo de Desechos Sólidos en el Sitio del Río Samalá. El Compost, que se produce en esta área se hace a la intemperie; no tiene drenajes especiales para lixiviados y aunque se le agrega un químico para acelerar la descomposición, sigue siendo un medio de atracción y proliferación de plagas entre las cuales se encuentran los roedores, las moscas y los perros.

Entre las desventajas significativas del tratamiento actual se encuentran las siguientes:

- a. Con base en los resultados del laboratorio es que el rendimiento del compost no es el óptimo.
- b. Se maneja un "relleno sanitario", que aunque se encuentra a 15 m de distancia

entre su base y el manto acuífero, su ubicación no es la correcta porque está en la cercanía del río Samalá; el cauce del río pasó por esa área años atrás y el cual con el tiempo podría regresar al mismo y remover esa parte de terreno conjuntamente con los desechos sólidos depositados.

c. No existe un diseño técnico para derivación de lixiviados que podrían ser útiles para secarlos y utilizarlos en el compostaje.

d. El área de selección aunque está cercada con malla, faltaría realizarle algunas modificaciones, entre las cuales se debería colocar un área de lavado de los materiales recuperables, lavamanos, área cerrada de almacenaje para estos materiales, servicios sanitarios para los empleados (pues los que utilizan les quedan muy retirados), área de vestidores con duchas y un comedor de empleados.

Definitivamente, el manejo y el área en el lecho del Río Samalá no son los más adecuados para un tratamiento eficiente de desechos sólidos. Este sitio debe ser eliminado y se debe diseñar y construir una planta de tratamiento que incluya cámaras cerradas de compostaje, área cerrada de reciclaje y almacenaje y un relleno sanitario en un sitio con las condiciones adecuadas. Esto deberá ser evaluado en otro trabajo de tesis (Marroquín, en proceso).

Con la presente contribución se espera que el complejo recreativo del IRTRA en Retalhuleu, pueda contar con un Manejo Integral de Desechos Sólidos y que el mismo sirva de base para otros parques tanto del IRTRA como de cualquier otro proyecto recreativo tanto a nivel nacional como a nivel internacional.

## XII. Conclusiones

1. De acuerdo a la composición física de los desechos sólidos determinada en los tres parques, el 57% es materia orgánica, el 38 % es material no recuperable y el 5 % es material recuperable.
2. En el caso del compostaje, de acuerdo al estudio realizado de la materia orgánica inicial, la humedad es en promedio de 58.42%, encontrándose dentro de los valores óptimos (entre el 40 – 60%) para que se realice la actividad biológica. En el caso del pH, que en promedio es de 6.35, no se encuentra dentro del rango óptimo (7 – 7.5) para lograr una descomposición aerobia óptima y además las instalaciones metálicas de las cámaras de compostaje se podrían corroer (tomando en cuenta que se incluirán los desechos de pellejos de pollo en el proceso completo en las cámaras de compostaje). A diferencia y de acuerdo al análisis químico del Compost (materia seca) realizado, el pH promedio fue de 7.6 y podría considerarse adecuado para la descomposición aerobia óptima, siempre tomando en cuenta que este material no contenía desechos del pellejo de Xocomil. Otras variables que se analizaron fueron los metales pesados que no presentaron concentraciones dañinas para las plantas. Sin embargo, si se determinó un bajo contenido de humedad (16%, recomendado 25 %).
3. La relación de C:N del compost muestreado es en promedio de 9:1, que está por debajo de los niveles óptimos (entre 25 a 30:1) para el compostaje aerobio, lo que puede producir emisiones de amoníaco y dificultar la actividad biológica durante el proceso.
4. El compost generado de los residuos de los parques, aunque debe ser mejorado, si tiene los elementos adecuados para funcionar como un abono base para los jardines de los parques.
5. La PPC de los parques recreativos no puede ser determinada con la fórmula tradicional para calcular la PPC de los RSU, porque la población de visitantes no es permanente y depende del tipo de servicios de alimentos que se prestan y de la composición física de los residuos sólidos.
6. De acuerdo a los resultados obtenidos de este estudio la producción per cápita per día es de: 2.13 kg/visitante/día en el parque Vacacional; 0.18 kg/visitante/día en el parque Acuático; y de 0.38 kg/visitante/día en el parque Temático.
7. No existe una selección de desechos sólidos en el origen en los tres parques, lo que provoca problemas significativos en las operaciones en el área de clasificado.
8. El acarreo de los residuos sólidos provoca un riesgo significativo de contaminación por el derrame de los lixiviados proveniente de la materia biodegradable, debido a la falta de selección en la fuente, el tipo de estaciones de transferencia y los vehículos donde se trasladan al área de selección en el Samalá.

9. El área de selección y el manejo de desechos sólidos en el Samalá es inadecuado por las siguientes razones: la ubicación representa un riesgo por localizarse cerca del lecho del río; todo el manejo, compostaje, clasificación y relleno sanitario no están tecnificados, con lo cual se provocan riesgos de contaminación; y el rendimiento de las unidades de tratamiento no es el óptimo.
10. Se puede concluir que es admirable el esfuerzo que realiza el IRTRA, como una de las pocas instituciones de la iniciativa privada en Guatemala, para manejar al menos empíricamente sus residuos sólidos. No obstante, debido a que este manejo inadecuado le provoca problemas de contaminación y el rendimiento, no es el óptimo, la institución debe desarrollar los aspectos técnicos en el manejo y diseñar las unidades de tratamiento en otro lugar más adecuado, el cual se deberá evaluar en otro estudio.
11. Con los datos generados en el presente documento se puede iniciar el diseño de las unidades de tratamiento recomendadas las cuales serán diseñadas en la continuación del presente trabajo.
12. Este trabajo puede servir de base para otros proyectos hoteleros y parques recreativos que necesiten implementar un manejo integral de desechos sólidos.

### **XIII.RECOMENDACIONES**

De acuerdo a la caracterización de los desechos sólidos de los tres parques, las unidades de tratamiento recomendadas son: vertedero controlado para los desechos no recuperables y cámaras de compostaje para la materia biodegradable.

Aunque únicamente el 5% del total de los desechos de los tres parques es material recuperable, se recomienda que se construya un área de selección y almacenaje para este tipo de residuos, pues los fondos obtenidos de la venta de los mismos pueden ser destinados para financiar parcialmente el programa de educación ambiental “Manejando los Desechos Sólidos en Guatemala”, que se encuentra en capítulo IX.

Dentro de las instalaciones de la planta de tratamiento que se recomienda, se deben incluir los servicios básicos para el personal: servicios sanitarios, vestidores con duchas, comedor y área de primeros auxilios.

Los únicos materiales recuperables que se recomienda vender por su fácil recuperación y porque su comercialización se realiza in situ son las latas de aluminio, algunos plásticos, vidrio y papel desmenuzado.

Las condiciones del compost evaluado no son las óptimas, en el nuevo diseño de las cámaras de compostaje, uno de los factores que se debe mejorar es la relación C:N. Esta debe aumentarse con la adición de material vegetal, pues existe en cantidades suficientes en los tres parques. Con el fin de alcanzar este objetivo y para obtener mayor rendimiento se recomienda realizar futuros estudios acerca del porcentaje más adecuado de material orgánico vegetal que debe ser añadido al resto de material biodegradable producido en los parques. Asimismo, se debe efectuar más investigación del manejo de material biodegradable en las cámaras para otras variables que incluyen pH, humedad, nutrientes y oligoelementos para que integralmente se produzcan abonos apropiados para los jardines de los parques.

De acuerdo a la evaluación del manejo empírico de los residuos sólidos de los tres parques se recomienda que el lugar del Manejo de los Desechos Sólidos en los márgenes del Río Samalá se cierre y se traslade a otro sitio donde las condiciones del terreno eviten los riesgos que se encuentran en el área actual, lo cual debe ser objeto de evaluación en un estudio posterior.

El ordenamiento que se recomienda para los parques se encuentra detallado en “El Programa de Manejo Integral de Desechos Sólidos del IRTRA”, en el capítulo X del presente estudio.

De acuerdo a este trabajo de investigación y otros referidos, como otro trabajo futuro de tesis se puede diseñar un Manual Base de Desechos Sólidos para diferentes tipos de poblaciones.

## XIV. LITERATURA CITADA

- ARMSA / Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo (CCAD). 2002. Estudio sobre Generación de Basura en el Área Urbana de Flores, Petén. 300 p.
- Deffis Caso, Armando. 1991. La Basura es la Solución. México, D.F. Árbol Editorial. 277 p.
- De Franco, Vicela.; Franco, Noriel. 1996. Manejo Integral de los Desechos Sólidos en San Lucas Sacatepéquez. Tesis de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala. 92p.
- Green, Barthollomew. 1989. Calidad de Aguas en Estanques Piscícolas. CEMA. Universidad de San Carlos. 75p.
- Hessayon, D. 1986. Manual de Jardinería. Barcelona, España. Editorial Blume. 128p.
- MSPAS; CONAMA. 1995. Capitulo 4. Manejo de los Residuos Sólidos.
- Sakurai, Kunitoshi. 1981. Manual de Instrucción de Análisis de Residuos Sólidos. OMS.47p.
- Szantó, Marcel. 1996. Guía para la Identificación de Proyectos y Formulación de Estudios de Prefactibilidad para Manejo de Residuos Sólidos Urbanos. España. LPES. 283 p.

### Referencias de Internet

- CONAMA, 2000. Anteproyecto de Reglamento para el manejo de los desechos no peligrosos generados en plantas de tratamiento de aguas. República de Chile. <http://ns1.oirsa.org.sv/Di05/DiO512/Manualparaelcontrolyelaseguramiento-0605.htm>
- González y Rodríguez; Paulet. 2000. Componentes Tóxicos, metales pesados dañinos en Plantas. <http://www.ecologistasenaccion.org/accion/residuos/ponencias/2-6-Remedios.doc>
- Agroforestal. 2000. Apuntes de Cátedra. [http://ambiental.uvigo.es/agroforestal/catedra/apuntesPDFs/ima\\_compos.pdf](http://ambiental.uvigo.es/agroforestal/catedra/apuntesPDFs/ima_compos.pdf)

## **XV. APÉNDICES**

## APÉNDICE 1

## FORMAS PARA TRABAJO DE CAMPO PARA LA CARACTERIZACIÓN

## FORMA No. 1 A. DE EVALUACIÓN DE PPC

## PARQUE VACACIONAL

Día No.	Sector 1		Sector 2		Sector 3	
	No. visitantes	Peso de residuos	No. visitantes	Peso de residuos	No. visitantes	Peso de residuos
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
$\Sigma$						

OBSERVACIONES: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

## FORMA No. 1 B. DE EVALUACIÓN DE PPC

## PARQUE ACUATICO / XETULUL

Día No.	Sector 1	
	No. visitantes	Peso de residuos (Kg)
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
$\Sigma$		

OBSERVACIONES: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

---

**FORMA No. 2 A COMPOSICION DE LOS RESIDUOS Y DENSIDAD**
**PARQUE VACACIONAL**
**Sector 1 2 3 Tamaño de la Muestra: \_\_\_\_\_**

Componente		Día														
		1		2		3		4		5		6		7		
		Peso (kg)	%	Peso (kg)	%	Peso (kg)	%	Peso (kg)	%	Peso (kg)	%	Peso (kg)	%	Peso (kg)	%	
A. Materia orgánica																
1	Restos de alimentos															
2	Papel higiénico															
3	Hojarasca															
B. Materia inorgánica recuperable																
1	Papel y cartón															
2	Vidrio															
3	Plásticos															
4	Caucho															
5	Metales															
C. Materia no recuperable																
<b>TOTAL</b>																

Tipo de densidad	Día						
	1 (Kg/m <sup>3</sup> )	2 (Kg/m <sup>3</sup> )	3 (Kg/m <sup>3</sup> )	4 (Kg/m <sup>3</sup> )	5 (Kg/m <sup>3</sup> )	6 (Kg/m <sup>3</sup> )	7 (Kg/m <sup>3</sup> )
<b>DST</b>							
<b>DSO</b>							
<b>DSIR</b>							

DST...Densidad de desechos sólidos totales; DSO...Densidad de desechos sólidos orgánicos; DSIR...Densidad de desechos sólidos inorgánicos recuperables

## FORMA No. 2B COMPOSICIÓN DE LOS RESIDUOS Y DENSIDAD

Parque: ACUÁTICO TEMÁTICO

Sector 1 Tamaño de la muestra: \_\_\_\_\_

Componente		Día													
		1		2		3		4		5		6		7	
		Peso (kg)	%	Peso (kg)	%	Peso (kg)	%	Peso (kg)	%	Peso (kg)	%	Peso (kg)	%	Peso (kg)	%
A. Materia orgánica															
1	Restos de alimentos														
2	Papel Higiénico														
3	Hojarasca														
B. Materia Inorgánica Recuperable															
1	Papel y cartón														
2	Vidrio														
3	Plásticos														
4	Caucho														
5	Metales														
C. Materia No Recuperable															
<b>TOTAL</b>															

Tipo de Densidad	Día						
	1 (Kg/m <sup>3</sup> )	2 (Kg/m <sup>3</sup> )	3 (Kg/m <sup>3</sup> )	4 (Kg/m <sup>3</sup> )	5 (Kg/m <sup>3</sup> )	6 (Kg/m <sup>3</sup> )	7 (Kg/m <sup>3</sup> )
<b>DST</b>							
<b>DSO</b>							
<b>DSIR</b>							

DST...Densidad de Desechos Sólidos Totales; DSO...Densidad de Desechos Sólidos Orgánicos; DSIR...Densidad de Desechos Sólidos Inorgánicos Recuperables

## **APÉNDICE 2**

### **Resultados de Laboratorios**

#### **LABIND**



**Reporte de Análisis  
Químico**

Att: Licda. Nadia Mijangos

<b>No. De orden de servicio:</b> 17421	<b>Hora de Ingreso:</b> 12:27 Horas
<b>Empresa:</b> IRTRA	<b>Fecha de análisis:</b> 31 de mayo del 2002
<b>Dirección del Cliente:</b> 6ta. Calle 10-36, zona 2	<b>Fecha de Reporte:</b> 18 de julio del 2002
<b>Lugar de Captación:</b> IRTRA XOCOMIL	<b>Tipo de Muestra:</b> Deshechos Sólidos
<b>Fecha de Captación:</b> 30 de mayo del 2002	<b>Tipo de envase:</b> Polietileno
<b>Hora de Captación:</b> Dato no proporcionado	<b>No. de Muestras:</b> 1
<b>Fecha de Ingreso:</b> 30 de mayo del 2002	<b>Muestra captada por :</b> Cliente
<b>Método de Análisis:</b> AOAC , 15 th Edition, 1990	

		<b>No. De Laboratorio</b>
		50,338
		<b>Identificación</b>
		XOCOMIL
<b>Parámetro</b>	<b>Dimensionales</b>	<b>Resultado</b>
pH	Unidades de pH	5.28
Humedad	%	72.04
Cenizas	%	97.61

% peso en peso

Resultados válidos únicamente para la muestra como fue recibida en el laboratorio.  
Los resultados de este informe no pueden ser reproducidos parcial o totalmente  
sin previa autorización del laboratorio LABIND.

*[Handwritten Signature]*  
KB  
Técnico Química

Por LABIND:

*[Handwritten Signature]*  
Gerente Técnico Laboratorio de Química

17 Calle 15-46 Zona 10

**LABIND**  
LABORATORIO BIOLÓGICO INDUSTRIAL  
17 CALLE 15-46, ZONA 10  
TELS.: 366-9435 AL 39 - 368-0347



**Reporte de Análisis  
Químico**

Att: Licda. Nadia Mijangos

No. De orden de servicio: 17417	Hora de Ingreso: 15:30 Horas
Empresa: IRTRA	Fecha de análisis: 31 de mayo del 2002
Dirección del Cliente: 6ta. Calle 10-36, zona 2	Fecha de Reporte: 18 de julio del 2002
Lugar de Captación: IRTRA HOSTALES	Tipo de Muestra: Deshechos Sólidos
Fecha de Captación: 29 de mayo del 2002	Tipo de envase: Polietileno
Hora de Captación: Dato no proporcionado	No. de Muestras: 1
Fecha de Ingreso: 30 de mayo del 2002	Muestra captada por : Cliente
Método de Análisis: AOAC , 15 th Edition, 1990	

		No. De Laboratorio
		50,332
		Identificación
		Sector No. 1
Parámetro	Dimensionales	Resultado
pH	Unidades de pH	8.31
Humedad	%	44.97
Cenizas	%	97.27

% peso en peso

Resultados válidos únicamente para la muestra como fue recibida en el laboratorio.

Los resultados de este informe no pueden ser reproducidos parcial o totalmente sin previa autorización del laboratorio LABIND.

KB  
Técnico Química

Por LABIND:

Carlos Tobar  
 Gerente Técnico Laboratorio de Química

**LABIND**  
 LABORATORIO BIOLÓGICO INDUSTRIAL  
 CALLE 15-46, ZONA 10  
 TEL. 368-9435 AL 39 - 368-0347



**Reporte de Análisis  
Químico**

Att: Licda. Nadia Mijangos

<b>No. De orden de servicio:</b> 17417	<b>Hora de Ingreso:</b> 15:30 Horas
<b>Empresa:</b> IRTRA	<b>Fecha de análisis:</b> 31 de mayo del 2002
<b>Dirección del Cliente:</b> 6ta. Calle 10-36, zona 2	<b>Fecha de Reporte:</b> 18 de julio del 2002
<b>Lugar de Captación:</b> IRTRA HOSTALES	<b>Tipo de Muestra:</b> Deshechos Sólidos
<b>Fecha de Captación:</b> 29 de mayo del 2002	<b>Tipo de envase:</b> Polietileno
<b>Hora de Captación:</b> Dato no proporcionado	<b>No. de Muestras:</b> 1
<b>Fecha de Ingreso:</b> 30 de mayo del 2002	<b>Muestra captada por :</b> Cliente
<b>Método de Análisis:</b> AOAC , 15 th Edition, 1990	

		No. De Laboratorio
		50,333
		Identificación
		Sector No. 2
Parámetro	Dimensionales	Resultado
pH	Unidades de pH	4.28
Humedad	%	55.03
Cenizas	%	95.01


% peso en peso

Resultados válidos únicamente para la muestra como fue recibida en el laboratorio.  
Los resultados de este informe no pueden ser reproducidos parcial o totalmente sin previa autorización del laboratorio LABIND.

  
KB  
Técnico Química

Por LABIND:

  
Carlos Tobar  
Gerente Técnico Laboratorio de Química

  
LABIND  
LABORATORIO BIOLÓGICO INDUSTRIAL  
17 CALLE 10-40 ZONA 10  
TELS.: 366-9435 AL. 39 - 366-0347



**Reporte de Análisis  
Químico**

Att: Licda. Nadia Mijangos

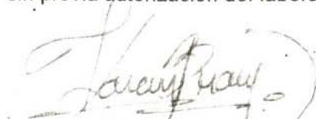
<b>No. De orden de servicio:</b> 17417	<b>Hora de Ingreso:</b> 15:30 Horas
<b>Empresa:</b> IRTRA	<b>Fecha de análisis:</b> 31 de mayo del 2002
<b>Dirección del Cliente:</b> 6ta. Calle 10-36, zona 2	<b>Fecha de Reporte:</b> 18 de julio del 2002
<b>Lugar de Captación:</b> IRTRA HOSTALES	<b>Tipo de Muestra:</b> Deshechos Sólidos
<b>Fecha de Captación:</b> 29 de mayo del 2002	<b>Tipo de envase:</b> Polietileno
<b>Hora de Captación:</b> Dato no proporcionado	<b>No. de Muestras:</b> 1
<b>Fecha de Ingreso:</b> 30 de mayo del 2002	<b>Muestra captada por :</b> Cliente
<b>Método de Análisis:</b> AOAC , 15 th Edition, 1990	

		No. De Laboratorio
		50,334
		Identificación
		Sector No. 3
Parámetro	Dimensionales	Resultado
pH	Unidades de pH	6.60
Humedad	%	49.78
Cenizas	%	98.25

% peso en peso

Resultados válidos únicamente para la muestra como fue recibida en el laboratorio.

Los resultados de este informe no pueden ser reproducidos parcial o totalmente sin previa autorización del laboratorio LABIND.

  
 KB  
 Técnico Química

Por LABIND:

  
 Carlos Tobar  
 Gerente Técnico Laboratorio de Química  
  
 LABORATORIO BIOLÓGICO INDUSTRIAL  
 17 CALLE 15-46, ZONA 10  
 TELS.: 366-9435 AL 39 - 368-0347.



**Reporte de Análisis  
Químico**

Att: Licda. Nadia Mijangos

<b>No. De orden de servicio:</b> 17417	<b>Hora de Ingreso:</b> 15:30 Horas
<b>Empresa:</b> IRTRA	<b>Fecha de análisis:</b> 31 de mayo del 2002
<b>Dirección del Cliente:</b> 6ta. Calle 10-36, zona 2	<b>Fecha de Reporte:</b> 18 de julio del 2002
<b>Lugar de Captación:</b> IRTRA HOSTALES	<b>Tipo de Muestra:</b> Deshechos Sólidos
<b>Fecha de Captación:</b> 29 de mayo del 2002	<b>Tipo de envase:</b> Polietileno
<b>Hora de Captación:</b> Dato no proporcionado	<b>No. de Muestras:</b> 1
<b>Fecha de Ingreso:</b> 30 de mayo del 2002	<b>Muestra captada por :</b> Cliente
<b>Método de Análisis:</b> AOAC, 15 th Edition, 1990	

		No. De Laboratorio
		50,331
		Identificación
		Hojarasca
Parámetro	Dimensionales	Resultado
pH	Unidades de pH	7.27
Humedad	%	70.28
Cenizas	%	93.7

% peso en peso

Resultados válidos únicamente para la muestra como fue recibida en el laboratorio.

Los resultados de este informe no pueden ser reproducidos parcial o totalmente sin previa autorización del laboratorio LABIND.

KB

Técnico Química

Por LABIND:

Carlos Tobar

Gerente Técnico Laboratorio de Química

**LABIND**  
LABORATORIO BIOLÓGICO INDUSTRIAL  
17 CALLE 15-46, ZONA 10  
TELEFONOS: 968-9435 AL 39 - 368-0347

**Resultados de Laboratorios**  
**FACULTAD DE AGRONOMIA**  
**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS**

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



**FACULTAD DE AGRONOMIA**  
LABORATORIO DE SUELO-PLANTA-AGUA  
"SALVADOR CASTILLO ORELLANA"  
CIUDAD UNIVERSITARIA, ZONA 12  
GUATEMALA CENTROAMERICA

INTERESADO: IRTRA  
PROCEDENCIA: IRTRA HOSTALES, RETALHULEU  
ANALISIS: COMPOST I

IDENT	pH	%	C/N	%	%						ppm			
					M.O.	C	N	P	K	Ca	Mg	Na	Cu	Zn
1	7.9	19.3	10.01	11.20	1.13	0.0027	0.19	1.81	0.32	0.019	20	95	1375	95



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE AGRONOMIA  
LABORATORIO DE SUELO-PLANTA-AGUA  
"SALVADOR CASTILLO ORELLANA"  
CIUDAD UNIVERSITARIA, ZONA 12  
GUATEMALA CENTROAMERICA

INTERESADO: IRTRA  
PROCEDENCIA: IRTRA HOSTALES, RETALHULEU  
ANALISIS: COMPOST II

IDENT	pH	%	C/N	%	%						ppm			
					M.O.	C	N	P	K	Ca	Mg	Na	Cu	Zn
1	7.3	11.98	8:1	16.90	0.84	0.0110	0.053	2.56	0.35	0.065	25	90	1050	275



## APÉNDICE 3

### Métodos de Laboratorio para Compost

De acuerdo a Sakurai, (1981:26)

#### A. PRUEBA DE HUMEDAD

A continuación se presenta uno de los métodos de análisis de humedad desarrollados por la APWA que se llama “el método de secado al horno”. Este método requiere algunos equipos básicos de laboratorio y estos no necesariamente están dentro del alcance de las ciudades latinoamericanas. E tal caso, se recomienda el uso de un método más sencillo que explicaremos en la parte VI.

##### 1. Equipos

- a. Un horno de secado, de ser posible con circulación de aire a presión.
- b. Un frasco secador grande o un armario con una sustancia higroscópica.
- c. Recipientes para las muestras (los botes de aluminio cerrados de unas 3.5 pulgadas de diámetro y dos pulgadas de profundidad).
- d. Una balanza de tres brazos graduada a una décima de gramo y con capacidad para 200 grs.

##### 2. Procedimiento

- a. Se prepara la muestra inicial usando el método específico.
- b. Se pesan los recipientes para las muestras.
- c. Se toman en los recipientes las muestras duplicadas de 50 a 100 grs. De residuos orgánicos triturados frescos y se cubren inmediatamente. Los materiales inorgánicos como vidrio, metales y cerámica de media pulgada o mayores, se eliminan. No hay que comprimir el material.
- d. Se pesan los recipientes con las muestras en su interior con precisión de un decigramo antes que transcurra una hora.
- e. Se secan a 75° C en el horno e secado con las tapas medio abiertas o sin tapas, hasta que su peso sea constante. Las muestras de menos de 60 % de contenido de humedad es suficiente secarlas durante 24 horas en un horno que tenga circulación de aire a presión, aunque es preferible secarlas durante 48 horas.

- f. Se sacan los recipientes del horno y se dejan enfriar en el frasco secador.
- g. Se pesan los recipientes.
- h. Se vuelven a secar por 1 o 2 horas.
- i. Se repiten los puntos f y g.
- j. Si durante el segundo secado (por 1 o 2 horas) se produce una pérdida de peso menor del 1 % del peso original (muestra húmeda) se da por terminado el proceso.
- k. Si la pérdida de peso en el segundo secado es mayor del 1 % del peso original, se seca por una hora más y se repite la operación hasta cumplir la condición indicada en el punto j.

### 3. Cálculo:

$$\% \text{ Humedad (base húmeda)} = \frac{100 \times (\text{pérdida de peso})}{(\text{Peso neto húmedo})}$$

En esta parte se presentan las siguientes seis pruebas más importantes del análisis químico de residuos sólidos, las cuales son fundamentales para identificar la factibilidad técnica de los procesos de compostificación, así como para el diseño de dicho proceso:

Pruebas	Procesos de tratamiento
Prueba de hidrógeno (H) y carbono ©	} . . . .Compostificación
Prueba de nitrógeno (N)	
Prueba de fósforo (P)	
Prueba de Potasio (K)	

Los procedimientos de estas pruebas, descritos a continuación, han sido desarrollados en base a los de la APWA.

## B. PRUEBA DE CARBONO

### 1. Equipos:

- a. Un horno eléctrico para calentar tubos cerrados para la combustión de sustancias orgánica.
- b. Cápsulas de combustión con tapa.
- c. Tubos secadores en U con tubos laterales de 16 mm de diámetro interior y 150 mm de altura.
- d. Lavagases Fisher-Milligan.
- e. Una balanza de análisis.
- f. Un horno de secado.
- g. Un aparato desecador.
- h. Tubos Tygon.
- i. Una botella de oxígeno extra seco preparado con aire líquido.

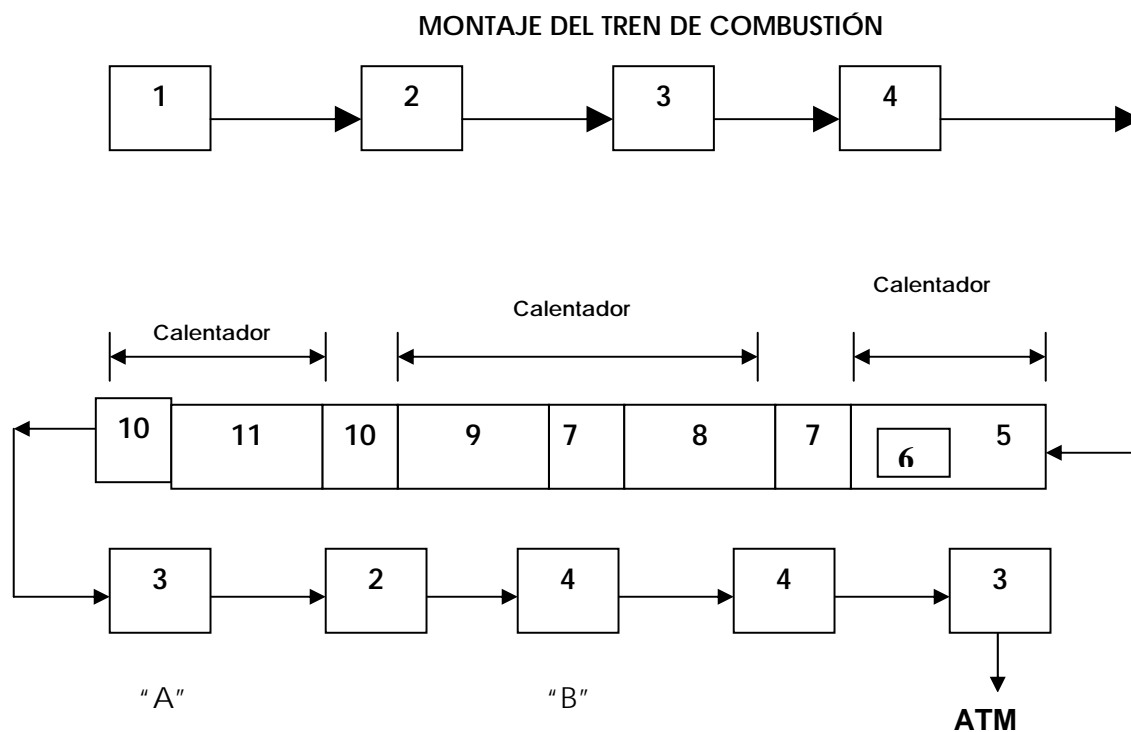
### 2. Reactivos:

- a. Ácido sulfúrico concentrado.
- b. Oxido cúprico granular (calentado a 900° C durante una hora antes de usarlo).
- c. Cromato de plomo granular.
- d. Peróxido de plomo granular
- e. Perclorato de magnesio.
- f. Ascarita (malla 8-20).
- g. Alambre de plata pura de grosor 3-4 B & S.
- h. Un filtro de amianto.

### 3. Tren de Combustión

Se monta el tren de combustión como se indica en la figura y los pasos se describen a continuación:

- |   |   |
|---|---|
| a. Botella de oxígeno                         | g. Tapón de fibra de amianto                |
| b. Lava gases con ácido sulfúrico concentrado | h. Cromato de plomo                         |
| c. Tubo secador con perclorato de magnesio    | i. Oxido cúprico                            |
| d. Tubo secador con ascarita                  | j. Alambre de plata (trenza en malla)       |
| e. Tubo de combustión                         | k. Peróxido de plomo (se mantiene a 190° C) |
| f. Cápsula de combustión                      |   |



#### 4. Nota

El elemento número 10 del tren sirve para facilitar la conducción del calor desde el centro del tubo de combustión hasta la salida para que en esta parte del tubo no se acumule humedad. El peróxido de plomo (elemento número 11) se tiene que mantener a 190° C durante toda la prueba.

#### 5. Procedimientos

Se obtiene el peso inicial de los elementos "A" y "B". Seguidamente, se pesa de 0.5 a 1 gramo de basura secada de la muestra directamente en una cápsula de combustión. Luego se conectan los calentadores números 1 y 2, se aumenta gradualmente la temperatura hasta aproximadamente 800 a 900° C. Se debe regular la circulación de oxígeno por el tren de combustión a aproximadamente 500 mililitros por minuto. La muestra se debe tener en combustión durante 30 minutos por lo menos, dejando después de un tiempo para asegurar que toda el agua formada durante la combustión ha sido arrastrada por la corriente de oxígeno al tubo de secado que contiene el perclorato de magnesio. Se obtiene entonces el peso final de los elementos "A" y "B".

**6. Cálculos:**

$$\% \text{ Carbono} = \frac{\text{Aumento de peso de "B" x 27.29}}{\text{Peso de la muestra}}$$

**C. PRUEBA DE NITRÓGENO (ORGÁNICO Y AMONIACAL)****1. Equipos:**

- a. Matraces Kjeldahl para digestión y destilación de 800 mililitros.
- b. Caperuza de exhaustación y salida especial al exterior para eliminar los vapores ácidos durante la digestión.
- c. Tubos de conexión Kjeldahl de bolas (bolas de 5 a 6 cm de diámetro con tapa de caucho en el extremo inferior y conectado al superior con tubo de goma a un condensador).
- d. Matraces Erlen Meyer de 500 mililitros.
- e. Balanza analítica.

**2. Reactivos:**

- a. Solución normal de ácido sulfúrico, 0.1N.
- b. Solución normal de hidróxido de sodio, 0.1N.
- c. Ácido sulfúrico concentrado, 93 a 96%  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , libre de nitratos y  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ .
- d. Oxido mercuríco de grado reactivo libre de nitrógeno.
- e. Solución de hidróxido de sodio y sulfato de sodio: Se disuelven 450 gramos de NaOH y 80 gramos de  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  en agua destilada libre de amoníaco y llevado a un litro.
- f. Indicador de metilo.
- g. Sulfato de potasio,  $\text{K}_2\text{SO}_4$ .
- h. Zinc granulado.

**3. Procedimiento:**

- a. Se pesa aproximadamente 1 gramo de muestra, previamente molida y resecada, con una precisión de hasta un décimo de miligramo.
- b. Se introduce en un matraz Kjeldahl y se agregan 15 gramos de  $\text{K}_2\text{SO}_4$ , 0.7 gramos de óxido mercuríco y 25 mililitros de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  concentrado.
- c. Se calienta suavemente hasta eliminar la espuma que aparece en la superficie. Luego se aumenta la temperatura continuando la digestión durante aproximadamente dos horas hasta que la mezcla alcance un color verde amarillento (solución ácida).
- d. Se enfría, se añaden 200 mililitros de agua destilada y se agita.

- e. Posteriormente se agrega 1 gramo de cinc granulado para evitar proyecciones; 75 mililitros de una solución preparada de hidróxido de sodio y tiosulfato de sodio, se vierten por las paredes del matraz para que no se mezcle enseguida con la solución ácida.
- f. Se conecta de inmediato el matraz al equipo refrigerante por medio del tubo de conexión. La salida del equipo refrigerante deberá estar sumergida en una solución normal de ácido sulfúrico, 0.1N, contenida en un Erlen Meyer de 500 mililitros. Se necesita medir la cantidad de esta solución antes de introducirla en el Erlen Meyer (generalmente se introducen 50 mililitros).
- g. Se mezcla por agitación el contenido del matraz Kjeldahl y se destila hasta que todo el amoníaco haya sido recogido por la solución normal de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Generalmente los primeros 150 mililitros de destilado contienen todo el amoníaco.
- h. Se titula con una solución 0.1N de NaOH, usando rojo de metileno como indicador. Paralelamente se realiza un ensayo testigo, pesando 0.5 gramos de azúcar de caña y sometiéndola a un tratamiento similar al de la muestra. Cuando se utilizan reactivos nuevos se deberá realizar un nuevo ensayo testigo.

#### 4. Cálculos:

a. Ensayo testigo:

$$(\text{ml del ácido}) - (\text{ml de la base}) \times (\text{normalidad de la base})$$

$$= \text{ml equivalente del ácido en ensayo testigo}$$

b. Muestra:

$$(\text{ml del ácido}) - (\text{ml de la base}) \times (\text{normalidad de la base})$$

$$= \text{ml equivalente del ácido en ensayo testigo}$$

c. Muestra corregida:

$$b - a = \text{ml equivalente del ácido de la muestra}$$

d. Porcentaje de nitrógeno orgánico y amoniacal en la muestra:

$$(\text{ml equiv. del ácido de la muestra}) \times (\text{norm. Del ácido}) \times (14 \text{ mg}) = \% \text{ Nitrógeno}$$

### 5. Nota

Los nitrógenos medidos son orgánicos y amoniacales y no incluyen los nitritos ni nitratos porque los últimos no son reducidos a forma amoniacal durante el procedimiento analítico. Entretanto es dudoso que muchos (si algunos) nitritos o nitratos sean formados mediante compostificación aeróbica, a menos que el período de estabilización se haya prolongado durante mucho tiempo.

## D. PRUEBA DE FÓSFORO (FOSFATOS)

### 1. Equipos:

- a. Matraces Kjeldahl de 800 mililitros para digestión.
- b. Una campana de humos.
- c. Matraces graduados de 200 mililitros.
- d. Recipientes de aluminio para muestras de dos pulgadas de diámetro (unos 50 mm) y 7/8 de pulgada de alto (unos 22 mm).
- e. Un espectrofotómetro.
- f. Un colorímetro fotoeléctrico (equipado con un filtro de luz de transmitancia máxima próxima a los 625 o 675 milimicrones) o un colorímetro visual.
- g. Un horno de secado.
- h. Un desecador
- i. Una balanza de análisis.
- j. Pipetas volumétricas.

### 2. Reactivos:

- a. Ácido sulfúrico concentrado, 93 a 96 %  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .
- b. Hidróxido de sodio, 10N (40 %).
- c. Solución de molibdato de amonio: Se disuelven 5 gramos de  $(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4$  en un litro de  $\text{HCl}$  0.75N.
- d. Solución de elón: Se disuelven 10 gramos de elón en un litro de  $\text{NaHSO}_3$  al 3%.
- e. Solución normal de fosfato de potasio: Se disuelven 1.917 gramos de  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  puro y seco en agua y se diluye hasta un litro.
- f. Un mililitro de esta solución equivale a un miligramo de  $\text{P}_2\text{O}_5$ .

### 3. Procedimiento:

- a. Se pesan unos tres gramos de residuos secos de la muestra en un recipiente previamente secado y tarado. (Es mejor secar los residuos a 75° C durante dos horas después de que se ha transferido al recipiente).
- b. Se transfiere la muestra a un matraz Kjeldahl y se añaden unos 25 mililitros de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> concentrado. Digiérase bajo la campana de humos hasta que el líquido se vuelva color paja, indicio de que la materia orgánica se ha descompuesto.
- c. Se enfría, se introduce en un matraz graduado de 200 mililitros, añadiendo unos 80 mililitros de agua.
- d. Se alcaliniza con la solución de NaOH utilizando un indicador de fenolftaleína hasta que la solución empiece a tornarse color rosa.
- e. Se añade agua hasta alcanzar la marca y se mezcla bien.
- f. Se filtra, se elimina la primera parte del filtrado y conserva la solución para determinar el fosfato y la potasa. (El volumen de la solución básica de la muestra es de 200 mililitros).
- g. Con la pipeta se pasan 10 mililitros de la solución anterior a un vaso de boca ancha de 100 mililitros, se añaden 30 mililitros de solución de solución de molibdato de amonio y 10 mililitros de solución de elón (50 mililitros de volumen total).
- h. Al mismo tiempo se depositan cantidades medidas con pipeta de la solución normal de fosfato en matraces graduados de 50 mililitros y se añaden las mismas cantidades de las soluciones de molibdato de amonio y elón. Se diluye con agua hasta la marca. (Se sugiere utilizar, para fines de comparación soluciones normalizadas de 1, 2, 4, 6, 8 y 10 miligramos de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> en 50 mililitros o preparar la curva de calibración del espectrofotómetro o colorímetro fotoeléctrico).
- i. Se mezcla bien la muestra y las soluciones y se deja reposar durante treinta minutos.
- j. Se mide o se compara inmediatamente la muestra en el colorímetro.

### 4. Cálculo:

$$\text{Mg de P}_2\text{O}_5 \text{ (determinación colorimétrica)} \times 2 = \% \text{ P}_2\text{O}_5$$

Este cálculo es para la cantidad de 10 mililitros tomada de los 200 mililitros de la solución preparada de la muestra y hay que ajustarlo si se varían las cantidades.

## E. PRUEBA DE POTASIO (POTASA)

### 1. Equipos:

- a. Un espectrofotómetro con dispositivo de fotómetro de llama.
- b. Matraces graduados.
- c. Pipetas volumétricas.

**2. Reactivos:**

- a. Solución normal de cloruro de potasio:  
Se disuelven 1.584 gramos de KC1 seco en agua y se diluye hasta completar un litro.  
Un mililitro de esta solución equivale a un miligramo de K<sub>2</sub>O.

**3. Procedimiento:**

- a. Se toma una alícuota de la solución muestra preparada para la determinación de la potasa en el paso f. De 4.3 (procedimiento de prueba de fósforo).  
b. Se procede a la determinación de fotometría de llama, operando el instrumento de acuerdo a las instrucciones del fabricante.  
c. Al mismo tiempo, se miden los valores de densidad óptica de las soluciones de conocida concentración de potasio preparadas de la solución normal de KC1 y se prepara una curva de calibración.  
d. Se compara el valor de densidad óptica de la solución muestra con la curva de calibración y se determina la concentración de K<sub>2</sub>O (ppm) de la solución muestra.

**4. Cálculo:**

$$\frac{\text{(concentración de K}_2\text{O de la solución muestra, en ppm)}}{50 \times \text{(peso seco neto en gramos)}} = \%K_2O$$

\*Valor medido en el paso a. del punto 5.3.3

**F. PRUEBA DE SÓLIDOS VOLATILES Y CENIZA****1. Equipos:**

- a. Un horno de secado.  
b. Una balanza analítica.  
c. Un frasco secador grande.  
d. Crisoles de porcelana.  
e. Un horno de mufla con pirómetro indicador y control de la temperatura por reóstato (se deben alcanzar temperaturas de 650° C).

**2 Procedimiento:**

- a. Se transfieren unos 5 gramos de residuos secado y molidos de la muestra en un crisol previamente incinerado y tarado (Wi).

- b. Se vuelve a secar los residuos en el crisol a 75° C en el horno de secado durante 2 horas.
- c. Se saca el crisol del horno y se deja enfriar en el frasco secador.
- d. Se pesa el crisol (W2) y se determina el peso neto seco de la muestra (W2-W1).
- e. Se coloca el crisol en el horno de mufla frío, se aumenta la temperatura del horno gradualmente hasta 650° C y se mantiene esta temperatura durante 2 horas.
- f. Se saca el crisol del horno y se deja enfriar en el frasco secador.
- g. Se pesa el crisol (W2) y se determina el peso de la ceniza (W3-W1).

### 3. Cálculos:

$$\frac{100 \times (W2-W3)}{(W2-W1)} = \% \text{ sólidos volátiles}$$

$$\frac{100 \times (W3-W1)}{(W2-W1)} = \% \text{ ceniza}$$

Métodos de Laboratorio para Material Biodegradable para Compost  
En la Fase Inicial

De acuerdo a la JAOAC (1923 - 1945)

925.09                    **Solids (Total)  
and Moisture in Flour  
Vacuum Oven Method  
Final Action**

(Also applicable to flour mixes contg  $\text{NaHCO}_3$  as ingredient)

**A. Apparatus**

(a) *Metal dish*.—Diam. ca 55 mm, ht ca 15 mm, with inverted slip-in cover fitting tightly on inside.

(b) *Air-tight desiccator*.—Reignited  $\text{CaO}$  is satisfactory drying agent.

(c) *Vacuum oven*.—Connect with pump capable of maintaining partial vac. in oven with pressure equiv. to  $\leq 25$  mm Hg (3.3 kPa) and provided with thermometer passing into oven in such way that bulb is near samples. Connect  $\text{H}_2\text{SO}_4$  gas-drying bottle with oven to admit dry air when releasing vac.

**B. Determination**

Accurately weigh ca 2 g well mixed sample in covered dish previously dried at  $98-100^\circ$ , cooled in desiccator, and weighed soon after reaching room temp. Loosen cover (do not remove) and heat at  $98-100^\circ$  to const wt (ca 5 hr) in partial vac. having pressure equiv. to  $\leq 25$  mm Hg (3.3 kPa). Admit dry air into oven to bring to atm. pressure. Immediately tighten cover on

dish, transfer to desiccator, and weigh soon after reaching room temp. Report flour residue as total solids and loss in wt as moisture (indirect method).

Refs.: JAOAC 8, 665(1925); 9, 39, 88(1926); 34, 278(1951).

923.03                    **Ash of Flour  
Direct Method  
Final Action**

Weigh 3-5 g well mixed sample into shallow, relatively broad ashing dish that has been ignited, cooled in desiccator, and weighed soon after reaching room temp. Ignite in furnace at ca  $550^\circ$  (dull red) until light gray ash results, or to const wt. Cool in desiccator and weigh soon after reaching room temp. Reignited  $\text{CaO}$  is satisfactory drying agent for desiccator.

Ref.: JAOAC 7, 132(1923).

943.02                    **pH of Flour  
Potentiometric Method  
Final Action**

Weigh 10.0 g sample into clean, dry erlenmeyer and add 100 mL recently boiled  $\text{H}_2\text{O}$  at  $25^\circ$ . Shake until particles are evenly suspended and mixt. is free of lumps. Digest 30 min, shaking frequently. Let stand 10 min more, decant supernate into the H-ion vessel, and immediately det. pH, using electrode and potentiometer stdzd by buffer solns of pH 4.01, 964.24(c), and of pH 9.18, 964.24(f), both at  $25^\circ$ .

Refs.: JAOAC 26, 109(1943); 27, 87(1944); 28, 66(1945).

## APÉNDICE 4

### GLOSARIO

**BASURA:** Todo residuo o desecho sólido o semi-sólido que carece de valor para su inmediato poseedor, con excepción de excretas de origen humano o animal. Están comprendidos en la misma definición los desperdicios, desechos, cenizas, elementos de barrido de calles, residuos industriales, de establecimientos hospitalarios y de plazas de mercado, entre otros.

**DISPOSICIÓN FINAL:** Es la última actividad operacional del servicio de aseo urbano, mediante la cual las basuras las basuras son descargadas en forma definitiva.

**LIXIVIADO:** Es el líquido que percolado a través de los desechos sólidos, acarrea materiales disueltos o suspendidos. La infiltración de una fracción de la precipitación pluvial es el principal generador del lixiviado en los rellenos sanitarios y en los botaderos de basura. Otros contribuyentes son: el contenido de humedad propia de los desechos, el agua de la descomposición y la infiltración de aguas subterráneas.

**MATERIAL BIODEGRADABLE:** Un compuesto que puede ser degradado o convertido en compuestos más sencillos por microorganismos.

**RECICLAJE:** Es un proceso mediante el cual ciertos materiales de las basuras se separan, recogen, clasifican y almacenan para reincorporarlos como materia prima al ciclo productivo.

**RECUPERACIÓN:** Actividad relacionada con la obtención de materiales secundarios, bien sea por separación, desempaquetamiento, recogida o cualquier otra forma de retirar de los residuos sólidos algunos de sus componentes para su reciclaje o reuso.

**REUSO:** Es el retorno de un bien o producto a la corriente económica para ser utilizado en forma exactamente igual a como se utilizó antes, sin cambio alguno en su forma o naturaleza.

**SANEAMIENTO:** Control de todos los factores del ambiente físico del hombre, que ejercen o pueden ejercer un efecto pernicioso en su desarrollo físico, su salud y su supervivencia.

**SEPARACIÓN:** Dividir residuos en grupos de materias similares, como productos de papel, vidrio, residuos de comida, y metales. También se usa para describir la selección adicional de materias en categorías más específicas, como vidrio transparente y vidrio oscuro. La separación se puede hacer mensualmente o mecánicamente, con equipo especializado.

**TRATAMIENTO:** Es el proceso de transformación físico, químico o biológico de los desechos sólidos que procura obtener beneficios sanitarios económicos, reduciendo o eliminando efectos nocivos al hombre o al medio ambiente.

**VERTEDERO CONTROLADO:** Un método de ingeniería para la eliminación de residuos sólidos en la tierra, de una forma tal que se protege la salud pública y el medio ambiente. El residuo se esparce en capas finas, compactándolo al volumen práctico más pequeño, y tapándolo con tierra u otro material apto, al final de cada día laboral.

**STEWART:** Personal que se encarga del saneamiento del área en las cocinas de los restaurantes.

**PARQUE TEMÁTICO XETULUL:** Es igual a parque de Diversiones Xetulul.

## APÉNDICE 5

### CUADROS DE REFERENCIA

**Cuadro A Resumen del promedio de pesos de los cuatro sectores muestreados del Parque Vacacional durante los siete días de muestreo.**

Componente	Sector 1	Sector 2	Sector 3	Sector 4	Total
<b>A. Materia biodegradable (Kg/Día)</b>	162.12	4070.07	216.00	75.71	<b>4523.9</b>
<b>B. Material recuperable (Kg/Día)</b>	50.02	156.12	42.28	49.16	<b>297.58</b>
<b>C. Material no recuperable (Kg/Día)</b>	74.63	570.64	200.10	95.48	<b>940.85</b>
<b>PESO TOTAL (Kg /7 días)</b>	<b>286.77</b>	<b>4796.83</b>	<b>458.38</b>	<b>220.35</b>	<b>5762.33</b>
<b>PESO PROMEDIO</b>	<b>40.97</b>	<b>685.26</b>	<b>65.48</b>	<b>31.48</b>	<b>823.19</b>

**Cuadro B Pesos de los componentes muestreados de los parques Acuático y Temático.**

<i>Componente</i>	Acuático	Temático
	Peso Promedio (Kg)	Peso Promedio (Kg)
<b>A. Materia biodegradable</b>	<b>33.62</b>	<b>246.33</b>
1 Latas de aluminio	1.42	10.38
2 Envases plásticos	11.01	12.87
3 Vidrio	4.18	12.08
4 Papel bond	0.00	2.00
<b>Subtotal</b>	<b>16.61</b>	<b>37.33</b>
<b>C. Material no recuperable</b>	<b>216.35</b>	<b>347.40</b>
<b>TOTAL</b>	<b>266.58</b>	<b>631.06</b>