

**CARACTERIZACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE RESIDUOS EN EL ZOOLOGICO
DE CALI Y GENERACIÓN DE PROCESOS DE CAMBIO EN TORNO AL PLAN
DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS PGIRS**

**HEBERTH ALEXANDER CHACÓN LEITE
SOFÍA STHEFANY TULCÁN MELO**

**UNIVERSIDAD ICESI
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
SANTIAGO DE CALI
2012**

**CARACTERIZACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE RESIDUOS EN EL ZOOLOGICO
DE CALI Y GENERACIÓN DE PROCESOS DE CAMBIO EN TORNO AL PLAN
DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS PGIRS**

**HEBERTH ALEXANDER CHACÓN LEITE
SOFÍA STHEFANY TULCÁN MELO**

**Proyecto de Grado para optar al título de
INGENIERO INDUSTRIAL**

**DIRECTOR DEL PROYECTO
Sory Carola Torres Quintero
Licenciada en Biología y Química**

**UNIVERSIDAD ICESI
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
SANTIAGO DE CALI
2012**

CONTENIDO

pág.

| | |
|---|----|
| GLOSARIO | 13 |
| 1. GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS EN LA RUTA ECOLOGICA DEL ZOOLOGICO DE CALI..... | 17 |
| 1.1 TÍTULO..... | 17 |
| 1.2 PROBLEMÁTICA..... | 17 |
| 1.2.1 Contextualización | 17 |
| 1.2.2 Elementos | 18 |
| 1.2.3 Formulación | 19 |
| 1.3 JUSTIFICACIÓN..... | 19 |
| 1.4 LÍMITES Y ALCANCE | 20 |
| 2. OBJETIVOS..... | 22 |
| 2.1 OBJETIVO GENERAL..... | 22 |
| 2.2 OBJETIVO DEL PROYECTO | 22 |
| 2.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 22 |
| 3. MARCO DE REFERENCIA..... | 23 |
| 3.1 ANTECEDENTES O ESTUDIOS PREVIOS | 23 |
| 3.1.1 Gestión integral de residuos sólidos en Zoológicos americanos..... | 23 |
| 3.1.2 Gestión de residuos sólidos en Colombia | 24 |
| 3.1.3 Gestión de residuos en el Zoológico de Cali | 25 |
| 3.2 MARCO TEÓRICO | 26 |
| 3.2.1 Los residuos sólidos | 26 |
| 3.2.1.1 Clasificación de residuos sólidos..... | 26 |
| 3.2.1.2 Gestión de los residuos sólidos | 27 |
| 3.2.3 Plan de gestión integral de residuos sólidos PGIRS en Cali | 29 |

| | | |
|----------|---|----|
| 3.2.3.1 | El PGIRS como política pública..... | 29 |
| 3.2.3.2 | Sistema de gestión integral de residuos sólidos..... | 30 |
| 3.2.3.3 | Lineamientos de separación en la fuente en Santiago de Cali | 32 |
| 3.2.3.4 | Instrumentos para la aplicación del PGIRS en Santiago de Cali | 34 |
| 3.2.4 | Marco Legal | 34 |
| 3.2.4.1 | Decreto 1713 de 2002 | 34 |
| 3.2.4.2 | Decreto 1505 de 2003 | 35 |
| 3.2.4.3 | Decreto 605 de 1996..... | 35 |
| 3.2.4.4 | Decreto 838 de 2005..... | 35 |
| 3.2.4.5 | Ley 142 de 1994 | 35 |
| 3.2.4.6 | Resolución 351 de 2005 | 36 |
| 3.2.4.7 | Resolución 1045 de 2010 | 36 |
| 3.2.4.8 | Decreto municipal 0475 de 2004..... | 36 |
| 3.2.4.9 | RAS 2000 | 36 |
| 3.2.4.10 | Artículos de la Constitución Política Colombiana | 36 |
| 3.2.5 | Aplicación de la ingeniería en la gestión de residuos | 37 |
| 3.2.5.1 | Medidas y métodos utilizados para valorar las cantidades de residuos sólidos | 38 |
| 3.2.5.2 | Análisis de balance de masas: | 39 |
| 3.2.5.3 | Análisis estadístico de cantidades medidas de residuos | 40 |
| 3.2.5.4 | Caracterización de residuos | 40 |
| 3.2.5.5 | Valoración de las desviaciones actuales de los residuos | 41 |
| 3.2.6 | Compostaje de residuos orgánicos | 42 |
| 3.2.7 | Biodigestores | 43 |
| 3.2.7.1 | Tipos de Biodigestores | 44 |
| 3.2.7.2 | Conceptos en el diseño de un Biodigestor familiar..... | 44 |
| 3.2.7.3 | Digestión anaerobia | 45 |
| 3.2.7.4 | Temperatura y tiempo de retención | 46 |
| 3.3 | APORTE CRÍTICO | 47 |
| 4. | METODOLOGÍA..... | 49 |
| 4.1 | MATRIZ DE MARCO LÓGICO | 49 |
| 4.2 | ETAPAS DEL TRABAJO..... | 49 |

| | |
|--|----|
| 4.2.1 Recopilar información..... | 49 |
| 4.2.2 Analizar la situación actual de la gestión de residuos en el Zoológico ... | 50 |
| 4.2.3 Plantear un modelo conceptual | 50 |
| 4.2.4 Propuesta de cambios graduales específicos | 51 |
| 4.2.5 Presentación de resultados finales | 51 |
| 5. ADMINISTRACIÓN DEL PROYECTO | 52 |
| 5.1 RECURSOS..... | 52 |
| 5.2 CRONOGRAMA | 53 |
| 5.3 EQUIPO | 53 |
| 6. DEFINICIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA GESTIÓN DE RESIDUOS EN LA ZONA DE EXHIBICIONES DEL ZOOLOGICO DE CALI | 54 |
| 6.1 ZONAS DE GENERACIÓN DE RESIDUOS | 54 |
| 6.2 PROCESOS DE RECOGIDA Y MOBILIARIO DISPONIBLE | 54 |
| 6.3 RECOLECCIÓN INICIAL DE DATOS..... | 57 |
| 7. PROPUESTA DEL PLAN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS PARA LA ZONA DE EXHIBICIONES DEL ZOOLOGICO DE CALI..... | 64 |
| 7.1 ELABORACIÓN DEL MANUAL GUÍA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN PGIRS EN LAS ZONAS DE EXHIBICIONES DEL ZOOLOGICO DE CALI..... | 64 |
| 7.1.2 Introducción al manual PGIRS para el Zoológico de Cali..... | 65 |
| 7.1.3 Objetivos del manual | 66 |
| 7.1.4 Aspectos generales de residuos sólidos | 66 |
| 7.1.4.1 Definición de residuo sólido | 66 |
| 7.1.4.2 ¿Cuáles son las fuentes de generación de los residuos sólidos urbanos? | 66 |
| 7.1.4.3 Manejo inadecuado de los residuos sólidos: efectos que traen al medio ambiente y a la salud pública..... | 67 |
| 7.1.4.4 Como separar los residuos sólidos. | 68 |
| 7.1.4.5 Presentación de los residuos..... | 68 |
| 7.1.4.6 ¿Qué se puede reciclar?..... | 68 |
| 7.1.5 Sistema de Gestión Integral de Residuos Sólidos en el Zoológico de Cali | 70 |

| | |
|---|----|
| 7.1.5.1 Política municipal de recuperación y aprovechamiento | 70 |
| 7.1.5.2 Actores y etapas del sistema en el parque Zoológico | 70 |
| 7.1.5.3 Principales fuentes de generación de residuos sólidos en el Zoológico de Cali..... | 71 |
| 7.1.5.4 Presentación de los residuos sólidos | 71 |
| 7.1.5.5 Personas que se requieren para manejar la ruta de recolección interna | 71 |
| 7.1.5.6 Definición de la ruta selectiva interna..... | 72 |
| 7.1.5.7 Operación de la ruta de recolección selectiva | 72 |
| 7.1.6 Relación entre los sistemas GIRS en el Zoológico de Cali y el sistema municipal de recuperación y aprovechamiento | 73 |
| 7.1.7 Componentes del sistema..... | 73 |
| 7.1.7.1 Componente Organizativo – Administrativo..... | 73 |
| 7.1.7.2 Componente Técnico y Logístico | 73 |
| 7.1.7.3 Componente de información, educación y comunicación IEC. | 75 |
| 7.1.8 Diseño del Sistema de Gestión Integral de Residuos Sólidos (GIRS) en el Zoológico de Cali | 75 |
| 7.1.8.1 Componente Organizativo – Administrativo..... | 75 |
| 7.1.9 Mecanismos de seguimiento y evaluación | 76 |
| 7.2 PROPUESTA DE UBICACIÓN DE CONTENEDORES..... | 77 |
| 7.2.1 Reubicación de contenedores existentes | 78 |
| 7.2.2 Requerimientos para la reubicación | 82 |
| 7.2.3 Sugerencias adicionales | 82 |
| 7.3 RECOLECCIÓN DE RESIDUOS EN LAS EXHIBICIONES | 83 |
| 7.3.1 Recolección de datos y análisis del proceso..... | 83 |
| 7.3.2 Propuesta para el manejo de residuos generados en las exhibiciones del Zoológico de Cali | 89 |
| 7.4 DISEÑO UNIDAD DE ALMACENAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS | 97 |
| 7.4.1 Disposición actual..... | 97 |
| 7.4.2 Unidad de Almacenamiento de Residuos | 97 |
| 7.4.3 Localización de la UAR, ubicación de zonas de generación de residuos sólidos y rutas internas de evacuación. | 99 |

8. CONCLUSIONES.....108
BIBLIOGRAFÍA.....109
ANEXOS111

LISTA DE ILUSTRACIONES

pág.

| | |
|---|-----|
| Ilustración 1. Afiche de la campaña "Cali es tu casa" | 33 |
| Ilustración 2. Proceso biológico que sucede en el interior de un Biodigestor | 45 |
| Ilustración 3. Contenedores Ciudad Limpia Parqueadero | 55 |
| Ilustración 4. Portada y contraportada "Manual PGIRS para el Zoológico de Cali" | 64 |
| Ilustración 5. Separación de residuos zona I..... | 98 |
| Ilustración 6. Medidas contenedores Ciudad Limpia | 99 |
| Ilustración 7. Ubicación UAR | 100 |
| Ilustración 8. Vistas frontal y en perspectiva diseño UAR 3D..... | 104 |
| Ilustración 9. Vista posterior y perspectiva posterior diseño UAR 3D | 105 |
| Ilustración 10. Vistas lateral izquierda y derecha diseño UAR 3D | 106 |

LISTA DE TABLAS

pág.

| | |
|--|-----|
| Tabla 1. Clasificación de residuos por colores | 32 |
| Tabla 2. Tiempo de retención según temperatura. | 46 |
| Tabla 3. Caracterización y cuantificación de contenedores en la ruta ecológica ... | 55 |
| Tabla 4. Tipos de contenedores en la ruta ecológica | 56 |
| Tabla 5. Formato de identificación de punto de recolección de residuos | 57 |
| Tabla 6. Distancias entre contenedores dentro de la ruta ecológica | 62 |
| Tabla 7. Residuos reciclables | 69 |
| Tabla 8. Residuos diarios generados en las exhibiciones de la sección 1 | 84 |
| Tabla 9. Residuos diarios generados en las exhibiciones de la sección 2 | 85 |
| Tabla 10. Residuos diarios generados en las exhibiciones de la sección 3 | 86 |
| Tabla 11. Residuos diarios generados en las exhibiciones de la sección 4 | 86 |
| Tabla 12. Residuos diarios generados en las exhibiciones de la sección 5 | 87 |
| Tabla 13. Residuos diarios generados en las exhibiciones de la sección 6 | 87 |
| Tabla 14. Residuos diarios generados en las exhibiciones de la sección 7 | 88 |
| Tabla 15. Residuos diarios generados en las exhibiciones de la sección 8 | 89 |
| Tabla 16. Residuos totales generados en las exhibiciones | 89 |
| Tabla 17. Parámetros según el ancho del rollo | 93 |
| Tabla 18. Sección eficaz según el ancho de rollo | 93 |
| Tabla 19. Longitud del Biodigestor según el ancho de rollo | 94 |
| Tabla 20. Relación optima entre longitud y diámetro del Biodigestor | 94 |
| Tabla 21. Dimensiones de la zanja según el Ancho de Rollo (AR) | 95 |
| Tabla 22. Volumen de residuos mensuales recogidos por la empresa de aseo .. | 102 |

LISTA DE GRÁFICOS

pág.

| | |
|---|-----|
| Gráfico 1. Residuos diarios totales | 90 |
| Gráfico 2. Residuos semanales totales | 91 |
| Gráfico 3. Residuos totales mensuales | 91 |
| Gráfico 4. Volumen de residuos mensuales recogidos por la empresa de aseo.. | 103 |

LISTA DE DIAGRAMAS

pág.

| | |
|--|----|
| Diagrama 1. Administración de residuos sólidos | 28 |
| Diagrama 2. Etapas del sistema de GIRS | 30 |
| Diagrama 3. Sistema de GIRS | 31 |
| Diagrama 4. Estructura básica del PGIRS | 74 |
| Diagrama 5. Esquema de metodología de diseño de un Biodigestor | 96 |

LISTA DE ANEXOS

pág.

| | |
|--|-----|
| ANEXO A. MATRIZ DE MARCO LÓGICO | 111 |
| ANEXO B. CRONOGRAMA | 117 |
| ANEXO C. UBICACIÓN INICIAL DE CONTENEDORES | 118 |
| ANEXO D. REUBICACIÓN DE CONTENEDORES | 119 |
| ANEXO E. UBICACIÓN ZONAS DE RECOLECCIÓN ACTUALES | 120 |
| ANEXO F. PLANO ARQUITECTONICO UAR | 121 |
| ANEXO G. PLANO PLANTA ELECTRICA UAR | 122 |
| ANEXO H. PLANO PLANTA HIDRAULICA UAR | 123 |
| ANEXO I. FACTURA DE ASEO ZOOLOGICO DE CALI..... | 124 |

GLOSARIO

Para efectos del presente proyecto y para la mejor comprensión del mismo se adoptan algunas definiciones, tomadas del Decreto 1713 de 2002 y del libro compostaje de residuos orgánicos de Piedad Macías¹.

ALMACENAMIENTO: es la acción del usuario de colocar temporalmente los residuos sólidos en recipientes, depósitos contenedores retornables o desechables mientras se procesan para su aprovechamiento, transformación, comercialización o se presentan al servicio de recolección para su tratamiento o disposición final.

APROVECHAMIENTO: es el proceso mediante el cual, a través de un manejo integral de los residuos sólidos, los materiales recuperados se reincorporan al ciclo económico y productivo en forma eficiente, por medio de la reutilización, el reciclaje, la incineración con fines de generación de energía, el compostaje o cualquier otra modalidad que conlleve beneficios sanitarios, ambientales y/o económicos.

CONTAMINACIÓN: es la alteración del medio ambiente por sustancias o formas de energía puestas allí por la actividad humana o de la naturaleza en cantidades, concentraciones o niveles capaces de interferir con el bienestar y la salud de las personas, atentar contra la flora y/o la fauna, degradar la Calidad del medio ambiente o afectar los recursos de la Nación o de los particulares.

COMPOSTAJE: es un método de tratamiento de los residuos sólidos urbanos, agrícolas e industriales, basado en la degradación bioquímica de la fracción orgánica de los mismos, que permite convertirla en una sustancia similar al humus, de características totalmente estables y totalmente inofensivas desde el punto de vista higiénico y sanitario

DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS: es el proceso de aislar y confinar los residuos sólidos en especial los no aprovechables, en forma definitiva, en lugares

¹ LÓPEZ MACIAS, Piedad. Compostaje de residuos orgánicos. Cali: Universidad del Valle. Facultad de Ingeniería, 2002

especialmente seleccionados y diseñados para evitar la contaminación, y los daños o riesgos a la salud humana y al medio ambiente.

ELIMINACIÓN: es cualquiera de las operaciones que pueden conducir a la disposición final o a la recuperación de recursos, al reciclaje, a la regeneración, al compostaje, la reutilización directa y a otros usos.

GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS: es el conjunto de operaciones y disposiciones encaminadas a dar a los residuos producidos el destino más adecuado desde el punto de vista ambiental, de acuerdo con sus características, volumen, procedencia, costos, tratamiento, posibilidades de recuperación, aprovechamiento, comercialización y disposición final.

HUMUS: comprende la materia orgánica más o menos estable que queda después de la etapa de descomposición rápida. Está formado por una serie de complejos orgánicos muy variados que gozan de propiedades comunes tales como color marrón oscuro o negro, descomposición o mineralización lenta y relación carbono nitrógeno.

MANEJO: es el conjunto de actividades que se realizan desde la generación hasta la eliminación del residuo o desecho sólido. Comprende las actividades de separación en la fuente, presentación, recolección, transporte, almacenamiento, tratamiento y/o la eliminación de los residuos o desechos sólidos

RECICLADOR: es la persona natural o jurídica que presta el servicio público de aseo en la actividad de aprovechamiento.

RECICLAJE: es el proceso mediante el cual se aprovechan y transforman los residuos sólidos recuperados y se devuelve a los materiales su potencialidad de reincorporación como materia prima para la fabricación de nuevos productos. El reciclaje puede constar de varias etapas: procesos de tecnologías limpias, reconversión industrial, separación, recolección selectiva acopio, reutilización, transformación y comercialización.

RECOLECCIÓN: es la acción y efecto de recoger y retirar los residuos sólidos de uno o varios generadores efectuada por la persona prestadora del servicio.

RECUPERACIÓN: es la acción que permite seleccionar y retirar los residuos sólidos que pueden someterse a un nuevo proceso de aprovechamiento, para convertirlos en materia prima útil en la fabricación de nuevos productos.

RELLENO SANITARIO: es el lugar técnicamente seleccionado, diseñado y operado para la disposición final controlada de los residuos sólidos, sin causar peligro, daño o riesgo a la salud pública, minimizando y controlando los impactos ambientales y utilizando principios de ingeniería, para la confinación y aislamiento de los residuos sólidos en un área mínima, con compactación de residuos, cobertura diaria de los mismos, control de gases y lixiviados, y cobertura final.

RESIDUOS DE LIMPIEZA DE PARQUES Y JARDINES: son los residuos sólidos provenientes de la limpieza o arreglo de jardines y parques, corte de césped y poda de árboles o arbustos ubicados en zonas públicas.

RESIDUO O DESECHO PELIGROSO: es aquel que por sus características infecciosas, tóxicas, explosivas, corrosivas, inflamables, volátiles, combustibles, radiactivas o reactivas puedan causar riesgo a la salud humana o deteriorar la Calidad ambiental hasta niveles que causen riesgo a la salud humana. También son residuos peligrosos aquellos que sin serlo en su forma original se transforman por procesos naturales en residuos peligrosos. Así mismo, se consideran residuos peligrosos los envases, empaques y embalajes que hayan estado en contacto con ellos.

RESIDUO SÓLIDO O DESECHO: es cualquier objeto, material, sustancia o elemento sólido resultante del consumo o uso de un bien en actividades domésticas, industriales, comerciales, institucionales, de servicios, que el generador abandona, rechaza o entrega y que es susceptible de aprovechamiento o transformación en un nuevo bien, con valor económico o de disposición final. Los residuos sólidos se dividen en aprovechables y no aprovechables. Igualmente, se consideran como residuos sólidos aquellos provenientes del barrido de áreas públicas.

RESIDUO SÓLIDO APROVECHABLE: es cualquier material, objeto, sustancia o elemento sólido que no tiene valor de uso directo o indirecto para quien lo genere, pero que es susceptible de incorporación a un proceso productivo.

RESIDUO SÓLIDO NO APROVECHABLE: es todo material o sustancia sólida o semisólida de origen orgánico e inorgánico, putrescible o no, proveniente de

actividades domésticas, industriales, comerciales, institucionales, de servicios, que no ofrece ninguna posibilidad de aprovechamiento, reutilización o reincorporación en un proceso productivo. Son residuos sólidos que no tienen ningún valor comercial, requieren tratamiento y disposición final y por lo tanto generan costos de disposición.

REUTILIZACIÓN: es la prolongación y adecuación de la vida útil de los residuos sólidos recuperados y que mediante procesos, operaciones o técnicas devuelven a los materiales su posibilidad de utilización en su función original o en alguna relacionada, sin que para ello requieran procesos adicionales de transformación.

SEPARACIÓN EN LA FUENTE: es la clasificación de los residuos sólidos en el sitio donde se generan para su posterior recuperación.

TRATAMIENTO: es el conjunto de operaciones, procesos o técnicas mediante los cuales se modifican las características de los residuos sólidos incrementando sus posibilidades de reutilización o para minimizar los impactos ambientales y los riesgos para la salud humana.

TRASBORDO O TRANSFERENCIA: es la actividad de trasladar los residuos sólidos de un vehículo a otro por medios mecánicos, evitando el contacto manual y el esparcimiento de los residuos.

UNIDAD DE ALMACENAMIENTO: es el área definida y cerrada, en la que se ubican las cajas de almacenamiento en las que el usuario almacena temporalmente los residuos sólidos.

1. GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS EN LA RUTA ECOLOGICA DEL ZOOLOGICO DE CALI

1.1 TÍTULO

Caracterización y cuantificación de residuos en la Fundación Zoológico de Cali y generación de procesos de cambio en torno al Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos PGIRS.

1.2 PROBLEMÁTICA

1.2.1 Contextualización

El Zoológico de Cali es un parque temático de carácter ambiental ubicado en la ciudad de Cali, Colombia, que permite tener un contacto más cercano con la riqueza natural del país, promoviendo programas para la conservación de la biodiversidad y contribuyendo con el fortalecimiento del conocimiento que los ciudadanos tienen acerca de la problemática ambiental de la región. La Fundación Zoológico de Cali está comprometida con la prestación de múltiples tipos de servicios tanto para la comunidad que visita las instalaciones como para las especies y espacios que integran el parque, buscando manejar siempre procesos integrales que permitan mejorar continuamente la Calidad en todas las áreas.

En cuanto a la problemática específica de gestión de residuos generados dentro del parque, se encuentra el siguiente panorama: El Zoológico cuenta con una ruta ecológica a través de la cual se pueden observar las distintas zonas de exhibición, espacios donde se generan cantidades considerables diarias de residuos sólidos tanto por parte de los visitantes y empleados que transitan a lo largo de la ruta y áreas como cafeterías o zonas de descanso, así como por parte de los animales que se encuentran exhibidos. Para la recolección de residuos se cuenta con diez personas que se encargan de hacer la recogida por áreas, la recolección se realiza en carretillas reuniendo todo tipo de residuos sin una clasificación previa

que permita la separación de residuos no reciclables y reciclables, al final de cada recogida la totalidad de residuos se lleva a la zona de recolección. De estos residuos solo una mínima parte recuperada en la zona de acopio es aprovechada por los recicladores informales, es decir, la mayor parte es llevada al relleno sanitario ocasionando impactos negativos importantes sobre el medio ambiente.

1.2.2 Elementos

La situación actual de la gestión de residuos en el Zoológico de Cali debe evaluarse teniendo en cuenta los siguientes elementos:

- **Normativa:** Teniendo en cuenta las medidas que se manejan a nivel regional en el municipio de Santiago de Cali, es posible lograr fortalecer los sistemas de recuperación, promoviendo la puesta en marcha de alternativas de mejoramiento ambiental basadas en la reducción de residuos que se deben llevar al relleno sanitario, a través de la adopción de prácticas de aprovechamiento. De esta forma, para lograr cambios positivos concretos y fiables en los procesos que se llevan a cabo en la gestión de residuos se deben tener como base principal la información y herramientas avaladas por los lineamientos establecidos por el gobierno nacional de Colombia, en los decretos nacionales 1713 de 2002 y 1505 de 2007, con los que se pretende formular Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos, PGIRS, en los distintos espacios donde estos se generan.
- **Mobiliario requerido:** No se cuenta con contenedores de basura que permitan la separación de residuos ni con las herramientas suficientes para poder realizar una clasificación eficiente de los residuos antes ni después de la recolección
- **Personal a cargo de la ruta de recolección:** Las personas encargadas de la recolección de residuos se limitan a hacer la recogida de tal forma que no les quite demasiado tiempo, no existen normas técnicas establecidas para llevar los residuos a los contenedores que la empresa de aseo proporciona y por carencia del mobiliario y las herramientas adecuadas se dificulta poder hacer la separación

1.2.3 Formulación

De los residuos generados en la zona de exhibiciones del Zoológico de Cali solo una mínima parte es aprovechada para su reciclaje, la cantidad restante es llevada al relleno sanitario ocasionando impactos negativos significativos sobre el medio ambiente. En tal sentido, se evidencia la carencia de un programa que permita el manejo adecuado de los diferentes tipos de residuos generados, con el fin de evitar problemas sanitarios tanto para la comunidad visitante, como para los animales y el personal que labora dentro de esta área, y además para implementar cambios que favorezcan el avance del desarrollo sostenible de la región y el mejoramiento de la apariencia del paisaje que se constituye como una parte fundamental para el hábitat existente en el parque y para quienes transitan por la ruta ecológica.

1.3 JUSTIFICACIÓN

La gestión adecuada de residuos sólidos es un tema que ha cobrado vital importancia en el mundo actual a nivel global, principalmente por la búsqueda continúa de entornos sostenibles que permitan un desarrollo socioeconómico equitativo, viable y soportable que involucre al medio ambiente y a la sociedad. A nivel mundial se han desarrollado todo tipo de iniciativas ambientales en pro de un mundo más llevadero para las generaciones presentes y futuras, y a nivel de los distintos estados se han establecido regulaciones que contribuyen significativamente en el cambio que se requiere lograr. Colombia no es la excepción, en el país se han desarrollado un amplio número de leyes y normas encaminadas a la implementación de procesos que permitan generar entornos sostenibles, una de ellas está fundamentada en la gestión integral de residuos sólidos, que hoy en día se constituye como un eje imprescindible para el cuidado del medio ambiente.

La normativa colombiana enfocada a la gestión de residuos debe manejarse en todos los municipios del país con las modificaciones que estos consideren pertinentes, pero debe contar como mínimo con lo establecido en la regulación nacional. El sistema de gestión integral de residuos sólidos GIRS, es la parte fundamental de la regulación establecida en Colombia y es el conjunto de operaciones y disposiciones orientadas a dar a los residuos productivos el destino más apropiado desde el punto de vista ambiental, social y económico, de acuerdo con sus características, volumen, procedencia, costos, tratamiento, posibilidades

de recuperación, aprovechamiento, comercialización y disposición final. El sistema de GIRS, posee varias etapas, actores y roles que se tratan en función del manejo diferenciado de los residuos sólidos que se generan, permitiendo la salida de los residuos no aprovechables hacia la disposición final y facilitando la recuperación y el aprovechamiento de los residuos reciclables por parte de la cadena productiva. Así, la contribución del Zoológico de Cali hacia el máximo aprovechamiento de los residuos que genera es una oportunidad para establecer beneficios tanto para el entorno en general como para el Zoológico mismo ya que el aprovechamiento de los residuos puede reflejarse en las actividades propias y en actividades externas del parque que se relacionen con la cadena productiva.

Para la Ingeniería Industrial este proyecto es de gran interés porque está directamente involucrado con áreas relevantes para la profesión, tales como medio ambiente, logística, planeación, mantenimiento, entre otras que buscan una correcta ejecución de los procesos en pro de un beneficio integral del sistema estudiado. El programa de gestión de residuos propuesto nos permitirá afianzar los conocimientos en estos campos ya que podremos acceder a la aplicación de las distintas herramientas que ofrece la ingeniería, logrando aproximarnos a un entorno laboral en el que nos desempeñaremos próximamente.

Es importante mencionar que al tratarse de un trabajo dinámico que puede aplicarse gradualmente, es posible proponer mejoras a corto plazo en cuanto a la reducción de los impactos al ambiente y a la salud pública ocasionados por el manejo inadecuado de los residuos sólidos que no solo involucran al parque y sus instalaciones sino también a la comunidad.

1.4 LÍMITES Y ALCANCE

Debemos considerar como principal limitación la normativa expuesta en los decretos nacionales 1713 de 2002 y 1505 de 2007 y la resolución 1045 de 2010 que establecen la formulación de un Plan de Manejo de Residuos Sólidos para el municipio. Es importante considerar como limitación del proyecto, que el trabajo con animales implica alta variabilidad, por tanto la parte del estudio que los involucra debe cuantificarse con información suficiente para obtener resultados certeros.

El proyecto presentando será llevado a cabo dentro de las instalación del Zoológico de Cali, específicamente en toda la ruta de exhibición del parque, dentro del cual se realizará un análisis para una correcta planeación y posterior ejecución de las disposiciones expuestas por el gobierno Nacional de Colombia en los decretos mencionados en el párrafo anterior.

El desarrollo del proyecto se plantea para dos semestres académicos que comprenden el segundo semestre del año 2011 y el primer semestre del año siguiente, en este lapso de tiempo se trabajará en el análisis y reconocimiento de la información bibliográfica pertinente en conjunto con las aplicaciones que sean posibles de acuerdo a los requerimientos que la gestión de residuos implique, teniendo en cuenta la tipología de residuos que se generen en el parque. El trabajo de campo también incluye, la recolección de datos sobre los residuos depositados en las canecas distribuidas por todo el Zoológico.

En la primera parte del proyecto, se abordará la implementación del plan de manejo de residuos sólidos en la ruta de exhibiciones del parque animal, desde el estudio pertinente para la completa incursión de la normativa expuesta por el gobierno nacional de Colombia; paso seguido se emprenderá el trabajo en las exposiciones, cuyo labor incluye las disposiciones expuestas en el plan de gestión de residuos sólidos, inicializando en los estudios de disposición de excretas animales, hasta su correcta ejecución del Zoológico. Teniendo en cuenta lo anterior, otro límite se presenta, es el presupuesto que se maneja en la Fundación Zoológico de Cali para la implementación de la normativa. Si no se cuenta con el presupuesto requerido, la realización del proyecto puede verse afectada porque se limitarían los cambios necesarios de acuerdo a la priorización de necesidades y a los límites de tiempo antes establecidos para el desarrollo del proyecto.

La contribución que busca el presente proyecto, es colaborar con la Fundación Zoológico de Cali, en la correcta implementación de un plan de gestión de residuos sólidos, acorde a los lineamientos exigidos por el gobierno Colombiano y así generar un trabajo gradual para un verdadero manejo de los residuos dentro del recinto, generando beneficios para el personal de planta y para la comunidad aledaña y visitante del parque.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Contribuir con la construcción de procesos de cambio en el manejo general de residuos generados en el Zoológico de Cali en torno al Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS), regulación establecida por el gobierno de Colombia.

2.2 OBJETIVO DEL PROYECTO

Elaborar un estudio del manejo de residuos en la zona de exhibiciones en el Zoológico de Cali que ayude a implementar mejoramientos graduales en los procesos involucrados en la gestión de residuos

2.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Elaborar un manual que permita guiar la implementación de un PGIRS en las zonas de exhibiciones del Zoológico de Cali.
- Contribuir en la realización de cambios graduales en el proceso de gestión de residuos en la zona de exhibición del Zoológico de acuerdo a la regulación expedida por el gobierno de Colombia.
- Presentar los resultados obtenidos ante las directivas pertinentes del Zoológico de Cali.

3. MARCO DE REFERENCIA

3.1 ANTECEDENTES O ESTUDIOS PREVIOS

3.1.1 Gestión integral de residuos sólidos en Zoológicos americanos.

En distintos Zoológicos del mundo y específicamente en Norteamérica se ha implementado desde hace muchos años una gestión integral de residuos sólidos, logrando resultados visibles que han contribuido tanto con el medio ambiente como con el ahorro en los parques, gracias a la reutilización o venta de materiales recuperados después de una separación adecuada de los residuos generados. Así por ejemplo la sociedad zoológica de San Diego ha reducido sus residuos desde 1998 ahorrando altas cantidades de dinero debido a la ejecución de un programa en el que el parque aplica una adecuada gestión de residuos por medio de la recolección de residuos en sus oficinas, donde principalmente se recicla papel, también con la disposición de 100 contenedores que facilitan la posterior selección de los distintos residuos en la ruta del parque, pero la mayor parte de la reducción proviene del compostaje de 5 toneladas de estiércol que se generan diariamente.

El Zoológico de Cleveland también se ha beneficiado por el buen manejo de sus residuos, en este parque se compostan residuos de hojas junto a residuos animales, reduciendo en gran medida las cantidades de residuos que antes estaban destinados a ir directamente al relleno sanitario, el programa de gestión de residuos que se implementó le permite al Zoológico utilizar todo el compost para sus propias aplicaciones, evitando gastos adicionales para la compra de fertilizantes a proveedores externos, que se hacían necesarias debido a que antes del programa el parque desechaba todos los residuos.

Por su parte, el museo en vivo y Zoológico de Tulsa en Oklahoma, tiene 15 estaciones de reciclaje en todo el parque, dentro del programa de reciclaje que maneja se recoge cartón y cajas de cartón corrugado en cantidades considerables y también se compostan parte de sus residuos orgánicos, sin embargo no puede encontrar un uso para todo el material que se recicla por lo que se opta por comercializar una parte. El Zoológico Akron de Ohio también ha implementado un programa para el buen manejo de lo que antes desechaba y ahora reutiliza sus

residuos tanto como sea posible, reduciendo costos de eliminación y nuevos materiales.

Como dice Joe Trini² los anteriores casos demuestran que las restricciones de presupuesto les dan a los Zoológicos oficiales la oportunidad de ser creativos, lo que los ha llevado a tener la ocasión de adoptar programas de reciclaje que han dado resultados favorables a corto plazo y se han presentado como una opción sostenible.

3.1.2 Gestión de residuos sólidos en Colombia

Según la Alcaldía de Santiago de Cali³ Colombia cuenta con 32 departamentos que comprenden 1.120 municipios, que generan alrededor de 27.500 toneladas diarias de residuos sólidos, de los cuales sólo un 7% son aprovechados por los recicladores informales y un 5% se reincorpora a los ciclos productivos. Teniendo en cuenta este contexto es importante reconocer que se deben fortalecer los sistemas de recuperación desde los generadores, por ello el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial ha buscado poner en marcha alternativas de mejoramiento ambiental, basadas en la reducción de residuos que se llevan a los rellenos sanitarios, con el propósito de disminuir los impactos negativos producidos por el mal manejo de los residuos en el país.

De esta forma, para lograr la implementación de una gestión integrada de residuos sólidos que incluye gran variedad de elementos, acciones y prácticas administrativas, se cuenta con políticas establecidas por el gobierno nacional que incluyen parámetros generales que los gobiernos municipales deben cumplir, no obstante, el programa debe complementarse por estos para un desarrollo más controlado y de acuerdo a las necesidades específicas de cada región.

Las normativas están contenidas principalmente en la Constitución Política de Colombia, el Código Sanitario Nacional, la Ley 99 de 1993, la Ley 142 de 1994 y reglamentarias a estas normas se emiten: el Decreto 1713 de 2002, que hace

²TRUINI, Joe. Zoos learn the benefits of recycling, composting. En: Waste & Recycling News. Detroit, MI. 23, Octubre, 2000. Vol. 6, No 22, p.24

³ALCALDIA DE SANTIAGO DE CALI. Manual de implementación de sistemas de gestión integral de residuos sólidos en eventos masivos. Santiago de Cali, 2008, p.5-8

referencia a la gestión integral de residuos sólidos, y la Resolución 1045 de 2003, del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial por la cual se adopta la metodología para elaboración de Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos para el territorio colombiano. El municipio de Santiago de Cali cuenta con un PGIRS adoptado mediante el Decreto Municipal 0475 de agosto 31 de 2004.

3.1.3 Gestión de residuos en el Zoológico de Cali

Actualmente el Zoológico de Cali no cuenta con ningún plan estructurado para la gestión integral de residuos sólidos en ninguna de sus áreas, la recolección de residuos se hace sin una previa separación en la fuente, lo que genera un gran desaprovechamiento de los residuos que podrían recuperarse. El manejo de residuos específicamente en la ruta ecológica del Zoológico se hace con el uso de contenedores usados para todo tipo de desechos, que después se recogen en una carretilla en la que se acumulan indistintamente para ser llevados a la zona de acopio, donde algunos recicladores logran recuperar una mínima parte de los residuos que no han sido contaminados, en las áreas de exhibiciones la recolección de residuos se hace de forma similar, en este caso los residuos son desechados en su totalidad, no se cuenta con opciones de aprovechamiento en ninguno de los casos.

Aunque se han desarrollado estudios previos y propuestas de gestión de residuos para algunas áreas del Zoológico, por ejemplo en la clínica, estos no se han implementado por límites de presupuesto, o se han aplicado parcialmente por lo cual no se han observado cambios visibles. Si bien se tienen las intenciones de generar un cambio en este aspecto, porque al tratarse de un parque temático ambiental, se deberían fomentar acciones sostenibles en todo lo concerniente a sus actividades, aún no se tiene una visión clara sobre los beneficios que generaría la gestión integral de residuos sólidos si se aplica de forma apropiada y continúa, generando cambios graduales que mejorarían notablemente con la persistencia en el desarrollo sistemático de los diferentes procesos que deben desarrollarse.

Evidentemente se requiere la implementación de un PGIRS de acuerdo a las necesidades y oportunidades de aprovechamiento viables en el Zoológico, por lo cual, la administración del parque está tomando consciencia sobre la importancia de la ejecución de actividades orientadas al buen manejo de los residuos teniendo en cuenta los beneficios potenciales que se pueden lograr.

3.2 MARCO TEÓRICO

3.2.1 Los residuos sólidos

Existen diversas definiciones sobre el concepto de residuos sólidos, que en esencia encierran un significado similar, pero para mayor claridad, se tomarán dos que permitan entender la importancia del término de manera sencilla. Una primera definición indica que residuos sólidos es el término genérico con que se describen las cosas que se desechan, abarca objetos que la gente suelen llamar basura, desechos y residuos, así la definición de la EPA (Environmental Protection Agency), incluye todo artículo desechado material cuyo destino es la reutilización, el reciclaje o la recuperación (3R), los lodos y los residuos peligrosos. Los términos desecho y residuo sólido se usan más o menos como sinónimos, aunque se prefiere el último. (Davis, et al, 2005)

La segunda definición viene dado de acuerdo al Decreto 1713 de 2002, donde un residuo sólido se define como cualquier objeto, material, sustancia o elemento sólido resultante del consumo o uso de un bien en actividades domésticas, industriales, comerciales, institucionales, de servicios, que el generador abandona, rechaza o entrega y que es susceptible de aprovechamiento o transformación en un nuevo bien, con valor económico o de disposición final. Los residuos sólidos se dividen en aprovechables y no aprovechables. Igualmente, se consideran como residuos sólidos aquellos provenientes del barrido de áreas públicas.

3.2.1.1 Clasificación de residuos sólidos

El residuo sólido se clasifica en distintas formas. El punto de origen es importante en algunos casos, así que la clasificación en domésticos, institucionales, comerciales, industriales, hospitalarios, de calles, de demolición o de construcción puede ayudar. La naturaleza del material puede ser importante, por lo que la clasificación se puede basar en fracciones orgánica, inorgánica, combustible, no combustible, putrescible y no putrescible⁴. También se pueden clasificar de acuerdo a las posibilidades de reutilización o reincorporación en un proceso productivo en residuos aprovechables y no aprovechables. La clasificación de los residuos sólidos se suele usar para elegir las opciones de tratamiento, recolección, reciclado y disposición.

⁴ DAVIS, Mackenzie L, *et al.* Ingeniería y ciencias ambientales. México, McGraw-Hill, Interamericana Editores, 2005.

3.2.1.2 Gestión de los residuos sólidos

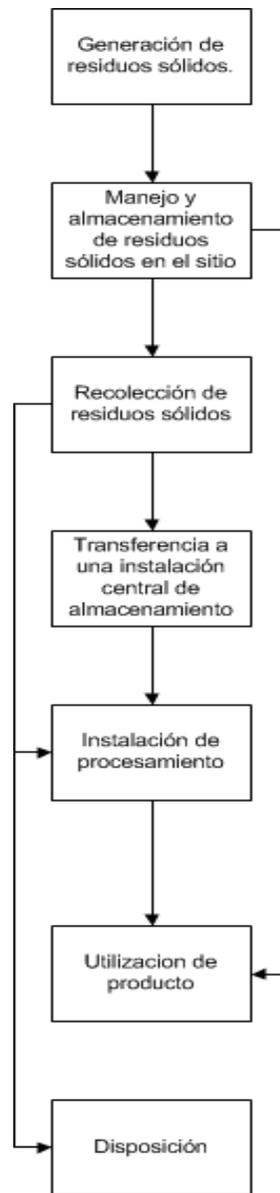
Una gestión adecuada de los residuos sólidos tiene como objetivo la optimización de las inversiones y de los costes operacionales necesarios para reducir la cantidad de los residuos y el impacto ambiental que puedan producir hasta límites que se consideren aceptables de acuerdo con los conocimientos actuales. La gestión de los residuos dentro de los criterios de sostenibilidad debe hacerse siguiendo las siguientes pautas:

- Se tiene que reducir a un mínimo la producción de residuos en el punto de generación de los mismos.
- Hay que segregar los residuos y recuperar las fracciones que sean susceptibles de reciclarse y reutilizarse.
- Hay que realizar una valoración energética de los residuos no considerados en el apartado anterior.
- Hay que eliminar los residuos no recuperados después de aprovechar su contenido energético evitando cualquier impacto negativo sobre las personas y el medio ambiente. (Montes Ponce de León, 2001)

De esta forma, al abordar la administración de residuos sólidos se deben considerar los residuos desde el punto donde se generan, hasta el punto de su disposición final. Como se ve en el diagrama 1, la administración de residuos sólidos es un proceso complejo de varios pasos, el primer paso en la administración de residuos sólidos es su producción. Cuando un material ya no tiene valor para su dueño se considera residuo. La generación de residuos varía en cada país, de acuerdo con el nivel socioeconómico y como resultado de muchas otras prácticas. Una vez que el residuo se genera en un sitio, debe procesarse de algún modo. Este procesamiento puede incluir lavado, separación y almacenamiento para reciclar una parte del residuo. La ley pública y la educación influyen en este paso de forma importante. Influirá de forma importante la educación del público acerca de la importancia del reciclado.

La recolección del residuo es el siguiente paso en el proceso de administración. Incluye recoger los residuos sólidos y vaciar los recipientes en vehículos adecuados para transportarlos. También se incluyen en este paso la recolección de material reciclable. La recolección y el transporte de residuos representan una fracción importante del costo total de la administración de residuos.

Diagrama 1. Administración de residuos sólidos



Fuente: Davis, et al (2005)

El residuo recolectado se puede transferir a una instalación central de almacenaje o a una instalación de reprocesamiento. Si hay reprocesamiento suele incluir reducciones de masa y de volumen, junto con la separación de los diversos componentes susceptibles de ser reutilizados. El residuo separado en este punto se vuelve un artículo de valor. De hecho, ya no es un residuo. La parte orgánica

del residuo se puede transformar en calor por medios químicos (normalmente incineración) o en gas combustible o en abono (mediante reacciones mediadas biológicamente). Los pasos finales incluyen transporte y disposición. El método más común de disposición final es el relleno. (Davis, et al, 2005)

3.2.3 Plan de gestión integral de residuos sólidos PGIRS en Cali

El departamento de Planeación Municipal como coordinador del PGIRS del Municipio de Santiago de Cali, facilita el conocimiento de los lineamientos y programas que constituye este Plan Municipal, de modo que otras dependencias de la Administración Pública vinculadas a su desarrollo, guíen sus proyectos de ejecución. Así mismo el sector privado, las Empresas de Servicios Públicos (E.S.P) y la comunidad en general inspirados en el sentido de responsabilidad compartida que se deriva de su condición de generadores de residuos definan su participación en el cumplimiento del PGIRS⁵.

3.2.3.1 El PGIRS como política pública

En el marco de la Política Pública para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos, el Gobierno nacional estableció la responsabilidad de los municipios colombianos de formular PGIRS, como una medida para garantizar la erradicación de basureros a cielo abierto y estimular el desarrollo de programas y proyectos que mitiguen los impactos ambientales y a la salud pública ocasionados por el manejo inadecuado de los residuos sólidos. (Ver Decretos nacionales 1713 de 2002 y 1505 de 2007).

El PGIRS define los lineamientos para la gestión integral de los residuos sólidos del Municipio, establece los programas y estrategias de intervención que deben guiar la intervención de las entidades públicas y privadas generadoras de residuos, las autoridades ambientales, las dependencias de la Administración central, los operadores de aseo y los ciudadanos en su conjunto. Con esta política se busca reducir los volúmenes de generación de residuos sólidos, maximizar las

⁵ ALCALDIA DE SANTIAGO DE CALI. Plan de gestión integral de residuos sólidos PGIRS [en línea]. <<http://www.Cali.gov.co/juridica/publicaciones.php?id=32970>> [citado en 10 de octubre de 2011]

oportunidades de aprovechamiento y reducir, tratar y disponer adecuadamente los residuos sólidos no aprovechables⁶.

3.2.3.2 Sistema de gestión integral de residuos sólidos

Un sistema de Gestión Integral de Residuos sólidos – GIRS, es el conjunto de operaciones y disposiciones encaminadas a dar a los residuos producidos el destino más adecuado desde el punto de vista ambiental, social y económico, de acuerdo con sus características, volumen procedencia, costos, tratamiento, posibilidades de recuperación, aprovechamiento, comercialización y disposición final. El sistema GIRS reconoce diferentes etapas, actores y roles que operan en función del manejo diferenciado de los residuos sólidos que se generan, permitiendo la salida de los residuos no aprovechables hacia la disposición final y facilitando la recuperación y el aprovechamiento de los residuos reciclables por parte de la cadena productiva. Como se muestra en el diagrama 2, las etapas del sistema de gestión integral de residuos sólidos (GIRS) son: la generación, la separación en la fuente, la recolección selectiva, el transporte interno, la clasificación, el acopio o almacenamiento temporal, la entrega final a las rutas selectivas, el servicio de aseo para el aprovechamiento y disposición final respectivamente⁷.

Diagrama 2. Etapas del sistema de GIRS



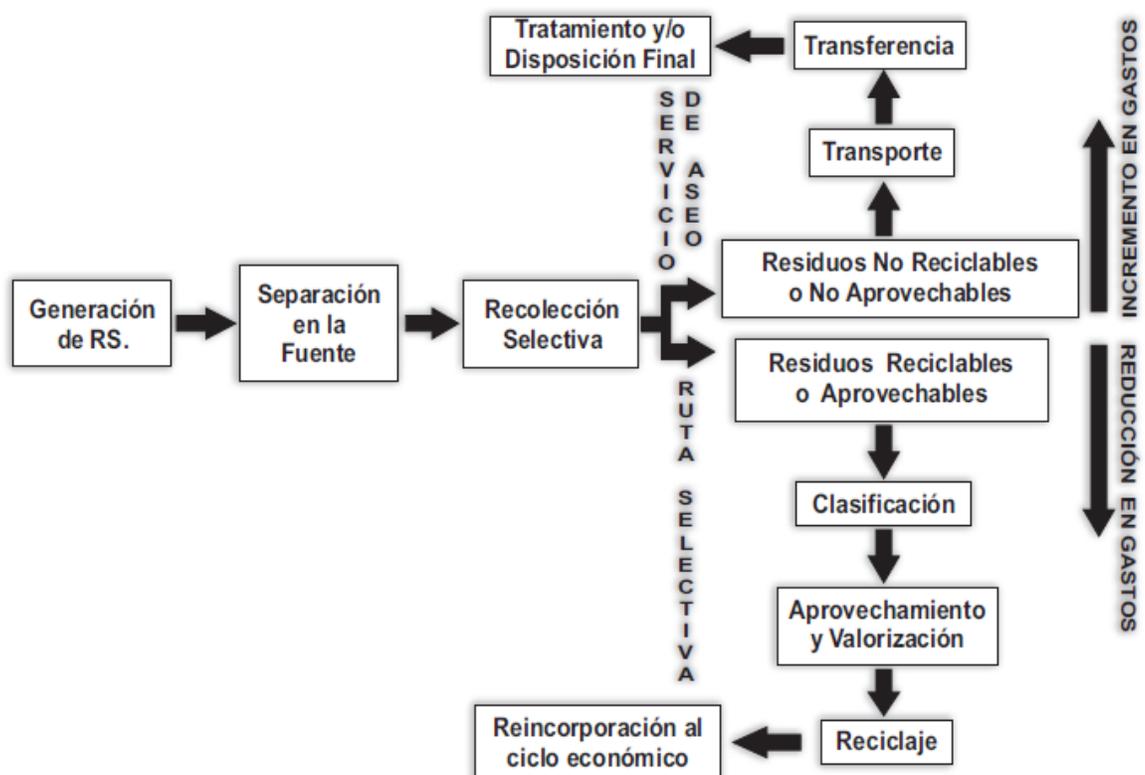
Fuente: Manual PGIRS en entidades públicas (2008)

⁶ ALCALDIA DE SANTIAGO DE CALI. ¿Qué es el PGIRS? [en línea]. <<http://www.Cali.gov.co/juridica/publicaciones.php?id=32645>> [citado en 24 de octubre de 2011]

⁷ ALCALDIA DE SANTIAGO DE CALI. Manual programa de gestión integral de residuos sólidos en Entidades Públicas “Empezando por Casa”. Santiago de Cali, 2008, p.31-32.

Según la Alcaldía de Santiago de Cali, es muy importante dar a conocer que la vía que tomen los residuos impactará en las tarifas del servicio de aseo y en la economía interna de un establecimiento, por ello el mayor aprovechamiento posible de los residuos generados permitirá con el tiempo reducir los costos⁸, este hecho puede observarse con mayor claridad en el diagrama 3, donde se muestra un esquema resumido del sistema GIRS.

Diagrama 3. Sistema de GIRS



Fuente: Manual PGIRS en eventos masivos (2008)

⁸ ALCALDIA DE SANTIAGO DE CALI. Manual implementación de sistemas de gestión integral de residuos sólidos en centros comerciales, supermercados y almacenes de cadena. Santiago de Cali, 2008, p.19.

3.2.3.3 Lineamientos de separación en la fuente en Santiago de Cali

En el desarrollo de la gestión integral de los residuos sólidos, la separación de los residuos sólidos es responsabilidad del generador, quien hace posible la recuperación y el aprovechamiento de los residuos sólidos reciclables facilitando su incorporación al ciclo productivo, si bien no todos los generadores separan los residuos en la fuente, en Cali, se está promoviendo que los ciudadanos separen los residuos que generan, en su casa y en su lugar de trabajo, presentando los residuos reciclables separados de los residuos no reciclables y los residuos orgánicos que presentan para disposición final al operador del servicio público de aseo, para ello la Alcaldía de Santiago de Cali⁹ ha establecido como recurso el uso de dos colores (azul y verde) para diferenciar la presentación de los residuos reciclables secos de los residuos no reciclables y los orgánicos húmedos, en la Tabla 1 se especifican los tipos de residuos de acuerdo al color establecido.

Tabla 1. Clasificación de residuos por colores

| MATERIAL | BOLSA O RECIPIENTE | TIPO DE RESIDUOS SÓLIDOS |
|--------------------|--|--|
| Papel y Cartón | RESIDUOS REICLABLES – SECOS | Periódicos, revistas, empaques, libros, cuadernos y similares. |
| Plástico | | Envases de bebidas gaseosas, jugos, productos de limpieza y tetrapak. |
| Vidrio y Metal | | Botellas, Frascos y Enlatados. |
| Residuos Orgánicos | RESIDUOS NO REICLABLES – ORGÁNICOS -HÚMEDOS | Residuos de Comida, Cáscaras (Frutas, Verduras, Huevo). |
| Otros | | Residuos sanitarios o higiénicos, residuos de barrido, papel carbón, papel aluminio, icopor y servilletas. Envoltorios o empaques con restos de alimentos y bebidas. |

Fuente: PGIRS, Alcaldía de Santiago de Cali

Así, en las instituciones públicas y privadas se deben emplear dos colores distinguiendo en azul, la presentación de los residuos sólidos reciclables secos: papel, cartón, plástico, vidrio y metales y en color verde, la presentación de los

⁹ ALCALDIA DE SANTIAGO DE CALI. Lineamientos de separación en la fuente en Santiago de Cali [en línea]. <<http://www.Cali.gov.co/juridica/publicaciones.php?id=32747>> [citado en 23 de octubre de 2011]

residuos húmedos no reciclables y los residuos orgánicos como sobras de comida cruda y preparada, residuos de jardín, residuos higiénicos, pañales, papel aluminio, entre otros. Los sectores, las entidades públicas y privadas que adoptan medidas, estrategias, proyectos o programas favorables a la gestión integral de los residuos adoptan la marca de la política pública del municipio de Santiago de Cali, reconociendo en el PGIRS un Plan Municipal que compromete la acción decidida de todos los caleños, conforme sea su rol, su responsabilidad y compromiso con Cali. Para motivar las acciones de los ciudadanos el PGIRS de Cali, ha adoptado un personaje animado que recrea las enseñanzas del PGIRS entre los niños y niñas del Municipio, en la ilustración 4 se observa una imagen sobre la campaña “Cali es tu casa”

Ilustración 1. Afiche de la campaña "Cali es tu casa"



Fuente: PGIRS, Alcaldía de Santiago de Cali

3.2.3.4 Instrumentos para la aplicación del PGIRS en Santiago de Cali

El Municipio de Santiago de Cali dentro de su PGIRS ha desarrollado una serie de programas que le permite establecer un vínculo de planificación y acción en diferentes sectores de la sociedad caleña, tales como: Instituciones educativas, entidades públicas, centros comerciales, supermercados y almacenes de cadena, conjuntos residenciales y eventos masivos.¹⁰ Con estos instrumentos se ha procurado cubrir la mayor parte de los sectores en el municipio, no obstante existen sectores más pequeños que no cuentan con un Manual para la aplicación específica de su PGIRS pero pueden adoptar las regulaciones de los manuales para algún sector similar, complementando con las distintas normativas establecidas tanto por el gobierno nacional como municipal, el caso del Zoológico de Cali puede asimilarse en cierta medida a diferentes de los sectores para los cuales ya se han desarrollado programas, sin embargo por medio del estudio hecho en el presente trabajo se pretende generar un programa que permita adaptar o modificar la información existente a las necesidades propias del Zoológico.

3.2.4 Marco Legal

Para el desarrollo de las distintas actividades concernientes al manejo integral de los residuos sólidos existen ciertas condiciones que deben tenerse en cuenta, por ello desde la generación de un residuo hasta su eliminación, deben conocerse los aspectos legales que implican su manipulación, almacenamiento e impactos sobre el medio ambiente. A continuación se citan algunas leyes, resoluciones, decretos y artículos que proporcionan información pertinente para orientar proyectos ambientales que impliquen manejo de residuos y que aplican para toda entidad que los genera.

3.2.4.1 Decreto 1713 de 2002

Este decreto establece normas orientadas a reglamentar el servicio público de aseo en el marco de la gestión integral de residuos sólidos ordinarios, en materias referentes a sus componentes, niveles, clases, modalidades, Calidad, y al régimen de las personas prestadoras del servicio y de los usuarios. En este decreto se establece de forma específica aspectos como la responsabilidad en el manejo de

¹⁰ ALCALDIA DE SANTIAGO DE CALI. Instrumentos de aplicación del PGIRS [en línea]. <<http://www.Cali.gov.co/juridica/publicaciones.php?id=32756>> [citado en 25 de octubre de 2011]

residuos sólidos, la importancia de gestionar sistemas de aprovechamiento de residuos, contenido básico del PGIRS, entre otros que aplican a este proyecto.

3.2.4.2 Decreto 1505 de 2003

Por el cual se modifica parcialmente el decreto 1713 de 2002 en relación con los planes de gestión integral de residuos sólidos, específicamente en cuanto a la participación de los recicladores en las actividades de aprovechamiento de los residuos sólidos y se dictan otras disposiciones.

3.2.4.3 Decreto 605 de 1996

Este decreto establece normas orientadas a regular el servicio público domiciliario de aseo, refiriéndose a aspectos como niveles clases, modalidades y Calidad para las entidades y personas que prestan el servicio de aseo en la ciudad. El decreto da instrucciones de cómo debe hacerse la recolección dentro de la ciudad y en zonas de acceso especial, en entidades especiales como hospitales, clínicas y remoción de escombros y tierras. El decreto también menciona como debe hacerse el transporte, vehículos destinados a la recolección y el servicio del barrido.

3.2.4.4 Decreto 838 de 2005

Por el cual se modifica parcialmente el decreto 1713 de 2002 en relación a la disposición final de residuos sólidos y se dictan otras disposiciones. El decreto dictamina promover y facilitar la planificación, construcción y operación de sistemas de disposición final de residuos sólidos, como actividad complementaria del servicio público de aseo, mediante la tecnología de relleno sanitario. Igualmente, reglamenta el procedimiento a seguir por parte de las entidades territoriales para la definición de las áreas potenciales susceptibles para la ubicación de rellenos sanitarios.

3.2.4.5 Ley 142 de 1994

Decreto que establece regímenes de servicios tanto en públicos como domicilio dictando otras disposiciones como por ejemplo personas prestadoras de servicios públicos y los reglamentos jurídicos de las empresas que prestan este servicio.

3.2.4.6 Resolución 351 de 2005

Decreto que establece sobre regímenes y regulaciones tarifarios a los que deben acatarse todas las personas prestadoras del servicio de aseo en la ciudad y la metodología que estos deben usar para calcular la tarifa de sus servicios prestados.

3.2.4.7 Resolución 1045 de 2010

Por la cual se adopta la metodología para la elaboración de planes de gestión integral de residuos sólidos PGIRS y se toman otras determinaciones.

3.2.4.8 Decreto municipal 0475 de 2004

Por medio del cual se adopta el Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos PGIRS que señala en la línea estratégica de Calidad en la Prestación del Servicio de Aseo: Promover la organización formal de recicladores y carretilleros que posibilite su participación en la recuperación, aprovechamiento y comercialización de residuos sólidos.

3.2.4.9 RAS 2000

Por el cual se señalan los requisitos técnicos que deben cumplir las obras y procedimientos propios del sector de agua potable y saneamiento básico y sus actividades complementarias, señaladas en la ley 142 de 1.994 en el artículo 14. Específicamente se consulta el título F del RAS 2000, por el cual se fijan los criterios básicos y requisitos mínimos que deben reunir los diferentes procesos involucrados en la conceptualización, el diseño, la construcción, la supervisión técnica, la puesta en marcha, la operación y el mantenimiento de los sistemas de aseo urbano que se desarrollen en la República de Colombia, con el fin de garantizar su seguridad, durabilidad, funcionalidad, Calidad, eficiencia, sostenibilidad y redundancia dentro de un nivel de complejidad determinado.

3.2.4.10 Artículos de la Constitución Política Colombiana

En su Artículo 79 reconoce el derecho de los colombianos a “gozar de un ambiente sano” y determina el deber del Estado de proteger la diversidad e integridad del ambiente y de fomentar la educación para el logro de tal fin. En el Artículo 80 se señala el deber del Estado de “prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental, imponer las sanciones legales y exigir la reparación de los

daños causados”, en el Artículo 365 reconoce el servicio público de aseo inherente a la finalidad social del Estado.

3.2.5 Aplicación de la ingeniería en la gestión de residuos

La ingeniería comprendida como el compendio de todas las técnicas y herramientas que ayudan a la resolución de problemas, será de ayuda en la búsqueda de la consecución de los objetivos del presente proyecto, ya que mediante la ingeniería y en nuestro caso la industrial, permitirá encontrar las fallas en procesos y procedimientos en la recolección de los residuos dentro del parque, además de permitir generar indicadores del estado actual y futuro del Zoológico de Cali pertinente al tema de residuos sólidos generados dentro de las instalaciones.

De acuerdo con George Tchobanoglous¹¹ la ingeniería genera un aporte significativo que con el tiempo es más amplio en la gestión de residuos sólidos. Así, se reconoce que la importancia de contar con la ingeniería, no solo de nombre sino de forma aplicativa es fundamental para el manejo de residuos.

Tchobanoglous afirma que aunque se sabe mucho acerca de los aspectos de ingeniería en la gestión de residuos sólidos, el campo es muy dinámico, especialmente en áreas en desarrollo tales como la recuperación de materiales y energía. Además se están desarrollando constantemente nuevas tecnologías y equipamiento en otras áreas del campo de la gestión de residuos sólidos. Luego, la ingeniería es una parte fundamental en el proyecto ya que nos permite evaluar y medir el impacto de las distintas vías de acción, que se encuentren para la gestión de residuos.

Continuando con la idea propuesta por Tchobanoglous, existen tres temas importantes en la gestión de residuos sólidos, estos son la tasa de generación y recolección de residuos sólidos, la importancia de las cantidades de los residuos y el cumplimiento de los programas nacionales de desviación de residuos, a continuación se detalla cada uno:

¹¹ TCHOBANOGLIOUS, George, THIESEN, Hilary y VIGIL, Samuel. Gestión Integral de Residuos Sólidos. España, McGraw Hill, 1998. Vol. I. p.143

- **Tasas de generación y recolección de residuos sólidos:** El conocimiento de las cantidades de residuos sólidos generadas, separadas para reciclaje, y recolectadas para un procesamiento adicional o para su evacuación es de importancia fundamental en todos los aspectos de la gestión de residuos sólidos.¹²
- **Importancia de las cantidades de residuos:** Las cantidades de residuos sólidos generadas y recolectadas son de una importancia crítica para determinar el cumplimiento de los programas nacionales en nuestro caso el planteado por el gobierno de Colombia, para seleccionar equipo específico y para el diseño de los itinerarios de recolección de residuos, instalaciones de recuperación de materiales (IRM) e instalaciones de evacuación.¹³
- **Cumplimiento de los programas Nacionales de desviación de residuos:** La información sobre la cantidad total de los residuos sólidos, así como la cantidad de residuos que se reciclan actualmente, o de otra forma, que no entran en el flujo de residuos, será necesaria para establecer y valorar el rendimiento de los programas obligatorios de reciclaje.

Siguiendo con el aporte realizado por Tchobanoglous y otros, se presenta la importancia de una correcta toma de medidas y métodos para las cantidades de residuos sólidos y la explicación matemática de un balance de masas, ya que con este es posible ver la correlación existente entre las cantidades generadas y el movimiento de los residuos en un lugar específico que en nuestro caso puntual sería los residuos generados en el Zoológico de Cali mediante herramientas estadísticas.

3.2.5.1 Medidas y métodos utilizados para valorar las cantidades de residuos sólidos

El propósito de este apartado es conocer sobre las medidas y métodos utilizados para cuantificar las cantidades de residuos sólidos; el acercamiento al balance de masas para la estimación de las cantidades de residuos sólidos, y las técnicas de estadística utilizadas para analizar las tasas de generación de residuos.

Medidas utilizadas para cuantificar las cantidades de residuos sólidos: La razón principal para medir las cantidades de residuos sólidos generadas,

¹² Ibid., p.143

¹³ Ibid., p.145

separadas para el reciclaje, y recolectadas para su procesamiento adicional o para su evacuación, es obtener datos que puedan utilizar para desarrollar e implementar programas efectivos de gestión de residuos sólidos. Por lo tanto, en cualquier estudio acerca de la gestión de residuos sólidos, se debe poner un cuidado para decidir exactamente lo que es preciso conocer y para la asignación de fondos destinados a la recolección de datos. Las medidas y unidades utilizadas para cuantificar las cantidades de residuos sólidos se explican a continuación:

Medias de peso y volumen: se utilizan ambas, volumen y peso, para medir las cantidades de residuos sólidos. Desafortunadamente el uso del volumen como medida de cuantificación puede confundir. Por ejemplo, un metro cubico de residuos sueltos es diferente a la medida obtenida de un metro cubico de residuos compactados. Por lo anterior, para evitar confusiones, las cantidades de residuos sólidos se deberían expresar en términos de peso. El peso es la única base exacta para los registros de datos, ya que los tonelajes se pueden medir directamente, independientemente del grado de compactación.

3.2.5.2 Análisis de balance de masas:

La única forma de determinar la generación y el movimiento de residuos sólidos con cierto grado de fiabilidad es llevar a cabo un análisis de balance de masas detallando para cada fuente de generación.

Preparación de balances de masa: Se prepara de la forma siguiente. Primero, se define el límite de sistema alrededor de la unidad que se va a estudiar, en nuestro caso puntual nuestro sistema serán las instalaciones del Zoológico de Cali y específicamente la ruta de exhibición del parque. Segundo, se identifican todas las actividades que se cruzan o se producen dentro del bloque y que afectan a la generación de residuos. Tercero, se identifica la tasa de generación de residuos asociada a cada una de estas actividades. Cuatro, utilizando las relaciones matemáticas apropiadas, se determina la cantidad de residuos generados, recolectados, y almacenados. El balance de masas se puede formular como sigue:

Tasa de acumulación del material dentro del borde del sistema = Tasa de flujo de material dentro del borde del sistema – tasa de flujo del material hacia afuera del borde del sistema + tasa de generación de material residual dentro del borde del sistema.

Para una comprensión más explícita se presenta la relación simplificada en palabras y a continuación su representación simbólica

Acumulación = entrada – salida + generación

$$\frac{dM}{dt} = \sum M_{en} - \sum M_{sa} + rw$$

Dónde:

dM/dt = Tasa de variación para el peso del material almacenado (acumulado) dentro de la unidad de estudio, Kg/d.

$\sum M_{en}$ = Suma de todo el material que entra en la unidad de estudio, Kg/ d.

$\sum M_{sa}$ = Suma de todo el material que sale en la unidad de estudio, Kg/ d.

rw = tasa de generación de residuos, Kg/d.

En algunos procesos de transformación biológica como el compostaje (ver anexo A.), el peso de la materia orgánica se reducirá y por tanto, el termino rw será negativo.

3.2.5.3 Análisis estadístico de cantidades medidas de residuos

En el desarrollo de sistemas de gestión de residuos sólidos, a menudo es necesario determinar las características estadísticas de las tasas observadas de generación de residuos. La capacidad de los contenedores proporcionados debería basarse en el análisis estadístico de las tasas de generación, y en las características del sistema de recolección.¹⁴

3.2.5.4 Caracterización de residuos

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

¹⁴ Ibid., p.149

pasos típicos implicados en un estudio de caracterización de residuos son los siguientes¹⁵.

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

- Estudios y documentos anteriores de gestión y planificación de residuos sólidos.
- Archivos de compañías de recolección de residuos
- Estudios anteriores sobre evacuación de residuos
- Reglamentaciones gubernamentales

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

- Fuentes: domésticas, comerciales, institucionales, construcción y demolición, servicios municipales, plantas de tratamiento de agua y aguas residuales, industriales
- Desarrollar categorías de residuos.

3.2.5.5 Valoración de las desviaciones actuales de los residuos

La meta de un estudio de desviación de residuos es identificar los tipos y cantidades de materiales residuales que son separados actualmente para el reciclaje. Los pasos normalmente involucrados en un estudio de desviación de residuos son los siguientes¹⁶:

1. Recoger información existente. Como fuentes de información existentes se pueden incluir:

- Estudios previos de generación de residuos sólidos
- Estudios previos de desviación de residuos sólidos
- Programas de reciclaje

¹⁵ Ibid., p.151

¹⁶ Ibid., p.152

- Instalación de recuperación de materiales (IRMs)
- Centros de recolección selectiva
- Transportistas privados
- Organizaciones de caridad y servicios

2. Desarrollar metodología para estimar las cantidades de residuos actualmente desviados:

- Domésticos
- Comerciales
- Institucionales
- Construcción y demolición
- Servicios municipales
- Plantas de tratamiento de aguas y aguas residuales
- Industrial
- Agrícola

3. Identificar otras actividades existentes.

4. Realizar estudios de campo.

5. Valorar los factores que afectan a las tasas de desviación de residuos.

Análisis total de residuos generados y desviados: Para valorar las cantidades de residuos que son desviados actualmente, será necesario en primer lugar desarrollar datos sobre la cantidad total de los residuos generados. El total de los residuos generados estará compuesto por la cantidad de residuos actualmente colocados en un vertedero o desechados y la cantidad de residuos actualmente desviados.

3.2.6 Compostaje de residuos orgánicos

A continuación, se hace una pequeña síntesis sobre el método de compostaje, a partir del libro compostaje de residuos orgánicos de la autoría de Piedad López Macías:

El compostaje es un método de tratamiento de los residuos sólidos urbanos, agrícolas e industriales, basado en la degradación bioquímica de la fracción orgánica de los mismos, que permite convertirla en una sustancia similar al

humus, de características totalmente estables y totalmente inofensivas desde el punto de vista higiénico y sanitario. La degradación de la materia orgánica se efectúa, generalmente mediante fermentación aerobia, es decir, en presencia de aire, y bajo la acción de la flora indígena, que incluye bacterias, hongos y actinomicetos, que están ampliamente distribuidos en la naturaleza. En el compostaje intervienen factores selectivos tales como contenido de humedad, disponibilidad de oxígeno, pH, temperatura y relación carbón a nitrógeno, ya que son determinantes de la prevalencia y sucesión de las poblaciones microbianas.

La materia orgánica del suelo: La materia orgánica del suelo es el conjunto de residuos vegetales y animales de todas las clases, más o menos descompuestos y transformados por la acción de los microorganismos. Esta materia orgánica procede, entre otros, de los siguientes materiales orgánicos:

1. Los residuos vegetales, tanto de los cultivos como de las plantas espontáneas.
2. Las aportaciones de estiércol u otros abonos orgánicos.
3. Las bacterias, algas, hongos y otros servicios.

Los residuos vegetales o animales pueden seguir, según sus características, dos procesos diferentes:

A) Mineralización: en la cual los residuos orgánicos se descomponen rápidamente por completo y se convierten en compuestos minerales, como CO_2 , H_2O , NH_3 etc. Las condiciones que favorecen la mineralización son las siguientes:

- Temperatura
- Buena aireación
- Humedad suficiente
- Residuos vegetales.

B) Humificación: en la cual los residuos orgánicos son transformados en nuevos complejos orgánicos más estables y cuya mineralización se lleva a cabo lentamente, es decir su conversión en humus.

3.2.7 Biodigestores

Un Biodigestor, es una forma barata y fácil de obtención de energía que tiene gran potencial para ser desarrollada y utilizada ampliamente en nuestro país.

3.2.7.1 Tipos de Biodigestores

Existen muchos tipos de plantas del biogás pero los más comunes son dos: el flotante (indio) y el domo fijo (chino) la poca aceptabilidad de muchos de estos Biodigestores ha sido principalmente: sus altos costos, la dificultad de instalación, los problemas en la obtención de las partes y repuestos.

Biodigestores del domo flotante (Indio)

Este Biodigestor consiste en un tambor, originalmente hecho de acero pero después reemplazado por fibra de vidrio reforzado en plástico (FRP) para superar el problema de corrosión. Normalmente se construye la pared del reactor y fondo del ladrillo, aunque a veces se usa refuerzo en hormigón. Se entrapa el gas producido bajo una tapa flotante que sube y se cae en una guía central. La presión del gas disponible depende del peso del poseedor de gas por el área de la unidad y normalmente varía entre 4 a 8 cm de presión de agua.

Biodigestores de domo fijo (chino):

Consiste en una cámara de gas firme construida de ladrillos, piedra u hormigón. La cima y fondos son hemisféricos y son unidos por lados rectos. La superficie interior es sellada por muchas capas delgadas de mortero para hacerlo firme. La tubería de la entrada es recta y extremos nivelados. Hay un tapón de la inspección a la cima del digestor que facilita el limpiado. Se guarda el gas producido durante la digestión bajo el domo y cambia de sitio algunos de los volúmenes del digestor en la cámara del efluente, con presiones en el domo entre 1 y 1.5m de agua. Esto crea fuerzas estructurales bastante altas y es la razón para la cima hemisférica y el fondo. Se necesitan materiales de alta Calidad y recursos humanos costosos para construir este tipo de Biodigestor.

3.2.7.2 Conceptos en el diseño de un Biodigestor familiar

El diseño de un Biodigestor depende directamente de varios parámetros tales como la temperatura ambiente media del lugar donde se vaya a instalar. La temperatura marcará la actividad de las bacterias que digieren el estiércol, y cuanto menor temperatura, menor actividad tendrán estas, y por tanto será necesario que el estiércol este más tiempo en el interior del Biodigestor. De esta forma la temperatura marca el tiempo de retención.

Por otro lado, la carga diaria de estiércol determinará la cantidad de biogás producido por día. La carga de estiércol diaria, junto con el tiempo de retención (determinado por la temperatura), determinarán el volumen del Biodigestor.

Una cualidad de esta tecnología es que es adaptable a muchas situaciones, y su diseño puede considerar diferentes criterios:

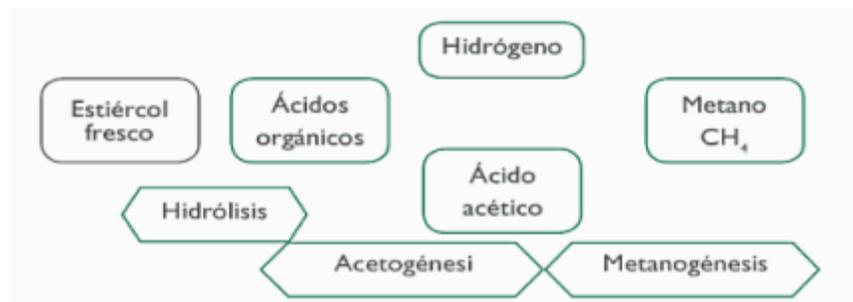
- Criterios de necesidad de combustible
- Criterios de necesidades medioambientales (cuando se desea tratar todo el estiércol generado)
- Criterios de un fertilizante natural
- Criterios de limite de estiércol disponible

Según cuál sea el objetivo del Biodigestor; proveer de combustible, generar un buen fertilizante o depurar residuos orgánicos, unos parámetros u otros serán los que definan la metodología de cálculo del Biodigestor.

3.2.7.3 Digestión anaerobia

El estiércol fresco contiene bacterias que continúan dirigiéndolo y producen metano, dióxido de carbono y otros gases. Si esta digestión se hace en ausencia de aire (digestión anaerobia) se produce biogás, que es uno de los intereses del Biodigestor. Realmente hay una producción en cadena de diferentes tipos de bacterias. Unas inicialmente producen una hidrólisis del estiércol generando ácidos orgánicos. Otro tipo de bacterias digieren estos ácidos orgánicos a través de una deshidrogenación y acetogénesis dando como resultado ácido acético e hidrógeno. Y finalmente otras bacterias, llamadas metanogénicas, digieren el hidrógeno y el ácido acético para transformarlo en metano, que es el gas más importante del biogás y el que permite la combustión.

Ilustración 2. Proceso biológico que sucede en el interior de un Biodigestor



Fuente: Biodigestores Familiares, (Martí, 2008)

3.2.7.4 Temperatura y tiempo de retención

En el proceso de digestión anaerobia son las bacterias metanogénicas las que producen, en la parte final del proceso, metano. Existen diferentes poblaciones de bacterias metanogénicas y cada una de ellas requiere una temperatura para trabajar de forma óptima. Estas temperaturas se pueden alcanzar en zonas tropicales de manera natural. La actividad de las bacterias desciende si estamos por encima o por debajo del rango de temperaturas óptimas de trabajo.

En Biodigestores sin sistema de calefacción se depende de la temperatura ambiente que en muchas regiones es inferior al rango de temperaturas óptimas. A menores temperaturas se sigue produciendo biogás, pero de manera más lenta. A temperaturas inferiores a 5 °C se puede decir que las bacterias quedan “dormidas” y ya no producen biogás.

Por ellos es necesario estimar un tiempo de retención según la temperatura a la que se trabaje. El tiempo de retención es la duración del proceso de digestión anaerobia, es el tiempo que requieren las bacterias para digerir el lodo y producir el biogás. Este tiempo, por tanto, dependerá de la temperatura de la región donde se vaya a instalar el Biodigestor. Así, a menores temperaturas se requiere un mayor tiempo de retención que será necesario para que las bacterias que tendrán menor actividad, tengan tiempo de digerir el lodo y producir biogás.

Tabla 2. Tiempo de retención según temperatura.

| Región característica | Temperatura (°C) | Tiempo de retención (días) |
|-----------------------|------------------|----------------------------|
| Trópico | 30 | 20 |
| Valle | 20 | 30 |
| Altiplano | 10 | 60 |

Fuente: Biodigestores Familiares, (Martí, 2008)

3.3 APOORTE CRÍTICO

La Fundación zoológica de Cali dentro de la cual está inmerso el Zoológico de Cali, es una institución privada sin ánimo de lucro de carácter ambiental, que busca contribuir en el cuidado de la fauna y ecosistemas del país, por tanto es de vital importancia que toda la Fundación y en especial el Zoológico de Cali este comprometida con un correcto manejo de los residuos generados por el parque, para velar por la seguridad de los visitantes, trabajadores y personas que viven aledañas a las instalaciones ubicadas en el barrio santa teresita. Por lo mencionado anteriormente, la elaboración de este proyecto busca contribuir con el propósito de un correcto manejo de los residuos sólidos en la ruta de exhibiciones y en estas dentro del Zoológico de Cali, con el fin de implementar la normativa expresada por el gobierno de Colombia en los decretos nacionales 1713 de 2002 y 1505 de 2007, que establecen la formulación de un Plan de Manejo de Residuos Sólidos para el municipio.

El plan de gestión de residuos sólidos (PGIRS) expuesto por estas normativas busca establecer los programas y estrategias de intervención que deben guiar la intervención de las entidades públicas y privadas generadoras de residuos, las autoridades ambientales, las dependencias de la Administración central, los operadores de aseo y los ciudadanos en su conjunto¹⁷. Se considera que las estrategias formuladas deben estar orientadas principalmente hacia cumplir los siguientes puntos:

- Reducir los volúmenes de generación de residuos sólidos.
- Maximizar las oportunidades de aprovechamiento.
- Reducir, tratar y disponer adecuadamente los residuos sólidos no aprovechables.

¹⁷ ALCALDIA DE SANTIAGO DE CALI. Manual de implementación de sistemas de gestión integral de residuos sólidos en instituciones educativas. Santiago de Cali, 2008, p.5-8

Ahora bien continuando con la idea de lo que se espera lograr con el PGIRS, y complementándola con lo que dice Carlos Prieto¹⁸: “si se clasifican las basuras se conseguirá su mejor y más fácil aprovechamiento económico y sanitario, llegando a un momento en que quienes las producen se beneficiarán obteniendo entradas por venta de basuras clasificadas en orgánicas, inorgánicas o reciclables y peligrosas”, se tiene un panorama prometedor que incluye al Zoológico de Cali como una entidad que puede contribuir no sólo con el medio ambiente sino con su propio beneficio económico, por medio de una buena gestión de residuos en la que se desarrollan buenas prácticas de recolección, aprovechamiento y disposición guiadas por un programa con procedimientos estandarizados que permitan lograr mejoras visibles tanto a corto como a largo plazo.

¹⁸ PRIETO BOLÍVAR, Carlos Jaime. Basuras: manejo y transformación, práctico-económico. Bogotá: Ecoe Ediciones, 2003.

4. METODOLOGÍA

Con el propósito de alcanzar los objetivos específicos propuestos para el desarrollo del proyecto, se van a seguir distintas etapas,...Véase numeral 4.2... que permitan realizar las actividades necesarias para lograr lo que se ha planteado, de esta manera primero se definen dichas actividades en una matriz de marco lógico como se describe a continuación.

4.1 MATRIZ DE MARCO LÓGICO

En la matriz de marco lógico se detallan las diferentes actividades que se desarrollarán para cumplir los objetivos propuestos, tanto el objetivo general como los específicos y en consecuencia lo que se espera del proyecto en sí mismo. En cada actividad se establecen indicadores, medios de verificación y supuesto que permitirán adecuar el desarrollo de las actividades y conocer los límites prudentes de tiempo para ser realizadas. Ver Anexo A

4.2 ETAPAS DEL TRABAJO

4.2.1 Recopilar información

Se pretende seleccionar sólo los elementos que se consideren pertinentes para el desarrollo del proyecto, a través de la búsqueda de información en distintas fuentes, para lo cual se cuenta con recursos como: internet, manuales, cuadernillos, libros, artículos, proyectos de grado, información por parte de los trabajadores del Zoológico, de personas especializadas y de los tutores temático y metodológico. La información seleccionada hará parte del proyecto y se tomará como base para alcanzar los objetivos propuestos.

4.2.2 Analizar la situación actual de la gestión de residuos en el Zoológico

Se busca realizar un diagnóstico previo con el fin de identificar la situación actual del Zoológico de Cali en el manejo general de los residuos sólidos a lo largo de la ruta ecológica, con lo cual se espera visualizar los distintos procedimientos utilizados por las personas encargadas de la recolección de residuos, el mobiliario disponible, los requerimientos de las distintas zonas, entre otros aspectos que se encuentren durante el desarrollo de la evaluación.

En la etapa de diagnóstico es importante contar con la colaboración del personal encargado del manejo de residuos, contar con la orientación del tutor temático, recolectar información relevante por medio de la observación en el trabajo de campo y establecer prioridades respecto al estado actual del sistema de gestión de residuos en el Zoológico, de esta manera se identificarán elementos importantes, fortalezas y debilidades que permitan plantear dentro del modelo conceptual los elementos necesarios para lograr el desarrollo de un PGIRS adecuado para la ruta ecológica del Zoológico de Cali. Por otra parte el diagnóstico inicial permitirá hacer un paralelo al final del proyecto que indique de forma clara las diferencias entre el estado actual y el estado futuro de la gestión de residuos en la ruta ecológica del parque si se implementará un PGIRS, de igual forma servirá como un elemento para identificar la evolución del proceso y para adecuar el desarrollo del proyecto a las necesidades y limitaciones presentes.

El diagnóstico se realizará en un inicio con el análisis de los procesos y procedimientos que se llevan a cabo en la gestión de residuos dentro del parque, identificando todos los elementos y recursos que deban tenerse en cuenta en cada uno, luego, se hará un procesamiento de los datos recogidos para determinar los aspectos importantes y zonas críticas que requieran cambios de acuerdo a la normativa estudiada previamente.

4.2.3 Plantear un modelo conceptual

Se estudiará con detalle toda la normativa referente al PGIRS con el propósito de encontrar los elementos que aplican al manejo de residuos en la ruta ecológica del Zoológico, también se hará una revisión del diagnóstico previo con el fin de ajustar el manejo actual a las regulaciones correspondientes, consecuentemente se planteará una propuesta de PGIRS adecuada a los requerimientos del parque

aplicando las normativas estudiadas y evaluadas. Con el modelo conceptual se busca estandarizar los procesos de manejo de residuos a lo largo de la ruta del parque, estableciendo los pasos e indicaciones que se deben tener en cuenta para garantizar una adecuada gestión de los residuos generados en esta zona. Esta es una propuesta base que se espera mejorar con la implementación de cambios específicos que permitan identificar el impacto de los cambios a corto plazo.

4.2.4 Propuesta de cambios graduales específicos

Después de hacer la propuesta de PGIRS para la ruta ecológica del Zoológico de Cali se propondrán cambios específicos en el proceso de gestión de residuos en la zona de exhibición del Zoológico de acuerdo al planteamiento previamente hecho, para ello se hará la caracterización y cuantificación de los distintos residuos, con el fin de tener un registro inicial sobre los tipos y volúmenes de residuos que se manejan en los distintos días dependiendo de las variables como el número de visitas, clima, entre otros que puedan afectar el sistema estudiado, de igual forma se identificará y contabilizará el mobiliario con el que se cuenta, así, se hará una propuesta concreta para la reubicación de los contenedores en la ruta ecológica, otra propuesta para la gestión de los residuos generados dentro de las exhibiciones y una propuesta para el diseño y ubicación de la UAR (Unidad de almacenamiento de residuos), que se presentarán para aprobación por parte de las autoridades administrativas del Zoológico.

4.2.5 Presentación de resultados finales

A partir del trabajo desarrollado se presentará una propuesta final que consta de un manual guía para la implementación de un PGIRS para la ruta ecológica del Zoológico de Cali (sustentado con indicadores de gestión que permitan evaluar los resultados de la aplicación del PGIRS) y la propuesta de tres cambios concretos como una ampliación de puntos específicos importantes del manual. Para la presentación se organizará toda la información recogida, los análisis realizados y los resultados obtenidos, de tal forma que se presente claramente el desarrollo del proyecto como apoyo de los resultados conseguidos de acuerdo a los objetivos propuestos en un inicio.

5. ADMINISTRACIÓN DEL PROYECTO

5.1 RECURSOS

Para el desarrollo del proyecto se requieren determinados recursos que permitan el desarrollo de las distintas actividades necesarias para la consecución de los objetivos. Los recursos requeridos se detallan a continuación:

- **Financieros:** Los recursos financieros incluyen los gastos en que deban incurrir tanto los integrantes del equipo de trabajo para el desarrollo del proyecto como el Zoológico al implementar las propuestas del plan de gestión integral de residuos sólidos, entre estos se pueden incluir los gastos correspondientes a la compra de nuevos recipientes, la compra de pintura para identificar los tarros con la normativa municipal, o la compra de otros elementos que sean necesarios para los cambios. En cuanto a los recursos usados por los integrantes del proyecto se deben considerar los gastos en transporte, papelería y otros que se generen a lo largo del desarrollo de las actividades del proyecto.
- **Humanos:** Se cuenta con el apoyo de un tutor temático y un tutor metodológico que guiaran el proceso y harán el acompañamiento pertinente. También se debe contar con el personal del Zoológico encargado de la recolección de residuos, así como con el personal encargado de coordinar estas actividades desde el punto de vista administrativo, ya que estas personas nos permitirán conocer el manejo de la gestión de residuos en el área estudiada, y serán quienes apliquen las propuestas hechas a partir del proyecto.
- **Físicos:** Se requiere el uso de elementos como papelería para tomar los apuntes correspondientes a la recolección de datos, impresión de avances del proyecto y actividades similares, también se requiere una pesa para determinar los pesos de los distintos residuos, de igual forma se necesita un metro que permita tomar las medidas para obtener volúmenes en actividades que lo precisen, igualmente se usará un odómetro para medir las distancias entre contenedores a lo largo de la ruta ecológica.
- **Tecnología:** Para la ejecución del proyecto se requiere el uso de algunos instrumentos tecnológicos para la captura de datos y para el almacenamiento de la información. Es por esto, que haremos uso de las siguientes herramientas: cámara

fotográfica para contar con un registro visual de la situación actual y futura de la ruta ecológica del Zoológico, internet para acceder a información que permita complementar el proyecto y computador que es indispensable porque permite consignar la información en los distintos programas que servirán como herramienta para desarrollar el proyecto,

5.2 CRONOGRAMA

Para este proyecto se ha elaborado un cronograma que determina las fechas aproximadas en las cuales se realizarán las diferentes actividades que permitan lograr el cumplimiento de los objetivos específicos propuestos. El cronograma se ha construido en Microsoft Project con el fin de tener una visión más amplia sobre el desarrollo de las actividades, ya que de esta manera es posible incluir los recursos que deben usarse para cada actividad, obteniendo un panorama más cercano al que se espera desarrollar. Ver anexo C.

5.3 EQUIPO

El equipo de trabajo para el proyecto está conformado por:

- Heberth Alexander Chacón Leite, estudiante de noveno semestre de Ingeniería Industrial de la Universidad Icesi.
- Sofía Sthefany Tulcán Melo, estudiante de noveno semestre de Ingeniería Industrial de la Universidad Icesi.

6. DEFINICIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA GESTIÓN DE RESIDUOS EN LA ZONA DE EXHIBICIONES DEL ZOOLOGICO DE CALI

6.1 ZONAS DE GENERACIÓN DE RESIDUOS

Debido a la alta afluencia de personas al Zoológico (400.000 personas al año), al tránsito de las mismas alrededor de la ruta ecológica y la presencia de tres cafeterías a lo largo del camino, la ruta ecológica se convierte en la primera área de generación de residuos sólidos, se debe tener en cuenta que los residuos generados en esta área tienen la posibilidad de ser separados en la fuente. Las exhibiciones como tal se constituyen en la segunda área de generación de residuos, debido a que los animales producen desperdicios de comida, excretas y otros dependiendo del hábitat configurado, actualmente este tipo de residuos se no se aprovechan de una manera específica en el Zoológico. El último foco de generación considerado es el debido al mantenimiento de jardinería tanto de las zonas correspondientes a la ruta ecológica como a las exhibiciones.

La zona de exhibiciones del Zoológico de Cali, cuenta actualmente con una ruta ecológica alrededor de la cual se encuentran los distintos animales, las exposiciones están divididas en ocho zonas que constan de áreas específicas de acuerdo a la cercanía de las mismas. El proceso de recolección de residuos se hace por separado para la parte de la ruta ubicada antes del puente cercano a las cafeterías, para la parte después del puente y para cada zona de exhibiciones.

6.2 PROCESOS DE RECOGIDA Y MOBILIARIO DISPONIBLE

Actualmente, la recolección de residuos es realizada por cada uno de los encargados de las zonas mencionadas anteriormente. La recogida se hace sin distinción del tipo de residuos, por lo cual todo se lleva mezclado para su disposición final a la zona de acopio interno más cercana. Existen dos zonas de acopio principales, una en el parqueadero y otra en la parte occidente del Zoológico, cada zona posee únicamente dos contenedores de alto volumen que se encuentran al aire libre como se observa en la ilustración 2. Para la ruta

ecológica se tienen distribuidos 79 contenedores de distintos tipos (ver tablas 3 y 4), entre los cuales predominan contenedores de fibra de vidrio verdes pequeños con un volumen de 58.974 cm³. La recogida en todas las zonas se efectúa por medio de carretillas que permiten transportar las bolsas, siguiendo el recorrido que cada cuidador decide tomar para llevar finalmente la recolección total de la ruta escogida a las zonas de disposición final (ver ilustración 3).

Tabla 3. Caracterización y cuantificación de contenedores en la ruta ecológica

| Tipo de Contenedor | Identificación | Volumen (Cm ³) | Cantidad de Contenedores |
|--------------------|----------------|----------------------------|--------------------------|
| Verde Pequeño | P | 58.974 | 59 |
| Verde Grande | G | 217.712 | 7 |
| Gris Pequeño | P Gris | 56.000 | 1 |
| Gris Grande | G Gris | 220.540 | 2 |
| Azul Grande | G Azul | 220.540 | 2 |
| Negro Grande | G Negro | 254.469 | 1 |
| Punto Ecológico | PE | 66.304 | 2 |
| Canastilla Blanca | C Blanca | 80.883 | 2 |
| Grande Cafetería | G Cafetería | 136.826 | 3 |
| TOTAL | | | 79 |

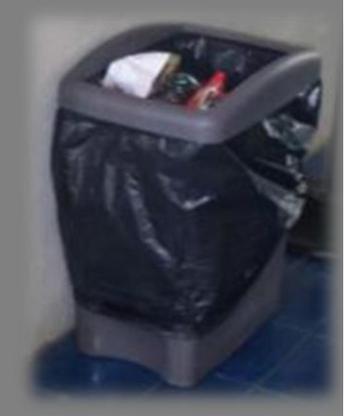
Fuente: Elaboración propia

Ilustración 3. Contenedores Ciudad Limpia Parqueadero



Fuente: Foto tomada por autores

Tabla 4. Tipos de contenedores en la ruta ecológica

| Verde Pequeño | Verde Grande | Gris Pequeño |
|---|--|---|
|  |  |  |
| Gris Grande | Azul Grande | Negro Grande |
|  |  |  |
| Punto Ecológico | Canastilla Blanca | Grande Cafetería |
|  |  |  |

Fuente: Elaboración propia

En el anexo C, se puede observar cuál es la distribución inicial de los contenedores. De esta forma, con todo lo dicho hasta ahora se puede advertir que

actualmente se cuenta con una infraestructura y un equipo para el manejo de residuos sólidos que puede mejorarse, esto se debe a que el Zoológico aún no ha implementado un plan de gestión integral de residuos sólidos que le permita cumplir a cabalidad con la normativa nacional y municipal establecida, y que además le permita establecer estándares específicos para el proceso de recolección y disposición de residuos sólidos en las zonas de generación, contribuyendo con el aprovechamiento de los residuos sólidos generados.

6.3 RECOLECCIÓN INICIAL DE DATOS

Debido a que el Zoológico de Cali cuenta con la visita de aproximadamente 400.000 personas al año, se considera fundamental realizar un diagnóstico que permita identificar el patrón de comportamiento de los usuarios en cuanto la disposición de los residuos, por tal motivo, se evaluó que tipo de residuos predominaba en cada uno de los puntos del sistema de contenedores ubicados en la ruta de exhibiciones del Zoológico, la toma de datos se realizó en tres días de la semana con distinta afluencia, con el propósito de no sesgar la información. De acuerdo a los volúmenes y cantidades cuantificadas de residuos, se relleno el formato de identificación de punto de recolección de residuos que sirve como base para el presente trabajo, la información obtenida se muestra en la tabla 5.

Tabla 5. Formato de identificación de punto de recolección de residuos

| IDENTIFICACION DE PUNTOS PARA RECIPIENTES DE RESIDUOS | | | | | | | |
|--|---|---------------|-------------------------------------|-------|------|----------------------|----------------------|
| FORMATO 1. IDENTIFICACION DE PUNTO DE RECOLECCION DE RESIDUOS Y SU USO | | | | | | | |
| IDENTIFICACION REALIZADA POR | | | HEBERT CHACÓN, SOFÍA TULCÁN | | | | |
| AREA A LA QUE PERTENECE | | | PROYECTO DE GRADO UNIVERSIDAD ICESI | | | | |
| No. | UBICACIÓN | TIPO DE TARRO | USO IDENTIFICADO | | | DIA DE REVISION | RESIDUO PREDOMINANTE |
| | | | ALTO | MEDIO | BAJO | | |
| 1 | Paradero del MIO | P | | | X | Sep 30, oct 3, oct 9 | Hojas de arboles |
| 2 | Frente a la entrada y al aviso "Zoológico de Cali" | P | | | X | Sep 30, oct 3, oct 9 | Vaso plastico |
| 3 | 2 metros a la derecha del tarro 2 | P | | | X | Sep 30, oct 3, oct 9 | PET |
| 4 | Entre el tarro 2 y 3, a 1,5 metros. Debajo de palmera en la entrada | G azul | | X | | Sep 30, oct 3, oct 9 | Servilletas |
| 5 | Entrada vehicular al zoológico | P | | | X | Sep 30, oct 3, oct 9 | Vaso plastico |

| | | | | | | | |
|----|---|-------------|---|---|---|----------------------|--------------------------|
| 6 | Parqueadero al frente del auditorio Hormiguero | P | | | X | Sep 30, oct 3, oct 9 | Vaso plastico |
| 7 | En el parqueadero 3 metros al frente del tarro 6 | P | | | X | Sep 30, oct 3, oct 9 | Hojas de arboles |
| 8 | En el parqueadero 8 metros a la derecha del tarro 7 | P | | | X | Sep 30, oct 3, oct 9 | PET |
| 9 | 2,35 metros diagonal al tarro 8 | G | | | X | Sep 30, oct 3, oct 9 | Hojas de arboles |
| 10 | Al lado izquierdo de la puerta en reja ubicada en el parqueadero | P | | | X | Sep 30, oct 3, oct 9 | Vaso plastico |
| 11 | A la izquierda de la entrada peatonal al zoológico, al frente de | G | | X | | Sep 30, oct 3, oct 9 | PAPEL |
| 12 | Frente a los baños ubicados al lado de la zootienda | G | | X | | Sep 30, oct 3, oct 9 | PAPEL |
| 13 | Frente al CIDZOO | P | | | X | Sep 30, oct 3, oct 9 | PAPEL |
| 14 | Frente a la cueva, 6 metros al lado del arbol frente al mural del | P | | X | | Sep 30, oct 3, oct 9 | TETRAPACK |
| 15 | Entrada ala ruta del acuario al lado izquierdo | P | | X | | Sep 30, oct 3, oct 9 | EMPAQUES FRITURAS |
| 16 | Entrada ala ruta del acuario al lado derecho | P | | | X | Sep 30, oct 3, oct 9 | EMPAQUES FRITURAS |
| 17 | Esquina exterior, despues del mural | P | | | X | Sep 30, oct 3, oct 9 | Vaso plastico |
| 18 | 2 metros antes de llegar a las cachamas | P | | | X | Sep 30, oct 3, oct 9 | PAPEL |
| 19 | Dentro del acuario | C Blanca | X | | | Sep 30, oct 3, oct 9 | EMPAQUES FRITURAS |
| 20 | Dentro del acuario | C Blanca | X | | | Sep 30, oct 3, oct 9 | EMPAQUES FRITURAS |
| 21 | Al frente de la cafeteria Oso Goloso | P Gris | x | | | Sep 30, oct 3, oct 9 | Vaso plastico |
| 22 | Al lado derecho cafeteria feroz | G Cafetería | x | | | Sep 30, oct 3, oct 9 | Servilletas y com rapida |
| 23 | En la plazoleta de comidas al frente del acuario | G Cafetería | x | | | Sep 30, oct 3, oct 9 | Servilletas y com rapida |
| 24 | Al frente del tarro 21 | G Cafetería | x | | | Sep 30, oct 3, oct 9 | Servilletas y com rapida |
| 25 | Detrás de la pazoleta de comida, 4 metros de tarro 22 | P | | | X | Sep 30, oct 3, oct 9 | EMPAQUES FRITURAS |
| 26 | Al frente del tarro 25 | G Gris | | | X | Sep 30, oct 3, oct 9 | EMPAQUES FRITURAS |

| | | | | | | | |
|------|--|---|---|---|---|----------------------|---------------------------|
| 26 p | 1 esquina guacamayos | P | | X | | Sep 30, oct 3, oct 9 | Vaso plastico |
| 27 | Lado izq, a medio camino entrada aviario | P | | | X | Sep 30, oct 3, oct 9 | Vaso plastico |
| 28 | Dentro del aviario | P | | | X | Sep 30, oct 3, oct 9 | EMPAQUES FRITURAS |
| 29 | Dentro del aviario, llegando a la salida | P | | | X | Sep 30, oct 3, oct 9 | EMPAQUES FRITURAS |
| 30 | Al frente del Rey Gallinazo | P | | | X | Sep 30, oct 3, oct 9 | EMPAQUES FRITURAS |
| 31 | Camino salida del aviario | P | | | X | Sep 30, oct 3, oct 9 | EMPAQUES FRITURAS |
| 32 | Al frente del tarro 31 | P | | | X | Sep 30, oct 3, oct 9 | EMPAQUES FRITURAS |
| 33 | Entre exhibicion maicero cariblanco y condor | P | | | X | Sep 30, oct 3, oct 9 | Vaso plastico |
| 34 | Frente maicero cariblanco entrada primates | P | | | X | Sep 30, oct 3, oct 9 | PET Y BOTELLA VIDRIO |
| 35 | Frente exhibicion maicero negro. | P | | | X | Sep 30, oct 3, oct 9 | PET |
| 36 | Frente exhibicion maicero negro capuchino | P | | | X | Sep 30, oct 3, oct 9 | EMPAQUES FRITURAS |
| 37 | Diagonal exhibicion piton | P | | | X | Sep 30, oct 3, oct 9 | PET |
| 38 | Terminando la exhibicion de emues | P | | | X | Sep 30, oct 3, oct 9 | INORGANICOS |
| 39 | Frente exhibicion Altílopes | p | | | X | Sep 30, oct 3, oct 9 | EMPAQUES FRITURAS |
| 40 | Al inicio del serpentario | P | | | X | Sep 30, oct 3, oct 9 | EMPAQUES FRITURAS |
| 41 | Dentro del serpentario | P | | | X | Sep 30, oct 3, oct 9 | LATAS |
| 42 | Frente exhibi. Tortugas y babillas | P | | | X | Sep 30, oct 3, oct 9 | EMPAQUES FRITURAS |
| 43 | Frente exhibicion suricatas | P | | | X | Sep 30, oct 3, oct 9 | PET |
| 44 | Lado izquierdo cafeteria cebras | P | | | X | Sep 30, oct 3, oct 9 | DES COM RAPIDA |
| 45 | Frente a la cafeteria cebras | G | X | | | Sep 30, oct 3, oct 9 | EMPAQUES FRITURAS |
| 46 | Lado derecho cafeteria cebras | G | X | | | Sep 30, oct 3, oct 9 | PAPEL Y EMPAQUES FRITURAS |

| | | | | | | | |
|----|--|--------|---|---|---|----------------------|---------------------|
| 47 | Baños frente exhibicion Cebra | P | | | X | Sep 30, oct 3, oct 9 | EMPAQUES FRITURAS |
| 48 | Al lado derecho CREA | P | | | X | Sep 30, oct 3, oct 9 | HIGIENICO PAPEL |
| 49 | a 2 metros de tarro 48 | P | | | X | Sep 30, oct 3, oct 9 | HIGIENICO PAPEL |
| 50 | En la ruta de exhibiciones frente a guaduales cebras | P | | | X | Sep 30, oct 3, oct 9 | EMPAQUES FRITURAS |
| 51 | Exhibicion nutrias pequeñas | P | | X | | Sep 30, oct 3, oct 9 | EMPAQUES FRITURAS |
| 52 | Cerca entrada mariposario | P | | | X | Sep 30, oct 3, oct 9 | PAPEL |
| 53 | Dentro de mariposario | P | | | X | Sep 30, oct 3, oct 9 | EMPAQUES FRITURAS |
| 54 | Dentro de mariposario antes del puente | P | | X | | Sep 30, oct 3, oct 9 | EMPAQUES FRITURAS |
| 55 | Frente salida de mariposario | P | | | X | Sep 30, oct 3, oct 9 | EMPAQUES FRITURAS |
| 56 | Frente exhibicion oso de anteojos | G azul | | | X | Sep 30, oct 3, oct 9 | LATAS Y PET |
| 57 | Frente exhibicion chigueros | P | | | X | Sep 30, oct 3, oct 9 | SERVILLETAS |
| 58 | Lado derecho ruta exhibiciones cafeteria tigres | P | | X | | Sep 30, oct 3, oct 9 | Vaso plastico |
| 59 | Cafeteria tigres | G | X | | | Sep 30, oct 3, oct 9 | SERVILLETAS |
| 60 | Inicio camino exhibicion buhos | P | | | X | Sep 30, oct 3, oct 9 | Vaso plastico |
| 61 | Antigua exhibicion ocelotes | P | | | X | Sep 30, oct 3, oct 9 | PET, TETRAPACK |
| 62 | Exhibicion Tigres | P | | | X | Sep 30, oct 3, oct 9 | DES COM RAPIDA |
| 63 | Vitral tigre y cafeteria tigre | G Gris | | | X | Sep 30, oct 3, oct 9 | DES COM RAPIDA |
| 64 | Cafeteria tigres | P | | | X | Sep 30, oct 3, oct 9 | |
| 65 | Punto ecologico cafeteria tigres | PE | | | X | Sep 30, oct 3, oct 9 | PET Y VASO PLASTICO |
| 66 | Exhibicion venado soche | P | | | X | Sep 30, oct 3, oct 9 | EMPAQUES FRITURAS |

| | | | | | | | |
|----|--|---------|---|---|---|-----------------------|--------------------------|
| 67 | Despues de exhibicion familia de nutrias | P | | | X | Sep 30, oct 3, oct 9 | TETRAPACK |
| 68 | Entre exhibiciones Lemures y tortugas | P | | | X | Sep 30, oct 3, oct 9 | PET Y VASO PLASTICO |
| 69 | Dentro exhibicion anfibios | P | | | X | Sep 30, oct 3, oct 9 | EMPAQUES FRITURAS |
| 70 | Al lado exhibicion Anaconda | P | | X | | Sep 30, oct 3, oct 9 | Vaso plastico |
| 71 | Tortugas | P | | | X | Sep 30, oct 3, oct 9 | EMPAQUES FRITURAS |
| 72 | Frente exhibicion Tapir | P | | | X | Sep 30, oct 3, oct 9 | CARTON Y EMP FRITU |
| 73 | Frente exhibicion oso hormiguero | P | | | X | Sep 30, oct 3, oct 9 | EMPAQUES FRITURAS |
| 74 | Frente exhibicion llamas | P | | | X | Sep 30, oct 3, oct 9 | EMPAQUES FRITURAS |
| 75 | Frente exhibicion aguilas de montaña | P | | | X | Sep 30, oct 3, oct 9 | NADA |
| # | Cafetería zona de juegos | G Negro | X | | | Sep 30, oct 3, oct 10 | Servilletas y com rapida |
| # | Zona de no acceso detrás del acuario | G | | | X | Sep 30, oct 3, oct 11 | NADA |
| # | Punto ecologico cafeteria zebras | PE | X | | | Sep 30, oct 3, oct 12 | PET Y PLÁSTICOS |

Fuente: Elaboración propia

Debido al amplio recorrido que existe en la ruta ecológica del Zoológico de Cali, además de la cantidad de contenedores y del tipo de residuos predominante en cada uno, se considera importante su distribución, ya que esta afecta directamente el nivel de buena o mala disposición de los residuos. Por tal motivo, se recogieron datos correspondientes al distanciamiento que se presenta entre los contenedores, utilizando la numeración existente para cada tarro, se midió las distancias entre estos con la ayuda de un odómetro, de esta manera fue posible determinar qué zonas están cubiertas adecuadamente con base en una distancia mínima de 30 a 50 metros para cubrir un área de tal manera que se evite que se arrojen residuos por fuera de los tarros. Los datos de las distancias obtenidas se presentan en la tabla 6.

Tabla 6. Distancias entre contenedores dentro de la ruta ecológica

| PUNTO DE PARTIDA | TIPO | PUNTO DE LLEGADA | TIPO | DISTANCIA ACUMULADA (m) | DISTANCIA (m) |
|-------------------------|-------------|-------------------------|-------------|--------------------------------|----------------------|
| 11 | G | 12 | G | 29.90 | 29.90 |
| 12 | P | 13 | P | 40.60 | 10.70 |
| 13 | P | 14 | P | 85.90 | 45.30 |
| 14 | P | 15 | P | 117.80 | 31.90 |
| 15 | P | 16 | P | 120.80 | 3.00 |
| 16 | P | 17 | P | 165.80 | 45.00 |
| 17 | P | 18 | P | 179.00 | 13.20 |
| 18 | P | 16 | P | 235.80 | 56.80 |
| 16 | P | 26 | P | 290.40 | 54.60 |
| 26 | P | 27 | P | 299.70 | 9.30 |
| 27 | P | 28 | P | 324.50 | 24.80 |
| 28 | P | 29 | P | 337.20 | 12.70 |
| 29 | P | 31 | P | 366.20 | 29.00 |
| 31 | P | 31 | P | 374.66 | 8.46 |
| 31 | P | 30 | P | 393.50 | 27.30 |
| 30 | P | 33 | P | 463.70 | 70.20 |
| 33 | P | 34 | P | 495.00 | 31.30 |
| 34 | P | 35 | P | 506.60 | 11.60 |
| 35 | P | 36 | P | 533.60 | 27.00 |
| 36 | P | 37 | P | 572.80 | 39.20 |
| 37 | P | 38 | P | 608.30 | 35.50 |
| 38 | P | 39 | P | 654.50 | 46.20 |
| 39 | P | 40 | P | 697.80 | 43.30 |
| 40 | P | 41 | P | 719.00 | 21.20 |
| 41 | P | 40 | P | 734.30 | 15.30 |
| 40 | P | 42 | P | 778.70 | 44.40 |
| 42 | P | 43 | P | 810.70 | 32.00 |
| 43 | P | 45 | G | 849.70 | 39.00 |
| 45 | G | 44 | P | 865.66 | 15.96 |
| 45 | G | 46 | G | 865.30 | 15.60 |
| 46 | G | 50 | P | 895.90 | 30.60 |
| 47 | P | 49 | P | 916.80 | 20.90 |
| 49 | P | 48 | P | 928.70 | 11.90 |
| 48 | P | 50 | P | 954.60 | 25.90 |
| 50 | P | 51 | P | 1003.50 | 48.90 |
| 51 | P | 52 | P | 1022.80 | 19.30 |
| 52 | P | 53 | P | 1037.20 | 14.40 |
| 53 | P | 54 | P | 1080.10 | 42.90 |
| 54 | P | 55 | P | 1103.40 | 23.30 |
| 55 | P | 56 | P | 1129.70 | 26.30 |
| 56 | P | 57 | P | 1217.30 | 87.60 |
| 57 | P | 58 | P | 1236.40 | 19.10 |
| 58 | P | 59 | P | 1247.90 | 11.50 |
| 59 | P | 60 | P | 1277.20 | 29.30 |
| 60 | P | 61 | P | 1339.00 | 61.80 |

| | | | | | |
|----|---|----|---|---------|-------|
| 61 | P | 62 | P | 1370.40 | 31.40 |
| 62 | P | 64 | P | 1420.70 | 50.30 |
| 64 | P | 66 | P | 1438.50 | 17.80 |
| 66 | P | 67 | P | 1534.80 | 96.30 |
| 67 | P | 69 | P | 1605.70 | 70.90 |
| 69 | P | 70 | P | 1653.40 | 47.70 |
| 70 | P | 71 | P | 1684.90 | 31.50 |
| 71 | P | 72 | P | 1721.20 | 36.30 |
| 72 | P | 35 | P | 1752.00 | 30.80 |
| 35 | P | 73 | P | 1841.60 | 89.60 |
| 73 | P | 74 | P | 1877.00 | 35.40 |
| 74 | P | 46 | P | 1920.00 | 43.00 |

Fuente: Elaboración propia

Para la evaluación inicial sobre la gestión de residuos en la ruta ecológica de Cali, se recogieron los datos mencionados anteriormente, de esta manera, junto a las observaciones generales que se hicieron durante el trabajo de campo y a la información formal e informal obtenida en el Zoológico, se logró identificar los elementos primordiales para la elaboración del modelo conceptual o guía para la implementación del plan de gestión integral de residuos sólidos en el Zoológico, Posteriormente, durante el desarrollo del trabajo se identificaron algunas oportunidades potenciales de cambio y se trabajó sobre estas como se mostrará más adelante.

7. PROPUESTA DEL PLAN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS PARA LA ZONA DE EXHIBICIONES DEL ZOOLOGICO DE CALI

7.1 ELABORACIÓN DEL MANUAL GUÍA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN PGIRS EN LAS ZONAS DE EXHIBICIONES DEL ZOOLOGICO DE CALI.

El manual que se presenta en la ilustración 4, es una adaptación que se realizó teniendo como base los 5 manuales expedidos por la alcaldía de Santiago de Cali y el Departamento Administrativo de Planeación Municipal sobre el PGIRS y se encuentra apoyado en la normativa citada en el marco legal de este documento. El objetivo de este manual es definir los procedimientos generales para la gestión adecuada de residuos sólidos en la zona de exhibiciones del Zoológico de Cali, debido a que se trata un parque de carácter ambiental donde se generan distintos tipos de residuos sólidos que deben tratarse siendo consecuentes con los lineamientos de la Fundación Zoológica de Cali y del municipio para contribuir en la búsqueda de una ciudad más limpia y un entorno sostenible y agradable para la comunidad.

Ilustración 4. Portada y contraportada “Manual PGIRS para el Zoológico de Cali”



Fuente: Elaboración propia

El manual se organizó como un entregable adjunto a este documento con el propósito de tener una guía formal que permita iniciar procesos de cambio en la gestión de residuos sólidos en el Zoológico. Los puntos clave expuestos en el manual se describen a continuación:

7.1.2 Introducción al manual PGIRS para el Zoológico de Cali

El manejo de los residuos sólidos en el Zoológico de Cali ha sido un tema que ha pasado inadvertido pese al impacto que los residuos producidos por los visitantes y las exhibiciones del parque generan, desperdiciando oportunidades de recuperación y aprovechamiento de los mismos, al ser enviados directamente al relleno sanitario. La política ambiental nacional contempla la implementación de una gestión integrada de residuos sólidos, no peligrosos y peligrosos, que como tal, consta de una gran variedad de elementos, acciones y prácticas administrativas, que se contemplan entre sí. Un sistema de gestión integrada debe reducir los impactos negativos sobre la salud humana y el medio ambiente, así como promover la valorización y aprovechamiento de los residuos.

Éste Manual se convierte en una guía que establece las formas de intervención para que las autoridades administrativas y logísticas del Zoológico de Cali implementen sistemas útiles y eficaces para el manejo de residuos sólidos en la zona de exhibiciones, generando beneficios ambientales, sociales y culturales en la comunidad caleña visitante. La administración del Zoológico de Cali debe asumir la responsabilidad que le corresponde como generador de residuos sólidos y debe ser partícipe en la solución de la problemática a partir de:

- El incremento de las oportunidades de aprovechamiento de los residuos generados en éste sector.
- La reducción de los volúmenes con destino al enterramiento en rellenos sanitarios.
- El fomento de la participación social organizada de los recicladores.
- El fortalecimiento de la cultura ciudadana a favor de la reducción, la reutilización y el reciclaje, entre el público asistente al parque.

7.1.3 Objetivos del manual

1. Promover la separación en la fuente, la recuperación y el aprovechamiento de los residuos sólidos generados en la zona de exhibiciones del Zoológico de Cali.
2. Reconocer el sentido de corresponsabilidad que compete al Zoológico de Cali como generador de residuos sólidos y ejecutante de la gestión ambiental.
3. Establecer medidas de manejo, control, seguimiento y monitoreo en la GIRS en el Zoológico de Cali.

7.1.4 Aspectos generales de residuos sólidos

7.1.4.1 Definición de residuo sólido

El decreto 1713 de 2002, emitido por el Ministerio de Desarrollo Económico lo define como: “Es cualquier objeto, material, sustancia o elemento sólido resultante del consumo o uso de un bien en actividades domésticas, industriales, comerciales, institucionales, de servicios, que el generador abandona, rechaza o entrega y que es susceptible de aprovechamiento o transformación en un nuevo bien, con valor económico o de disposición final. Los residuos sólidos una vez separados se dividen en aprovechables y no aprovechables. Igualmente, se consideran como residuos sólidos aquellos provenientes del barrido de áreas públicas”.

7.1.4.2 ¿Cuáles son las fuentes de generación de los residuos sólidos urbanos?

Las fuentes de producción de residuos sólidos urbanos están en general relacionadas con la actividad económica o social que se desarrolla. Ellos son:

Domiciliarios: Se entiende como aquellos generados en actividades realizadas en viviendas y hogares, incluyendo los residuos voluminosos tales como: poltronas, colchones, mesas, neveras y que requieren de un manejo especial

Académicos: Los producidos en escuelas, colegios, universidades institutos técnicos y demás establecimientos educativos.

Industriales: Son los generados por procesos de producción y transformación de materias primas.

Institucionales: Estos se generan en establecimientos gubernamentales, militares, carcelarios y edificaciones destinadas a oficinas, entre otras.

Hospitalarios: Los producidos en hospitales, centros de salud, bioterios, y laboratorios de biotecnología; los cementerios, morgues, funerarias y hornos crematorios; los consultorios, clínicas, farmacias, centros de pigmentación y/o tatuajes, laboratorios veterinarios, centros de zoonosis, Zoológicos, laboratorios farmacéuticos y de producción de dispositivos médicos.

Comerciales: Generados en establecimientos comerciales y mercantiles tales como: almacenes unitarios y de cadena, supermercados, depósitos, hoteles, restaurantes y cafeterías.

Otros: Plazas de mercado centros de acopio y abasto de alimentos frescos, sembrado y poda de árboles, corte y poda de jardines, parques y zonas verdes.

7.1.4.3 Manejo inadecuado de los residuos sólidos: efectos que traen al medio ambiente y a la salud pública.

Las grandes ciudades en el mundo presentan graves problemas en el manejo de residuos sólidos, Santiago de Cali no escapa a esta situación, se evidencian residuos dispuestos en las vías, en canales de aguas lluvias, andenes, parques, separadores viales, lotes baldíos y otros sitios públicos. Con este manejo inadecuado se generan efectos negativos de tipo ambiental y sanitario, dando lugar a un deterioro continuo, acelerado y desmedido de los recursos naturales y sumados al anterior, los efectos de tipo social, así como el deterioro del paisaje urbano.

Cuando al interior de las unidades de almacenamiento de residuos (UAR), se da un manejo inapropiado de los residuos sólidos, se ocasionan ambientes propicios para la aparición de roedores, moscas, cucarachas, zancudos y animales callejeros los cuales se convierten en transmisores de enfermedades trayendo consigo riesgo a la salud de las personas y de los animales, y por ende detrimento de la Calidad de vida.

7.1.4.4 Como separar los residuos sólidos.

La separación en la fuente se entiende como la acción por la cual se separan los residuos que se producen en el sitio donde estos se generan; la clasificación de los residuos sólidos está establecida en el PGIRS del municipio como se muestra en la tabla 1.

7.1.4.5 Presentación de los residuos

- Para que los residuos sólidos no pierdan su valor potencial, es importante no contaminarlos, es decir, no mezclarlos con grasas, aceites, u otras sustancias que hagan perder su valor comercial y su valor como materia prima para su transformación.
- Los residuos como bolsas de leche, recipientes plásticos y metálicos, que hayan contenido aceites u otras sustancias no peligrosas, se pueden lavar y secar no solo para evitar malos olores que puedan generar durante su almacenamiento, sino también para que no contaminen otros materiales no aprovechables.

La bolsa o recipiente para los residuos no reciclables y los residuos orgánicos debe ser **verde**. En este recipiente se depositan los residuos de alimentos, cascara, desechos sanitarios como pale higiénico utilizados, excrementos de mascotas, pañales y toallas higiénicas, servilletas, colillas de cigarrillo, servilletas y la cantidad mínima de residuos especiales que habitualmente se generan como hospitalarios, químicos, recipientes de aerosoles, de insecticidas y plaguicidas. La bolsa o recipiente para los residuos reciclables debe ser azul. En esta se disponen el papel, cartón, metales y chatarra, vidrio, plástico y telas, ósea los residuos que tiene potencial de aprovechamiento y transformación. Todos estos residuos deben estar libres de grasa y secos, para evitar que materiales como el papel se deterioren.

7.1.4.6 ¿Qué se puede reciclar?

Todos aquellos materiales que debido a sus propiedades puedan entrar a un proceso de reutilización y reciclaje, estos se muestran en la tabla 7. Los residuos que van a la disposición final o sea al residuo sanitario son los siguientes:

- Residuos de comida
- Cascaras de frutas, huevos, etc.
- Huesos
- Frutas descompuestas, papel aluminio, papel carbón, papel higiénico, papel encerado, papel celofán.
- Pañales, papeles faciales, copitos, toallas higiénicas.
- Servilletas, papel de cocina contaminado.
- Icopor, platos, platos desechables, fórmicas
- Bombillos, tubos de neón.
- Espejos, vidrios de ventana, vidrios de seguridad, cerámicas.

Tabla 7. Residuos reciclables

| PLÁSTICO | METAL | PAPEL Y CARTÓN | VIDRIOS | |
|--|--|-------------------|----------------------------------|--|
| Bolsas de todos los tamaños y colores. | Todas las latas que se generen en el hogar: sardinas, atún, lechera cremas, salsas, gaseosa, cerveza, otros. | Periódicos | Envases de gaseosa | |
| Frascos de aceite, champú | | Revistas | Envases de cerveza | |
| Envases plásticos | | Cuadernos | Vasos, copas, platos, porcelanas | |
| Juguetes | | Llaves | Libros | Frascos de todos los tamaños y colores |
| Envases de gaseosa no retornable (pet) | | Pedazos de hierro | Directorios | Botellas de licores |
| | | Cable de luz | Facturas | |
| | | Ollas | Caja de medicamentos | |
| | | | Caja para cereales | |
| | | | Hojas de bloc | |
| | | | Cartón | |
| | | Papeles | | |

Fuente: Manual PGIRS en entidades públicas (2008)

7.1.5 Sistema de Gestión Integral de Residuos Sólidos en el Zoológico de Cali

7.1.5.1 Política municipal de recuperación y aprovechamiento

La actual política municipal de residuos sólidos dirigida a la reducción y el aprovechamiento, se consolida de manera importante a través de la inclusión en el plan de desarrollo 2008 – 2011 “Para vivir la vida dignamente”, en el cual se incluyen elementos importantes para el logro de los objetivos propuestos, tales como centros de acopio, sistemas de aprovechamiento de residuos orgánicos e inorgánicos, entre otros. El plan de gestión integral de residuos sólidos –PGIRS–, consolida los lineamientos de la política Nacional y local, y a través de su proceso de evaluación y ajuste, incorpora de manera importante estos elementos a través de la puesta en marcha del “Programa Municipal de recuperación y aprovechamiento de residuos sólidos”, el cual incluye, además de los elementos físicos, el fortalecimiento de una cultura ciudadana en torno al tema de la reducción, reutilización y reciclaje (3R), la inclusión social de los recicladores de oficio como parte importante y dinamizadora de la cadena de reciclaje, un modelo económico articulado y viable que garantice la sostenibilidad del programa y un sistema de evaluación y seguimiento.

El manual PGIRS para el Zoológico, por tanto, se constituye en un punto de inicio del programa y su aplicación aporta a la Gestión Integral de Residuos en el municipio, las ventajas de su adopción en el Zoológico de Cali son:

- Disminuir la cantidad de residuos sólidos a ser depositados en los rellenos sanitarios (aumentando su vida útil).
- Preservar los recursos naturales como consecuencia de la reducción de la demanda de materias primas.
- Minimizar el gasto energético de procesos productivos.
- Ayudar a reducir la contaminación del aire, las aguas y el suelo.
- Optimizar el gasto relacionado con adecuación y operación del servicio interno de aseo.

7.1.5.2 Actores y etapas del sistema en el parque Zoológico

El Programa de Gestión Integral de Residuos Sólidos en el Zoológico tiene como principales actores a: visitantes, personal directivo y administrativo, personal de

aseo, operarios encargados de la recolección, cuidadores del parque, servicio público de aseo y el centro de acopio del sistema municipal de recuperación y aprovechamiento.

7.1.5.3 Principales fuentes de generación de residuos sólidos en el Zoológico de Cali

- La ruta de exhibiciones donde se generan principalmente residuos reciclables, tales como: Plástico, papel y cartón.
- Las cafeterías y/o puestos de venta de alimentos y bebidas donde se generan recipientes desechables, bolsas plásticas, cajas de cartón o icopor (poliestireno), restos de alimentos, botellas plásticas y de vidrio, envolturas de todo tipo.
- Baterías sanitarias
- Residuos de jardín

7.1.5.4 Presentación de los residuos sólidos

La presentación como etapa del sistema obedece a la utilización adecuada por parte de los actores del mismo de los recipientes instalados en el parque, canecas y papeleras en zonas de mayor afluencia en el Zoológico.

7.1.5.5 Personas que se requieren para manejar la ruta de recolección interna

El Zoológico de Cali debe realizar sus propias valoraciones que optimicen los tiempos y movimientos del personal de aseo, en cuanto a la recolección interna, además de ofrecer entrenamiento para que operen con eficacia la ruta de recolección. Para este trabajo se debe ofrecer entrenamiento al personal que lo va a realizar, teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

- Técnicas de manipulación de residuos sólidos.
- Forma de cómo se deben recolectar los residuos dejados en los contenedores.
- Técnicas para una recolección eficiente.
- Proveer al personal que va a efectuar la separación de los elementos de seguridad necesarios, tales como gafas de seguridad, mascarillas, guantes, tapabocas, respirador, filtro orgánico, peto y botas.
- Tomar las medidas de seguridad necesarias a fin de no exponer la seguridad y salud del personal de recolección interna.

Actualmente se cuenta con dos personas encargadas de la recolección de los residuos dejados por los visitantes en los contenedores, estas dos personas hacen un recorrido diario por la ruta de exhibiciones en horas de la mañana. Debido a que únicamente se tienen dos personas en esta labor, es importante optimizar el programa de gestión integral de residuos sólidos pues ello facilita su trabajo. En el caso de las exhibiciones, la recogida se realiza por el cuidador correspondiente a cada una.

7.1.5.6 Definición de la ruta selectiva interna

La ruta selectiva en el parque se define a partir de recorridos de traslado y evacuación interna de los residuos desde sus lugares de presentación hasta la unidad de almacenamiento de residuos o el centro de acopio. La ruta selectiva asegura que los residuos reciclables no se contaminen, pierdan valor o se echen a perder al ser mezclados con los residuos orgánicos, los desechos sanitarios u otros residuos no aprovechables

7.1.5.7 Operación de la ruta de recolección selectiva

A fin de establecer la ruta de recolección selectiva es necesario tener en cuenta:

- Los recorridos que efectúa el personal de aseo antes de iniciar el programa, evaluando su eficiencia y eficacia, de ser necesario es recomendable establecer tiempos de ruta e identificar oportunidades de mejora.
- De acuerdo con los hábitos de generación y horarios de visitas al parque, se deben establecer los horarios y frecuencias de recolección con el fin de no entorpecer las labores de las oficinas y/o visitantes y asegurar la evacuación total de los residuos sólidos durante cada jornada.

Los recorridos de la ruta interna deben definirse con base en: Los puntos de generación de residuos, personal disponible, horario de trabajo del personal, tiempo diario de funcionamiento del parque temático, extensión, longitud del recorrido. Estas pautas determinarán los tiempos de desplazamiento y los horarios necesarios para efectuar el traslado de los residuos. Debe evitarse que estos residuos se acumulen de un día para otro ya que esto contribuye a la aparición de vectores (cucarachas, roedores, zancudos) y a la generación de olores ofensivos. Debe asegurarse que los residuos no sean almacenados por tiempos prolongados en los recipientes que se ubican en las zonas comunes y debe evitarse la

colmatación o el rebose de residuos que pueden terminar en el suelo. Actualmente se realizan dos recolecciones diarias, una en horas de la mañana, antes de la apertura del parque y otra en horas de la tarde, después de horas de almuerzo. En el momento se cuentan con 79 tarros contenedores de basura ubicados en toda la zona de exhibiciones del Zoológico.

7.1.6 Relación entre los sistemas GIRS en el Zoológico de Cali y el sistema municipal de recuperación y aprovechamiento

El sistema de GIRS del Zoológico de Cali, deberá articularse al Sistema Municipal de Recuperación y Aprovechamiento del municipio de Santiago de Cali a través de la entrega de los residuos aprovechables a la ruta selectiva para ser transportados hasta los centros de acopio para su recuperación y clasificación, y posteriormente a los sistemas de aprovechamiento. En el caso de los residuos orgánicos se busca la consolidación o implementación, según el caso, del Plan Vecino, el cual hace entrega de los residuos para su aprovechamiento a través de su transformación en abono orgánico.

7.1.7 Componentes del sistema

La estructura básica del Programa de Gestión Integral de los residuos sólidos, se muestra en el diagrama 4

7.1.7.1 Componente Organizativo – Administrativo

Este componente compromete a las autoridades pertinentes del Zoológico de Cali y los entes directivos del mismo, en las actividades que permitan y faciliten las condiciones óptimas de funcionamiento del sistema de Gestión Integral de Residuos Sólidos. Se determinan aquí el manejo y distribución de los recursos administrativos, financieros y de personal necesarios para la implementación del sistema GIRS.

7.1.7.2 Componente Técnico y Logístico

En este componente se debe tener en cuenta los aspectos técnicos y de operación del sistema gestión de residuos sólidos en el Zoológico de Cali. Una vez realizado el diagnóstico se deberán definir donde se colocaran los recipientes recolectores de residuos, la construcción o adecuación de la UAR, definición y funcionamiento de las rutas internas (construir un plano de los recorridos), así como la definición de número de carros de mano para la ruta interna, los elementos y herramientas requeridas para el adecuado funcionamiento del sistema y el número de personas necesarias para las respectivas actividades que componen el mismo. La responsabilidad de la operación del sistema es de la persona encargada que designe la junta directiva del Zoológico de Cali, quien deberá estar al tanto de las actividades correspondiente al manejo de Residuos Sólidos.

Diagrama 4. Estructura básica del PGIRS



Fuente: PGIRS, Alcaldía de Santiago de Cali

7.1.7.3 Componente de información, educación y comunicación IEC.

En este componente se definen y desarrollan las estrategias de información, educación y comunicación, con el fin de fortalecer actitudes y prácticas favorables al manejo adecuado de residuos sólidos en el Zoológico de Cali. Las estrategias IEC para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos, involucran procesos en los que se activan el sentido de identidad y pertenencia de los actores frente a el parque ambiental que están visitando. Las IEC estimulan procesos de reflexión acerca del sentido de corresponsabilidad de los visitantes y empleados, en la mitigación de los efectos de la problemática generada por el manejo inadecuado de los residuos y sus efectos en términos ambientales, sociales y de salud pública.

7.1.8 Diseño del Sistema de Gestión Integral de Residuos Sólidos (GIRS) en el Zoológico de Cali

7.1.8.1 Componente Organizativo – Administrativo

El equipo encargado de implementar el sistema con base en los lineamientos del manual PGIRS para el Zoológico de Cali debe estar a cargo de las autoridades administrativas de esta entidad. Estas deben gestionar los recursos para la implementación del sistema de gestión integral de residuos sólidos y ser interlocutor con las personas trabajadoras del parque, que tienen relación directa con la recolección de residuos en el parque temático.

Los estudiantes de la universidad Icesi que desarrollan el proyecto para la implementación del Plan de Gestión de Residuos Sólidos del Zoológico de Cali, serán los encargados de presentar una propuesta de diseño del sistema tanto en su componente técnico como logístico, ante las autoridades competentes del parque en cuestión.

Las autoridades competentes pueden delegar la función operativa de la gestión de residuos a las personas encargadas de la recolección, evacuación y entrega de los residuos ante la empresa de servicios públicos, para implementar de manera eficiente y en el menor tiempo posible el sistema

7.1.9 Mecanismos de seguimiento y evaluación

Objetivo 1: Incrementar la cantidad de residuos sólidos reciclables, recuperados e incorporados a la cadena productiva del reciclaje.

Indicador: Porcentaje de residuos reciclables recuperados

Cálculo:
$$\frac{\text{Peso de residuos sólidos reciclables recuperados}}{\text{Peso Total de los residuos sólidos generados}} * 100$$

Procedimiento: Determinar cantidad de residuos sólidos reciclables enviados al centro de acopio (UAR)

Medio de verificación: Registro de entrega al centro de acopio, registro de cuadro comparativo línea de base con flujo mensual de residuos recuperados enviados a reciclaje.

Objetivo 2: Evaluar eficacia de ruta interna de recolección (medidor de eficiencia interna del sistema)

Indicador: Porcentaje de cumplimiento de las frecuencias establecidas.

Cálculo:
$$\frac{\text{Frecuencias realizadas por día}}{\text{Frecuencias programadas}} * 100$$

Procedimiento: Diseño de un instrumento de registro de actividades diarias del operario y capacitación al operario para diligenciamiento

Medio de verificación: Informe de seguimiento, evaluación de desempeño, registro diario del operario.

Objetivo 3: Contar con UAR técnicamente adecuada

Indicador: Porcentaje de cumplimiento con adecuaciones técnicas establecidas en el decreto 1140 del 2003 del MAVDT

Procedimiento:

- Construir o adecuar técnicamente la UAR de acuerdo a las especificaciones establecidas en el decreto 1140 de 2003 y el RAS 2000 título F.

- Definir proyecto de construcción y/o adecuación
- Gestionarlo y hacer seguimiento a su ejecución

Medio de verificación: Concepto técnico del estado de la UAR

Frecuencia: Una vez por año

¿Qué Aspectos tomar en cuenta para evaluar el proceso?

Para evaluar sistemáticamente el proceso y ajustarlo oportunamente a los requerimientos, necesidades y a las realidades actuales del Zoológico de Cali, bajo un concepto de mejoramiento continuo, se tomarán en cuenta los siguientes aspectos:

- Si la evolución del indicador es positivo respecto al objetivo esperado, dé continuidad a las actividades desarrolladas
- Si el indicador establecido no es satisfactorio y no muestra los cambios esperados, analice los factores y variables que han determinado el resultado, haciendo los ajustes y modificaciones pertinentes.

Observe:

- Hábitos que amenazan la recuperación de los residuos sólidos.
- Procesos de responsabilidad individual y colectiva en el manejo adecuado de los residuos.
- Tomadores de decisión comprometidos con el programa, interesados en los avances y resultados del programa, decididos a hacer inversión de recursos humanos y financieros para garantizar la sostenibilidad del mismo.
- Responsables del sistema autónomos y propositivos.

7.2 PROPUESTA DE UBICACIÓN DE CONTENEDORES

Se desarrolló un estudio para evaluar la ubicación de contenedores de basura que debería existir en la ruta ecológica del Zoológico de Cali basándose en la normativa correspondiente a la Gestión Integral de Residuos GIRS. De acuerdo a esto se presenta una opción para mejorar la recolección de residuos sólidos a lo largo de la ruta, teniendo en cuenta la reubicación de contenedores existentes, como se indicó en análisis de la situación actual de la gestión de residuos en el

Zoológico, en la tabla 3, se muestra en resumen los tipos de contenedores con los que se cuenta en este momento, indicando su respectivo su volumen y cantidad como se mostró anteriormente en las tablas de recolección de datos.

7.2.1 Reubicación de contenedores existentes

La propuesta de reubicación de contenedores se desarrolló con base en la recolección de información durante días de distinta afluencia de personas al parque, con el propósito de obtener datos confiables, en primer lugar se midieron las distancias entre contenedores de toda la ruta (ver tabla 6), esto con el fin de identificar que las distancias entre contenedores cumplan con la normativa PGIRS. A continuación se escogieron los días viernes 30 de septiembre, lunes 3 de octubre y domingo 9 de octubre para determinar los volúmenes y tipos de residuos presentes en cada contenedor (ver tabla 5), de esta forma fue posible cuantificar la generación de residuos en distintos días, además se logró reconocer ciertos patrones de comportamiento de los usuarios y algunas necesidades específicas en zonas de alta afluencia en las cuales no se encontró una adecuada distribución de los contenedores. Después de la obtención y tratamiento de los datos, se hizo un análisis y se consideran necesarias las siguientes modificaciones que se apoyan con los mapas del Anexo D, donde se observa la distribución actual de residuos y distribución propuesta de acuerdo a la reubicación:

1. Debido a la alta cantidad encontrada de residuos reciclables, principalmente plásticos en zonas cercanas a las cafeterías se debe pintar los 7 tarros verdes grandes de color azul para ser ubicados en zonas cercanas a estos puntos de venta, o dónde se requieran de acuerdo a la afluencia de personas. Los lugares de ubicación se describirán más adelante.
2. El tarro 9 de parqueadero puede dejarse disponible porque se trata de uno de los tarros grandes que se van a pintar azul y en esta zona no se presenta un alto uso de los contenedores existentes, además el tarro 8 está muy cerca y puede ser usado en esta zona.
3. En la zona del acuario, no se tienen contenedores apropiados, únicamente existen dos papeleras pequeñas que deben **reemplazarse** por contenedores verdes con colores reflectivos aptos para una zona oscura como esta.

4. Los tarros grandes 11 y 12, que se encuentran en la parte izquierda al ingresar al Zoológico por la zoo tienda son contenedores verdes grandes que se van a cambiar de ubicación, en su lugar se pondrán tarros verdes pequeños así:

- La ubicación del tarro 11 debe pasarse a la esquina exterior del corredor donde se encuentra ubicado actualmente para tener mayor cubrimiento ya que habría más visibilidad al estar situado en medio del corredor de la ruta y el corredor que dirige a la tienda del Zoológico.
- El tarro 12 debe situarse con soportes sobre la ruta ecológica al frente de la zoo tienda, en lugar del corredor contiguo al baño.

5. En la zona de mesas a la entrada del Zoológico, justo al frente de la cueva, se requiere la ubicación de un dúo de tarros verde pequeño y azul grande porque es una zona que no cuenta con ningún contenedor y lo requiere porque en días de alta afluencia se dejan todo tipo de residuos en las mesas.

6. La alta demanda de todo tipo de comidas rápidas, mecató, bebidas en envases de PET, vidrio y lata, y otros tipos de productos ofrecidos en las cafeterías durante días de alta afluencia, indica que en la cafetería central se requiere la ubicación de un módulo azul/verde en la parte central, para ello se utilizará 1 tarros grande pintado azul y 1 tarro pequeños verde, además se deben situar contenedores grandes en cada una de las esquinas, así en cada esquina se ubicarán los contenedores 21, 22, 23 y 24.

7. El contenedor 27 puede retirarse del lugar actual dejándose disponible para otra ubicación porque en la entrada del aviario se cuenta con el contenedor 26 que es suficiente para esta zona, además el contenedor 27 no es visible y por tanto su uso es muy bajo de acuerdo a los registros.

8. El contenedor 31 puede retirarse de su ubicación actual dejándose disponible para reubicación debido a que en la zona de salida de aviario se cuenta también con el contenedor 32 que basta para cubrir la zona ya que los dos se registraron como contenedores de bajo uso.

9. En la cafetería de cebras se requieren hacer los siguientes cambios:

- El tarro 44 debe moverse al lado del tarro 45 que por ser grande será pintado azul, para formar un módulo.
- Al lado del tarro 46 también pintado azul, debe ubicarse un tarro pequeño verde para formar otro módulo

- El Punto ecológico que actualmente se encuentra a lado del tarro 45 se debe ubicar al frente de la ubicación actual del tarro 44, es decir contiguo a las mesas del lado izquierdo de la cafetería de cebras.

10. Se identificaron algunos puntos críticos que por la alta afluencia de visitas, requieren la asignación de contenedores.

- Leones: Se debe instalar un contenedor de los que se pintaron azul, la ubicación debe ser al frente del tatabro, en la esquina izquierda de la exhibición.
- Papiones: Se debe instalar un dúo contenedores verde pequeño y uno azul grande de los que se pintaron, para ubicarse en el punto donde se encuentra un palo de madera justo al frente de la exhibición, es importante pensar en la ubicación de un mensaje de ambiente para evitar que la gente tire las basuras al suelo o a esta exhibición.

11. A la salida del mariposario, en la esquina del camino hacia la tienda colombiana se requiere un contenedor verde pequeño adicional.

12. El contenedor 56 no puede verse, debe moverse sobre la ruta.

13. En la zona de exhibición de Búhos no se cuenta con contenedores a lo largo de la ruta y debido a que la heladería Dari es cercana, se requiere un contenedor que cubra esta zona. Se recomienda ubicar un contenedor pequeño verde en la esquina de la jaula negra a la salida de la ruta de búhos.

14. Se recomienda la ubicación de un modulo educativo en la zona central del parque de juegos para niños de colombiana, porque además de encontrarse cerca de la exhibición de leones, que es muy visitada, no cuenta con un contenedor de basuras cercano, esto se evidencia con la presencia constante de basura alrededor de los juegos.

15. El contenedor 59 debe trasladarse al lado del contenedor 58, porque se trata de una zona donde generalmente se encuentran mayores cantidades de residuos tanto reciclables como no reciclables. El contenedor 59 es uno de los contenedores grandes que se pintó azul y el contenedor 58 sigue siendo un contenedor verde pequeño.

16. En el lugar donde se encontraba el contenedor 59 grande debe ubicarse un contenedor verde pequeño

17. El contenedor 61 se encuentra en un lugar oculto y no transitado porque la exhibición de ocelotes para la que se tenía destinado se eliminó del área, por tanto no está siendo utilizado, debe cambiarse la ubicación a la esquina que se encuentra entre pumas y llamas para tener visibilidad y cubrir la zona.

18. Al lado del contenedor 64 que por ser grande se pintará azul pero se dejará en la misma ubicación se requiere poner un tarro verde pequeño porque se encuentra ubicado en una cafetería que presenta altos volúmenes de basura en días de alta concurrencia.

19. El punto ecológico 65 debe reubicarse al sitio donde actualmente se encuentra el tarro gris grande 63

20. El contenedor 68 no es visible porque se cubre por las plantas donde se encuentra ubicado y cubre una parte de la ruta que la mayoría de la gente no transita porque no cuenta con ninguna exhibición, debe reubicarse al frente de tortugas para cubrir la ruta tanto si se pasa por donde estaba situado antes como si se pasa por el camino alternativo.

21. El contenedor 70 no es visible, debe reubicarse a la zona contigua a la banca de madera situada en la zona de exhibición del lobo pollero. Se recomienda evaluar la necesidad de la banca de madera escondida que no está siendo usada por su inaccesibilidad, puede retirarse o reubicarse.

22. El contenedor 72 tiene una ubicación adecuada pero no es visible debido a la cantidad de plantas alrededor, debe podarse la zona.

23. Para cubrir la zona final de la ruta que tiene un largo recorrido sin contenedores, ocasionando que la gente arroje la basura al suelo (se encontraron basuras incluso en medio de las plantas de los alrededores), se debe situar un contenedor verde pequeño en medio de la exhibición del Garzón soldado y zorros.

24. El contenedor 75 se encuentra escondido en medio de las plantas y es prácticamente invisible por lo cual no se está utilizando en absoluto, no se tuvo ningún registro de residuos en el contenedor. Debe trasladarse a la zona de la

ramada que se encuentra al frente del águila y llamas. A futuro se debe pensar en la instalación de un módulo educativo.

7.2.2 Requerimientos para la reubicación

- ✓ Se deben pintar los 7 tarros verdes grandes de color azul.
- ✓ Se deben comprar 8 tarros verdes pequeños para cubrir las 13 zonas que requieren recipiente pequeño y que no se alcanzan a cubrir con los 5 tarros que quedan disponibles al hacer los cambios.
- ✓ Se deben comprar 2 recipientes pequeños, del tamaño de los tarros verdes pequeños y pintarse con pintura reflectiva para ubicarlos en acuario.
- ✓ Las demás ubicaciones continuarían siendo las mismas.
- ✓ Se debe evaluar a futuro la instalación de tres módulos educativos, debido a la alta afluencia de personas ya que son lugares de descanso que se usan continuamente.
 - a. El primero en la zona del parque de colombiana al lado de la cafetería de tigres.
 - b. El segundo sería al frente de la cueva a la entrada del Zoológico en la zona donde se ubican las mesas.
 - c. El tercero sería en la zona de la ramada al final de la ruta al frente de llamas.

Nota: Los dos tarros de acuario y el tarro gris grande de tigres quedan disponibles.

7.2.3 Sugerencias adicionales

- Ubicar un porta bandejas en la zona de la cueva a la entrada del parque, debido a que se encuentran ubicadas mesas donde generalmente se dejan bandejas, platos y residuos sin recoger.
- Se sugiere hacer la señalización clara de la ruta en la zona de salida de llamas direccionando hacia Dantas, se observó que la mayoría de las personas saltan la

exhibición porque no existe una señalización intermedia, ocasionando que se pierda la visita a las Dantas, Águilas y Tucanes.

- La zona de garzas intrusas es un área descuidada que puede mejorarse con la ubicación de un jardín que le dé a la ruta mayor atractivo, de esta forma se espera que los visitantes puedan apreciar la exhibición sin pasarla desapercibida por ser poco llamativa como sucede actualmente.
- Se requiere una zona de información al frente de la cueva.

7.3 RECOLECCIÓN DE RESIDUOS EN LAS EXHIBICIONES

Con el propósito de plantear una propuesta respecto al manejo de residuos generados dentro de las exhibiciones del Zoológico de Cali, ha sido necesario el desarrollo un trabajo de campo para recolectar la información necesaria que permite caracterizar y cuantificar los residuos obtenidos en cada una de las exhibiciones, teniendo en cuenta la normativa correspondiente y las necesidades específicas del caso.

7.3.1 Recolección de datos y análisis del proceso

Actualmente la recolección de residuos se hace por secciones, en este momento el parque está dividido en 8 secciones. El cuidador encargado de cada sección inicia su labor a las 7 am empezando desde la cocina del parque, donde cada uno recibe las dietas de los animales correspondientes a su sección, para llevarlas en una carretilla a las exhibiciones que componen su ruta.

Además de llevar la comida a cada una de las exhibiciones correspondientes a su sección, cada cuidador realiza las actividades de limpieza y recolección de residuos si es necesario, cabe decir que no existe un protocolo establecido para el manejo de residuos y que además todos los residuos generados se reúnen sin distinción para ser llevados a los contenedores proporcionados por la empresa de aseo que para efectos del presente trabajo, es Ciudad Limpia S.A con la que se cuenta.

A partir de un trabajo de campo se recogió información sobre residuos generados por los distintos animales dentro de la ruta de exhibición del parque con el propósito de caracterizar y cuantificar los residuos sólidos producidos dentro de las exhibiciones. El trabajo de campo se llevó a cabo durante 4 semanas, en las cuales se trabajó en el horario de 6:30 am a 12 m; horario en el cual se hace la recolección de los residuos que dejaron los animales del día anterior. Cada mañana, se realizó la recolección de información trabajando en una sección por día, debido el tiempo que tomaba hacer el recorrido, sumado a la asignación realizada por Gustavo Caicedo, jefe de alimentación y crianza del Zoológico de Cali.

A continuación, en las tablas 8 a 15 están contenidos los datos obtenidos de forma desagregada para cada exhibición:

Tabla 8. Residuos diarios generados en las exhibiciones de la sección 1

| Seccion 1 | Encargado | Residuos generados en las exhibiciones | | | | | |
|-------------------|--------------------------|--|-------|----------|--------|----------|-------------|
| | | Frutas | Hojas | Carnicos | Huesos | Excretas | Concentrado |
| Aviario | Luis Alfonso Martinez | 1,5 | 0,7 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Guacamayos | | 1,6 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Rey de gallinazos | | 0,5 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Águilas | | 0,0 | 0,0 | 0,4 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Cóndores | | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,9 | 0,0 | 0,0 |
| Flamenco | | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 2,4 |
| Aviarios externos | | 0,7 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Biodiversidad | | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 1,2 |
| Danta de Paramo | | 1,7 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 5,7 | 0,0 |
| TOTAL EN KG | | | 6,0 | 0,7 | 0,4 | 0,9 | 5,7 |

Fuente: Elaboración propia

Descripción: Los residuos encontrados en estas exhibiciones fueron relacionados con frutas, entre ellas están banano, peras, papaya, melón y manzanas lo anterior proveniente de las sobras de las dietas de los animales. En cuanto a los residuos cárnicos y huesos, provenientes del rey gallinazo y el cóndor, estos dejan pocos residuos y en el caso de los cóndores en el momento de la toma de datos estos se encontraban en adiestramiento, por lo cual los restos obtenidos solo fueron huesos. Cabe aclarar que los espacios que aparecen en 0 corresponden a residuos que no se producen en las exhibiciones.

Tabla 9. Residuos diarios generados en las exhibiciones de la sección 2

| Sección 2 | Encargado | Residuos generados en las exhibiciones | | | | | |
|--------------|---------------------|--|-------|----------|--------|----------|-------------|
| | | Frutas | Hojas | Cárnicos | Huesos | Excretas | Concentrado |
| Apella | Luis Julián Morales | 0,4 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,1 | 0,0 |
| Mono araña | | 1,5 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,2 | 0,0 |
| Churuco | | 0,1 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,3 | 0,0 |
| Titi ardilla | | 0,1 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Capuchinos | | 0,1 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Albifrons | | 0,1 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Emú | | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 2,2 |
| Aulladores | | 0,3 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Pelicanos | | 0,0 | 0,0 | 0,2 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| TOTAL EN KG | | | 2,6 | 0,0 | 0,2 | 0,0 | 0,6 |

Fuente: Elaboración propia

Descripción: Los residuos encontrados en estas exhibiciones fueron relacionados con cascaras de frutas y tuzas de mazorcas, entre las frutas están banano, papaya, melón, manzana; lo anterior proveniente de las sobras de las dietas de los animales. Algunos de estos animales son omnívoros es decir comen tanto carne como vegetales como lo es el titi ardilla, el capuchino y el albifrons provenientes de pollitos y ratas sin embargo los residuos cárnicos generados en estas exhibiciones son muy pocos.

Tabla 10. Residuos diarios generados en las exhibiciones de la sección 3

| Seccion 3 | Encargado | Residuos generados en las exhibiciones | | | | | |
|--------------|---------------|--|-------|----------|--------|----------|-------------|
| | | Frutas | Hojas | Carnicos | Huesos | Excretas | Concentrado |
| Pitón | Celio Velasco | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Antílopes | | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,1 | 0,0 |
| Tortugario | | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Lobo pollero | | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Anaconda | | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Serpentario | | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Cocodrilos | | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Babillas | | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| TOTAL EN KG | | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,1 | 0,0 |

Fuente: Elaboración propia

Descripción: Los residuos encontrados en estas exhibiciones son muy pocos, debido a que estos animales exceptuando a los antílopes, son alimentados cada 8 días, debido a su tránsito y metabolismo lento, por tanto los residuos generados son escasos, en el caso de los antílopes, estos no dejan comida por ser una manada y son los únicos que generan excretas pero no son muchas.

Tabla 11. Residuos diarios generados en las exhibiciones de la sección 4

| Seccion 4 | Encargado | Residuos generados en las exhibiciones | | | | | |
|-------------------|-----------------|--|-------|----------|--------|----------|-------------|
| | | Frutas | Hojas | Carnicos | Huesos | Excretas | Concentrado |
| Nutrias gigantes | Yeison Quintero | 0,0 | 0,0 | 0,1 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Zorros | | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,3 | 0,0 |
| Dantas terrestres | | 0,9 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,9 | 0,0 |
| Cusumbos | | 0,4 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,2 | 0,0 |
| Garzón soldado | | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| TOTAL EN KG | | 1,3 | 0,0 | 0,1 | 0,0 | 1,4 | 0,0 |

Fuente: Elaboración propia

Descripción: Los residuos encontrados en estas exhibiciones se deben a que estos animales combinan su dieta de vegetales y frutas con cárnicos. Estas sobras de carne y hueso se queman en el horno. Aunque en algunos casos no se pueden obtener debido a que quedan en el hábitat

Tabla 12. Residuos diarios generados en las exhibiciones de la sección 5

| Seccion 5 | Encargado | Residuos generados en las exhibiciones | | | | | |
|----------------|-----------------|--|-------|----------|--------|----------|-------------|
| | | Frutas | Hojas | Carnicos | Huesos | Excretas | Concentrado |
| Llamas | Andrés Carabali | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 22,3 | 1,5 |
| Oso hormiguero | | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,5 |
| Titi bebeleche | | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Titi gris | | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Titi pielroja | | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Titi león | | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Venado manzana | | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,3 |
| Lemures | | 0,3 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Canguros | | 0,3 | 0,2 | 0,0 | 0,0 | 0,2 | 0,0 |
| TOTAL EN KG | | 0,6 | 0,2 | 0,0 | 0,0 | 22,5 | 2,3 |

Fuente: Elaboración propia

Descripción: Los residuos encontrados en estas exhibiciones son residuos de frutas y cascaras. Este proceso de recolección se realiza a diario. Los residuos que se producen son pera, banano, mango, lechuga y acelga; las llamas son los animales que más excretas generan de esta sección debido a que son una manada (18 llamas).

Tabla 13. Residuos diarios generados en las exhibiciones de la sección 6

| Seccion 6 | Encargado | Residuos generados en las exhibiciones | | | | | |
|--------------|-------------------|--|-------|----------|--------|----------|-------------|
| | | Frutas | Hojas | Carnicos | Huesos | Excretas | Concentrado |
| Leones | Juan Carlos Godoy | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 2,3 | 0,0 |
| Papiones | | 0,4 | 0,2 | 0,0 | 0,0 | 1,1 | 0,0 |
| Oso Anteojos | | 0,6 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Pumas | | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 2,6 | 0,5 | 0,0 |
| Pantera | | 0,0 | 1,0 | 0,0 | 0,0 | 0,2 | 0,0 |
| Tigre | | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 1,3 | 1,5 | 0,0 |
| TOTAL EN KG | | 1,0 | 1,2 | 0,0 | 3,9 | 5,6 | 0,0 |

Fuente: Elaboración propia

Descripción: Esta es la sección en donde más residuos cárnicos se pueden presentar. Los residuos cárnicos se recogen en una bolsa junto con las excretas y al igual que los otros son llevados al horno para ser incinerados. Por lo general son los residuos que quedan en los huesos. En el caso de los pumas, ellos excretan en la pileta de su exhibición, por lo que estas son botadas junto con los otros residuos. Los papiones y los osos de anteojos dejan cascaras de banano, sobras de manzanas, peras, entre otras frutas, y residuos de la torta de frutas.

Tabla 14. Residuos diarios generados en las exhibiciones de la sección 7

| Seccion 7 | Encargado | Residuos generados en las exhibiciones | | | | | |
|---------------------|-----------------------|--|-------|----------|--------|----------|-------------|
| | | Frutas | Hojas | Carnicos | Huesos | Excretas | Concentrado |
| Venados cola blanca | José Herly Ramírez | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Oso americano | | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Jaguar | | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,2 | 0,0 |
| Tatabros | | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 7,1 | 0,0 |
| Chigüiros | | 7,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 23,3 | 0,0 |
| TOTAL EN KG | | 7,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 30,6 | 0,0 |

Fuente: Elaboración propia

Descripción: José Herly Ramírez se encarga de barrer la hojarasca de estas exhibiciones 2 veces a la semana (lunes y viernes), esta se usa para otras exhibiciones que demanden su uso o para los jardines del parque. Los residuos vegetales son lechuga, acelga, frutas, tusas de mazorca. Aunque en esta sección se encuentra el Jaguar, este es alimentado con pollo despresado, por lo cual no quedan residuos ni huesos. Algunas veces las excretas de este no pueden ser recogidas, ya que el animal las esconde. Esta es la sección donde más se generan excretas debido a que los tatabros y chigüiros son manadas y en total suman 32 animales.

Tabla 15. Residuos diarios generados en las exhibiciones de la sección 8

| Seccion 8 | Encargado | Residuos generados en las exhibiciones | | | | | |
|--------------|--------------|--|-------|----------|--------|----------|-------------|
| | | Frutas | Hojas | Carnicos | Huesos | Excretas | Concentrado |
| Nutria común | Jose Calzada | 0,0 | 0,0 | 0,1 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Oso pardo | | 0,5 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,5 | 0,0 |
| Cebras | | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Suricatas | | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,1 | 0,0 |
| Avestruz | | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Búhos | | 0,0 | 0,0 | 0,4 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Pacaranas | | 0,8 | 0,9 | 0,0 | 0,0 | 0,6 | 0,0 |
| TOTAL EN KG | | 1,3 | 0,9 | 0,5 | 0,0 | 1,2 | 0,0 |

Fuente: Elaboración propia

Descripción: En esta sección se generan residuos cárnicos de los pescados que dejan las nutrias y de los pollitos que los búhos no consumen. Estos son depositados con los demás residuos encontrados, las excretas son lavadas a diario por lo cual no se deben tirar. Las excretas del oso pardo y las pacaranas son recogidas para ser llevadas a jardinería.

7.3.2 Propuesta para el manejo de residuos generados en las exhibiciones del Zoológico de Cali

De acuerdo con el análisis previo, se obtuvo los resultados consignados en la tabla 16:

Tabla 16. Residuos totales generados en las exhibiciones

| | Residuos totales generados en las exhibiciones | | | | | | |
|----------------|--|-------|----------|--------|----------|-------------|--------|
| | Frutas | Hojas | Carnicos | Huesos | Excretas | Concentrado | Total |
| KG / día | 19,77 | 3 | 1,1 | 4,8 | 67,6 | 8,1 | 104,37 |
| KG/ semana | 138,39 | 21 | 7,7 | 33,6 | 473,2 | 56,7 | 730,59 |
| KG / mes | 593,1 | 90 | 33 | 144 | 2028 | 243 | 3131,1 |
| Porcentaje (%) | 19% | 3% | 1% | 5% | 65% | 8% | 100% |

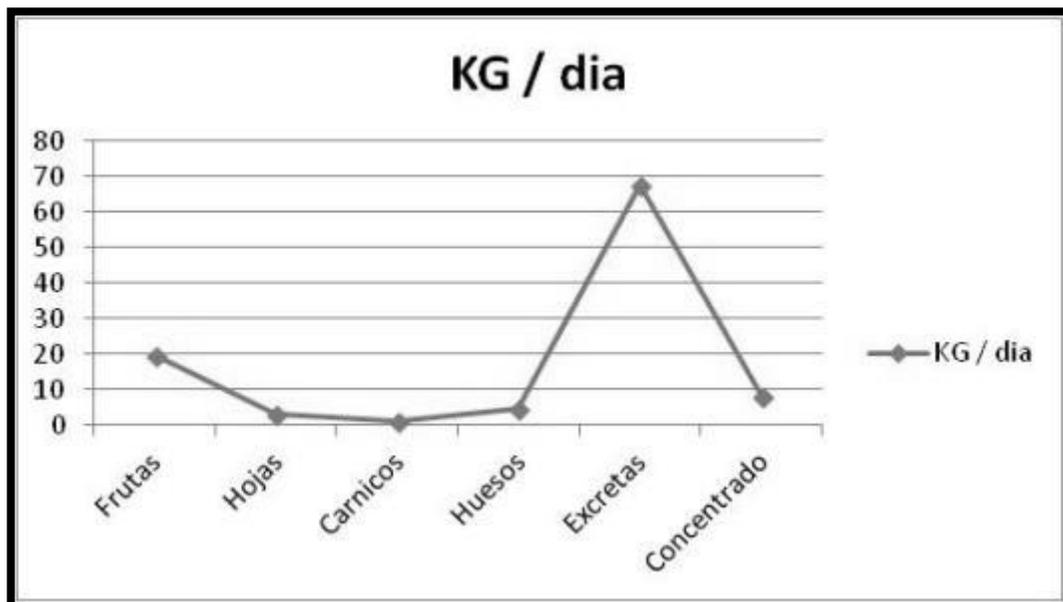
Fuente: Elaboración propia

Como puede observarse en la tabla 16, los residuos generados en las exhibiciones son en su mayoría excretas, que corresponden al 65% del total de los residuos que se generan en esta zona. En la actualidad el Zoológico no cuenta con un procedimiento adecuado para la eliminación de este tipo de residuos, y aunque algunas de las excretas se utilizan en el área de jardinería, la mayor parte se lleva a los contenedores suministrados por la empresa prestadora del servicio de aseo para que sean trasladadas a su disposición final.

De acuerdo con la anterior información se consideran importantes los siguientes aspectos:

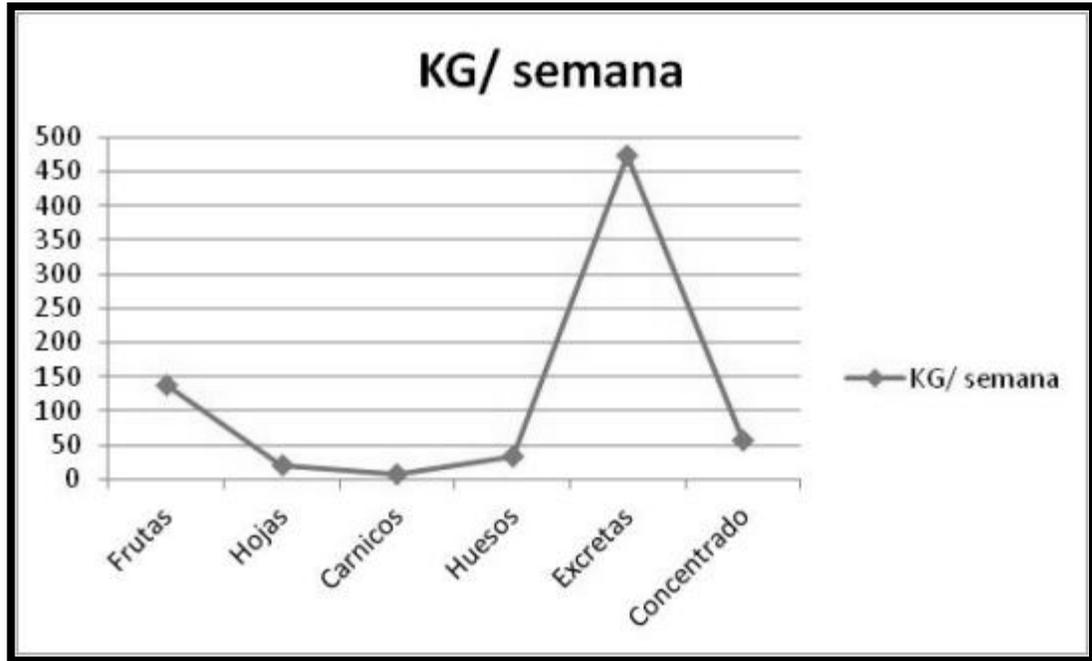
- ✓ Las personas encargadas de hacer la recogida de residuos sólidos en el Zoológico de Cali deben contar obligatoriamente con todos los implementos de seguridad requeridos para la manipulación de los residuos.
- ✓ Teniendo en cuenta que la cantidad mensual de excretas que se recogen es de aproximadamente el 65% de los residuos totales, se debe evaluar la posibilidad de implementar un sistema de Biodigestores. Según la información recogida tan solo el 20 % de los residuos de las exhibiciones son utilizadas para fines de jardinería entre otros, por tanto la propuesta de Biodigestores es una opción viable. A continuación se presentan los gráficos de los residuos generados en las exhibiciones en kilogramos por día, semanal y mensual respectivamente

Gráfico 1. Residuos diarios totales



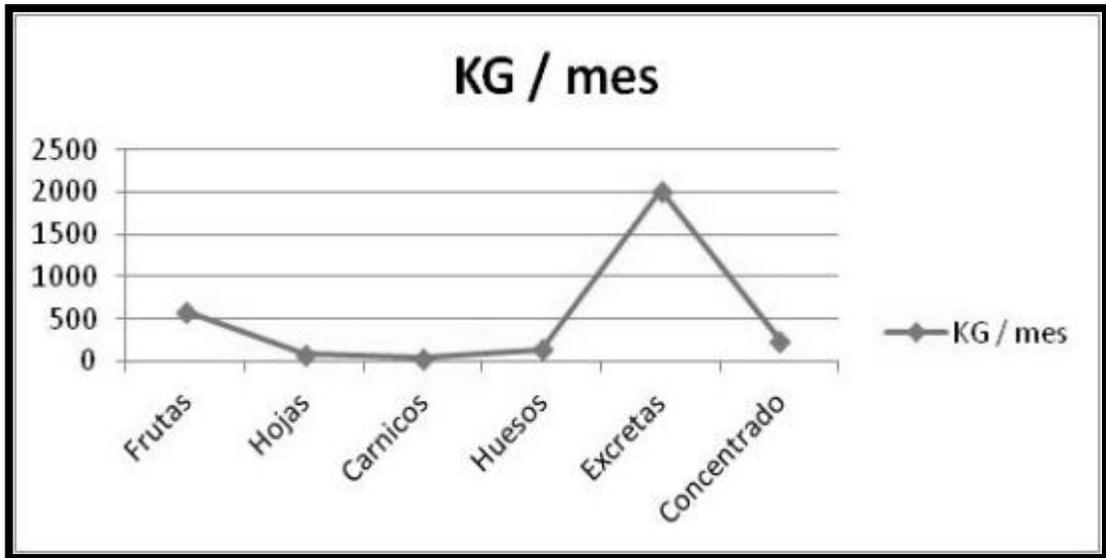
Fuente: Elaboración propia

Gráfico 2. Residuos semanales totales



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 3. Residuos totales mensuales



Fuente: Elaboración propia

En promedio en un mes pueden generarse alrededor de 2000 kilos de excretas animales, y como se mencionó anteriormente solo el 20% es aprovechado, es decir que se aproximadamente 1600 kilos tiene como disposición final el botadero de basura, por lo cual la propuesta de pensar en la creación de un Biodigestor puede ser viable. A continuación se presentan aspectos técnicos importantes para llevar a cabo la creación de un Biodigestor, pero se deja como propuesta para un proyecto de grado futuro, donde se analicen todas las variables de la implementación de un Biodigestor.

Conceptos en el dimensionado de un Biodigestor

Para conocer el volumen del biodigestor no solo se requiere saber la cantidad de excretas sino también la proporción del agua que se debe adicionar para llevar a cabo el proceso de biodigestión (Mezcla de carga diaria) y el % gaseoso que se puede generar a partir de la degradación. Conociendo el volumen total de un Biodigestor se deberá determinar las dimensiones del mismo. Las dimensiones primeras a determinar son la longitud y radio del Biodigestor tubular. A partir de aquí estos volúmenes se trabajaran en metros cúbicos, es decir 1.000 litros equivalen a un metro cubico ($1000 \text{ l} = 1 \text{ m}^3$).

Ancho de rollo y radio de manga

El polietileno tubular se vende en rollos de 50 metros, con un ancho de rollo que varia normalmente entre 1,1.25, 1.75 y 2 metros. Este ancho de rollo equivale a la mitad de la circunferencia total del plástico.

Normalmente este plástico se usa para carpas solares, y de igual manera se vende en su forma tubular. Para su uso se corta en uno de sus pliegues y se abre la manga de plástico para convertirla en una sabana del doble de ancho que el ancho de rollo.

Para la construcción de Biodigestores tubulares, es la forma del plástico, la que permite hacer una cámara hermética si es que se amarra ambos extremos de la manga. El ancho de rollo determina el diámetro y radio del Biodigestor a construir. Según el ancho de los rollos más comunes en el mercado encontramos los parámetros correspondientes como se muestra en la tabla 17.

Volumen de una manga, sección eficaz y longitud

El Biodigestor es una manga de plástico amarrada por ambos extremos a una entrada y una salida. El volumen total de esta manga equivale al volumen de un cilindro (en metros cúbicos) que se calcula multiplicando $\pi \times r^2 \times L$, siendo $\pi = 3.1416$, r el radio del tubo (en metros) y L la longitud del Biodigestor (en metros).

Tabla 17. Parámetros según el ancho del rollo

| Ancho de rollo (m) | Perímetro de la circunferencia (m) | Radio (m) | Diámetro (m) |
|--------------------|------------------------------------|-----------|--------------|
| 1 | 2 | 0.32 | 0.64 |
| 1.25 | 2.5 | 0.40 | 0.80 |
| 1.50 | 3 | 0.48 | 0.96 |
| 1.75 | 3.5 | 0.56 | 1.12 |
| 2 | 4 | 0.64 | 1.28 |

Fuente: Biodigestores Familiares, (Martí, 2008)

Lo normal es primero obtener los resultados de $\pi \times r^2$ (sección eficaz) para cada uno de los anchos de rollos disponibles, para luego con estos valores, estimar la longitud necesaria para alcanzar el volumen total deseado

$$V_{\text{cilindro}} = \pi \times r^2 \times L$$

$$\text{Sección eficaz cilindro} = \pi \times r^2$$

$$\pi = 3.1416$$

$$r = \text{radio del tubo}$$

$$L = \text{longitud del biosigestor}$$

Tabla 18. Sección eficaz según el ancho de rollo

| Ancho de rollo (m) | Sección eficaz ($\pi \times r^2$) (m ²) |
|--------------------|---|
| 1 | 0.32 |
| 1.25 | 0.50 |
| 1.50 | 0.72 |
| 1.75 | 0.97 |
| 2 | 1.27 |

Fuente: Biodigestores Familiares, (Martí, 2008)

Conociendo el volumen total del Biodigestor y las secciones eficaces de los plásticos disponibles (según su ancho de rollo), es fácil determinar la longitud necesaria. Si el volumen del Biodigestor es $\pi \times r^2 \times L$ y conocemos todos los parámetros excepto la longitud, despejando de la anterior fórmula se obtiene: $L = V_t / (\pi \times r^2)$. De esta manera se genera un cuadro en el que se ponen los resultados de la longitud para cada ancho de rollo.

$$L = \frac{V_r}{(\pi \times r^2)}$$

Tabla 19. Longitud del Biodigestor según el ancho de rollo

| Ancho de rollo (m) | Sección eficaz ($\pi \times r^2$) (m ²) | Longitud del biodigestor (m) |
|--------------------|---|------------------------------|
| 1 | 0.32 | $V_t/0.32$ |
| 1.25 | 0.50 | $V_t/0.5$ |
| 1.50 | 0.72 | $V_t/0.72$ |
| 1.75 | 0.97 | $V_t/0.97$ |
| 2 | 1.27 | $V_t/1.27$ |

Fuente: Biodigestores Familiares, (Martí, 2008)

Relación óptima entre longitud y diámetro del Biodigestor

Según lo anterior, se tendrán diferentes posibilidades de longitudes y anchos de rollo para alcanzar el volumen total deseado. Los anchos de rollo más grandes exigirán menor cantidad longitud para alcanzar el volumen deseado. No conviene Biodigestores demasiado cortos ni largos y para ello existe una relación óptima entre el diámetro y la longitud que es 7.

$$\frac{L}{d} = \text{entre 5 a 10 (óptimo de 7)}$$

Tabla 20. Relación óptima entre longitud y diámetro del Biodigestor

| Ancho de rollo (m) | Longitud del biodigestor (m) | Diámetro del biodigestor (m) | L/d (óptimo de 7 en un rango de 5-10) |
|--------------------|------------------------------|------------------------------|---------------------------------------|
| 1 | $V_t/0.32$ | 0.64 | L/d |
| 1.25 | $V_t/0.5$ | 0.80 | L/d |
| 1.50 | $V_t/0.72$ | 0.96 | L/d |
| 1.75 | $V_t/0.97$ | 1.12 | L/d |
| 2 | $V_t/1.27$ | 1.28 | L/d |

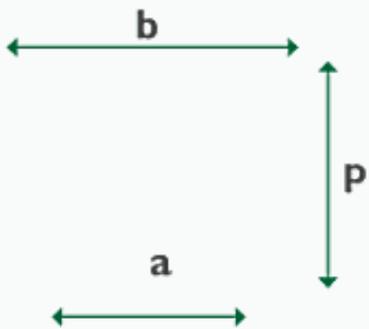
Fuente: Biodigestores Familiares, (Martí, 2008)

De esta manera, calculando la sección eficaz para cada ancho de rollo disponible en el mercado y estimado a partir de esta y del volumen deseado las diferentes longitudes requeridas, se elige el mejor, dimensionando según el criterio de una relación entre la longitud y el radio de 7.

Dimensiones de la zanja del Biodigestor

El diseño final del Biodigestor requiere conocer las dimensiones de la zanja donde se acomodará el plástico tubular. La longitud de la zanja queda determinada por la longitud del Biodigestor y la profundidad y ancho de la misma dependerán del ancho de rollo empleado en la construcción del Biodigestor. De forma general, se puede emplear las siguientes dimensiones para la zanja:

Tabla 21. Dimensiones de la zanja según el Ancho de Rollo (AR)



| Dimensiones de la zanja según el Ancho de Rollo (AR) | | | | | |
|--|-----|------|-----|------|-----|
| AR (m) | 2 | 1.75 | 1.5 | 1.25 | 1 |
| a(m) | 0.7 | 0.6 | 0.5 | 0.4 | 0.3 |
| b(m) | 0.9 | 0.8 | 0.7 | 0.6 | 0.5 |
| p(m) | 1 | 0.9 | 0.8 | 0.7 | 0.6 |

Fuente: Biodigestores Familiares, (Martí, 2008)

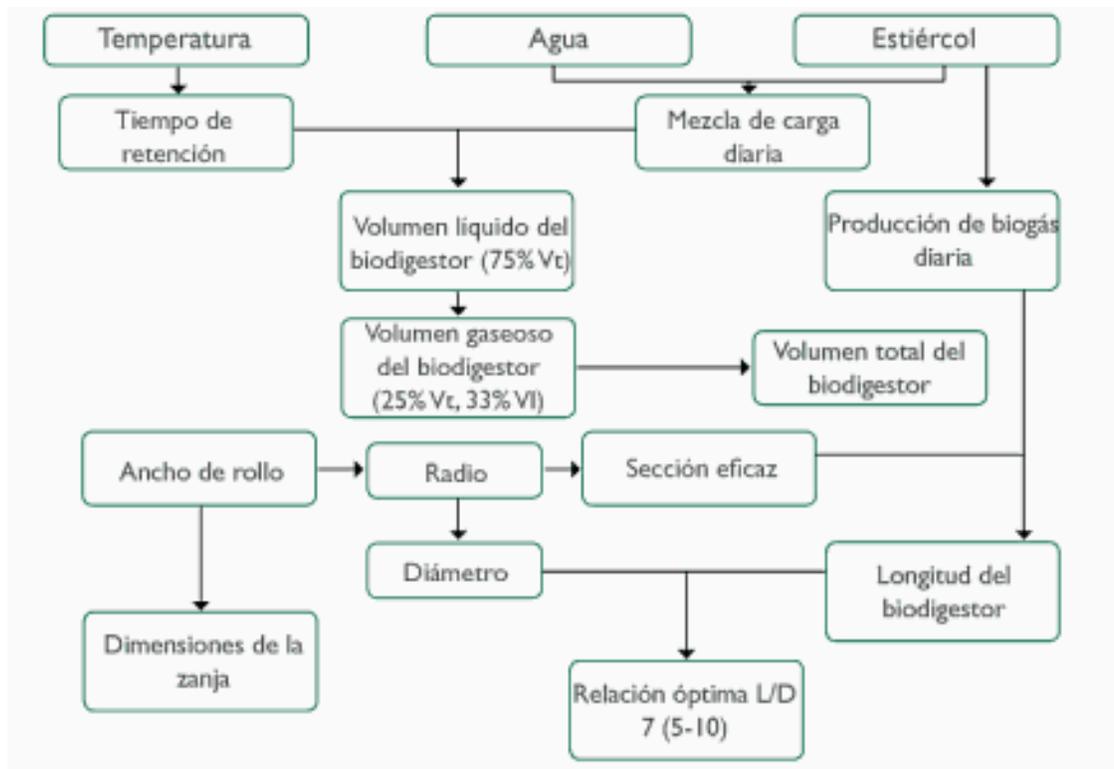
Se debe que considerar que al alojar el Biodigestor en la zanja, las paredes de ésta sustentarán toda la presión del volumen líquido del Biodigestor. La cúpula de biogás estará en la parte superior y ocupará un 25% del volumen total. Si se construye una zanja sin considerar el ancho empleado puede suceder que la cúpula de biogás sea demasiado pequeña o incluso grande. En caso de que la cúpula ocupe más de un 25% del volumen, se estará restando volumen a la fase líquida y por tanto reduciendo el tiempo de retención. El biogás será usado como fuente energética para generar abono con el fin de ser utilizado en las partes donde el área de jardinería lo requiera y disponga.

Equilibrio hidráulico

El Biodigestor tubular es de flujo continuo, y por tanto no es necesario vaciarlo normalmente a lo largo de su vida útil. Se produce un equilibrio hidráulico por el que cada día al realizar la mezcla de carga por la entrada, desplazará el lodo interior, y rebosará por el otro extremo, la salida, la misma cantidad pero del material ya digerido. Por tanto, el rebase o rebose del lodo interior, es definido por la altura de la boca del tubo de salida. Este nivel corresponderá, por tanto con la profundidad de la zanja, para que de esta manera, el lodo en el interior del Biodigestor, alcance dicha altura, y el volumen del líquido estimado corresponda con la realidad. Si la boca de salida está por debajo de la profundidad estimada, estaremos reduciendo la altura del lodo interior (y por tanto reduciendo el volumen del líquido y tiempo de retención). Y si por el contrario la boca de salida se encuentra por encima de la profundidad estimada, estaremos aumentando el volumen líquido, e impidiendo la formación de la cúpula superior que acumula gas.

Esquema de metodología de diseño

Diagrama 5. Esquema de metodología de diseño de un Biodigestor



Fuente: Biodigestores Familiares, (Martí, 2008)

Los fundamentos técnicos descritos anteriormente, fueron basados en la obra del señor Jaime Martí, de su libro Biodigestores familiares citado en la bibliografía de este proyecto.

7.4 DISEÑO UNIDAD DE ALMACENAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS

7.4.1 Disposición actual

En la actualidad en el Zoológico de Cali se cuenta con dos zonas para la recolección de residuos donde son recogidos por la empresa de aseo, para efectos de este proyecto las denominaremos zona I y zona II (ver anexo E). En la zona I se tiene la separación de chatarra, plástico, madera y residuos orgánicos, como se muestra en la ilustración 5, en general los residuos que se llevan a esta zona corresponden a residuos generados por el mantenimiento del Zoológico, por lo cual, se trata de estructuras grandes en varios de los casos. Los residuos orgánicos en la zona I también son los recogidos en las distintas exhibiciones y en algunos de los contenedores de la ruta ecológica. En la zona II, ubicada en los parqueaderos del sector occidente, se cuenta únicamente con dos contenedores de Ciudad Limpia, a los cuales se llevan los residuos acumulados en la mayor parte de los tarros de basura de la ruta ecológica, en las cafeterías y en general los residuos generados en la parte occidente del Zoológico. Los 4 contenedores suministrados por la empresa de aseo (2 en la zona I y 2 en la zona II) tienen aproximadamente 3 m³ de capacidad y sus medidas se presentan en la ilustración 6, se debe resaltar que estos contenedores no se encuentran protegidos del medio ambiente por tanto es común encontrar la presencia de insectos, gallinazos, entre otros.

7.4.2 Unidad de Almacenamiento de Residuos

La Unidad de Almacenamiento de Residuos, UAR, es el lugar donde se van a almacenar los residuos sólidos, clasificados en reciclables y no reciclables, antes de la entrega a la empresa de aseo y a la ruta selectiva que para la fecha de realización del presente documento, está a cargo de la empresa Ciudad Limpia S.A. Si el espacio de la UAR es adecuado y amplio no se requiere la construcción de un centro de clasificación y acopio.

Ilustración 5. Separación de residuos zona I



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 6. Medidas contenedores Ciudad Limpia



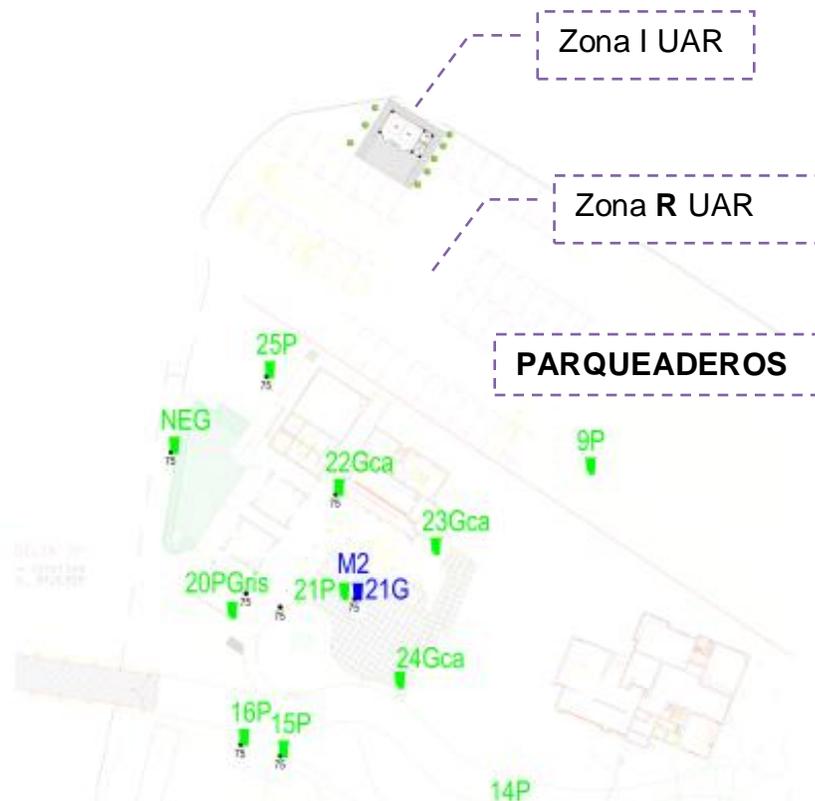
Fuente: Elaboración propia

7.4.3 Localización de la UAR, ubicación de zonas de generación de residuos sólidos y rutas internas de evacuación.

Se debe identificar y ubicar en el plano de la Unidad de Almacenamiento de residuos (UAR) o la zona en la que se almacenan los residuos antes de la entrega a la empresa de aseo o persona que recoge los residuos aprovechables, al igual que las rutas internas de evacuación de los residuos sólidos.

En el Zoológico de Cali, por facilidad y cercanía en la recolección de los residuos se manejan las zonas I y II como se muestran en el anexo E. De igual manera se deben tener en cuenta las disposiciones legales aplicables, en el caso del parque Zoológico es relevante recordar que al encontrarse cerca a un río, es necesario revisar elementos del marco legal como el RAS 2000 que indica la distancia mínima que debe existir entre una UAR y un recurso hídrico. De acuerdo a medidas tomadas del río hasta el parqueadero se obtuvo que la distancia a la cual se encuentran actualmente los contenedores de la zona I es la mínima requerida, por tanto se recomienda ubicar la UAR en esta misma zona o en la zona R, ya que de esta manera se podría contar con mayor holgura sobre la norma. (ver ilustración 7)

Ilustración 7. Ubicación UAR



Fuente: Elaboración propia

7.4.4 Construcción de la Unidad de Almacenamiento de Residuos, -UAR-

La administración del Zoológico de Cali debe construir o adecuar la Unidad de Almacenamiento (UAR) de forma que permita almacenar técnicamente los residuos sólidos clasificados en reciclables y no reciclables, para lo cual deben aplicar lo establecido en el decreto 1140 de Mayo 7 de 2003, emitido por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, por el cual se modifica el decreto 1713 de 2002, en relación con el tema de las unidades de almacenamiento, y se dictan otras disposiciones. Este decreto establece las siguientes características que deben cumplir las UAR:

- Los acabados deberán permitir su fácil limpieza e impedir la formación de ambientes propicios para el desarrollo de microorganismos en general.

- Tendrán sistemas que permitan la ventilación como rejillas o ventanas; y de prevención y control de incendios, como extintores y suministro cercano de agua y drenaje.
- Serán construidas de manera que se evite el acceso y proliferación de insectos, roedores y otras clases de vectores e impida el ingreso de animales domésticos.
- Deberán tener una adecuada accesibilidad para los usuarios.
- La ubicación del sitio no debe causar molestias e impactos a la comunidad.
- Deberán contar con cajas de almacenamientos de residuos sólidos para realizar su adecuada presentación.

Igualmente, este artículo en su Parágrafo 1° ordena: “Las unidades de almacenamiento serán aseadas, fumigadas y desinfectadas por el usuario, con la regularidad que exige la naturaleza de la actividad que en ellas se desarrolla de conformidad con los requisitos y normas establecidas”. En su parágrafo 2° establece “ En las zonas en que se desarrollen programas de recuperación, las áreas a las que se refiere este artículo deberán disponer de espacio suficiente para realizar el almacenamiento selectivo de los materiales, los cuales deben ser separados en la fuente para evitar el deterioro y contaminación conforme a lo determinado en el manual de aprovechamiento elaborado por la persona prestadora del servicio de aseo en desarrollo del plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos. Las unidades de almacenamiento de residuos (UAR) deben contar con las dimensiones mínimas requeridas y cumplir con lo establecido en la norma:

Área Mínima: el área mínima se determina mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Área} = 4m^2 + \frac{(Gt - 1.0m^3)}{(0.15m^3)} 1m^2$$

Debe tenerse en cuenta que la generación total (Gt) debe ser dividida entre la frecuencia de recolección por parte de la ESP y la ruta selectiva.

De acuerdo con el diagnóstico hecho sobre la situación actual de la recolección de residuos en las zonas I y II mencionadas anteriormente y teniendo en cuenta la normativa de residuos, se sugiere que en la zona I, debido a la dificultad de acopio y a la cantidad de residuos de madera, chatarra y plásticos, se evaluó la posibilidad de la adecuación a mediano plazo de la zona actual con el propósito de evitar la aparición de vectores, roedores, entre otros propiciados por el mal manejo de los residuos. Se considera que para estos residuos es posible organizar el área de manera similar a la actual, pero incluyendo una estructura que los proteja del medio ambiente.

Por otra parte se considera fundamental la construcción de al menos una UAR en la cuál sea posible ubicar como mínimo dos de los contenedores suministrados por la empresa de aseo, para el presente trabajo se realiza una propuesta sobre la construcción de la Unidad de Almacenamiento de Residuos correspondiente a la zona II, esta UAR puede ser adaptada para la ubicación de los dos contenedores de la zona I.

De acuerdo con la información suministrada por la factura de aseo del Zoológico de Cali en el anexo F, el promedio de residuos recogidos por la empresa (ver tabla 22) es de $59,75 \text{ m}^3$ mensuales, teniendo en cuenta que la frecuencia de recolección es de 3 veces por semana y que se puede hacer una aproximación a que la mitad de los residuos se recogen en cada zona, la generación total es de:

$$Gt = \frac{59,75 \text{ m}^3}{3 \frac{\text{veces}}{\text{semana}} * 4 \text{semanas} * 2 \text{zonas}} = \frac{2,5 \text{ m}^3}{\text{veces} * \text{zona}}$$

Luego el área mínima de la UAR debe ser de:

$$\text{Area} = 4 \text{m}^2 + \frac{(Gt - 1.0 \text{m}^3)}{(0.15 \text{m}^3)} 1 \text{m}^2$$

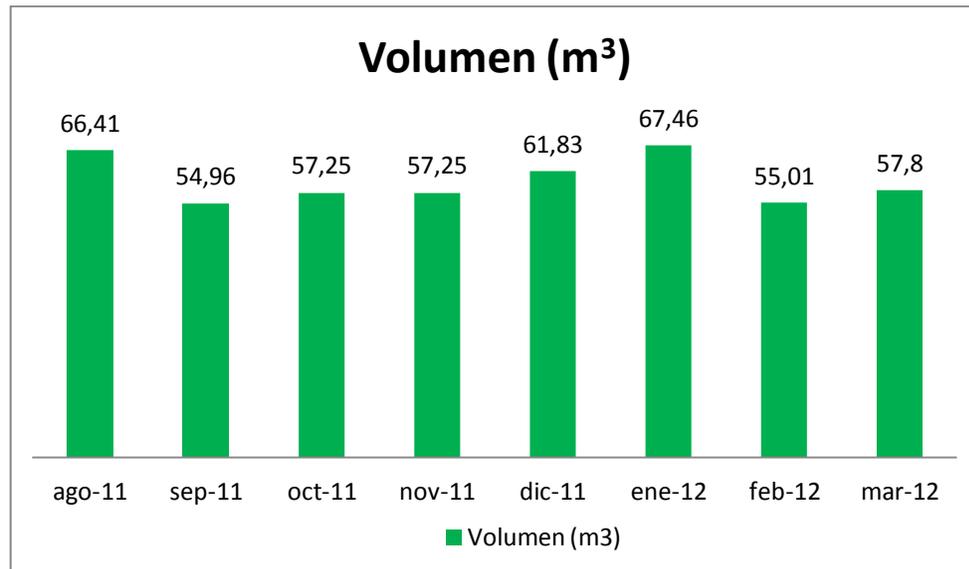
$$\text{Reemplazando, } \text{Area} = 4 \text{m}^2 + \frac{(2,5 \text{m}^3 - 1.0 \text{m}^3)}{(0.15 \text{m}^3)} 1 \text{m}^2 = 13,9 \text{m}^2$$

Tabla 22. Volumen de residuos mensuales recogidos por la empresa de aseo

| Mes | 2011 | | | | | 2012 | | | Promedio |
|--------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|----------|
| | ago-11 | sep-11 | oct-11 | nov-11 | dic-11 | ene-12 | feb-12 | mar-12 | |
| Volumen (m^3) | 66,41 | 54,96 | 57,25 | 57,25 | 61,83 | 67,46 | 55,01 | 57,8 | 59,75 |

Fuente: Administración Zoológico de Cali

Gráfico 4. Volumen de residuos mensuales recogidos por la empresa de aseo



Fuente: Administración Zoológico de Cali

Teniendo en cuenta el área mínima requerida para la UAR, las características que deben cumplir las UAR y la disponibilidad de los contenedores actuales en el Zoológico, se ha propuesto el diseño de una UAR para la zona II que permita contener dos recipientes de ciudad limpia con el propósito de mejorar el sistema de recolección y manejo de los residuos, de esta manera se proponen los planos de planta arquitectónica (Anexo F), planta eléctrica (Anexo G) y planta hidráulica (Anexo H) para la UAR. Como puede observarse en los planos en los contenedores se pueden disponer los residuos orgánicos, sin embargo al implementar el Plan de Gestión Integral de Residuos se espera que al comenzar a hacer la separación en la fuente después de la reubicación de contenedores, se disponga uno de los contenedores únicamente para residuos reciclables y el otro para residuos orgánicos.

Con propósitos ilustrativos, se presenta también un diseño 3D elaborado con el software google Sketchup a fin de visualizar con mayor claridad la propuesta de diseño de la Unidad de Almacenamiento de residuos, el diseño 3D se presenta un modelo con vidrios para la iluminación en la zona de materiales y persianas para

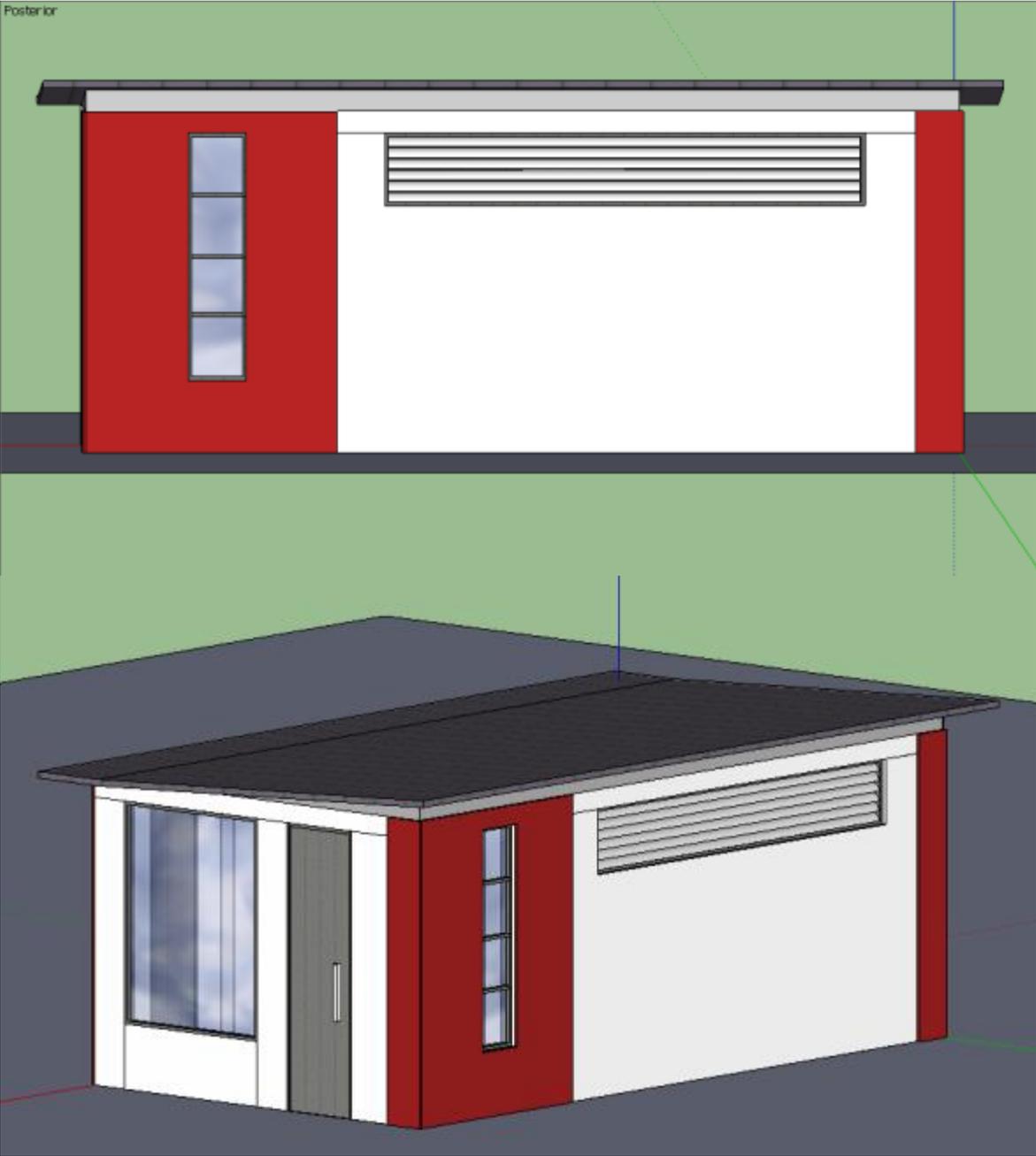
mejor ventilación en la zona de residuos. A continuación se presentan las vistas de la UAR propuesta en 3D.

Ilustración 8. Vistas frontal y en perspectiva diseño UAR 3D



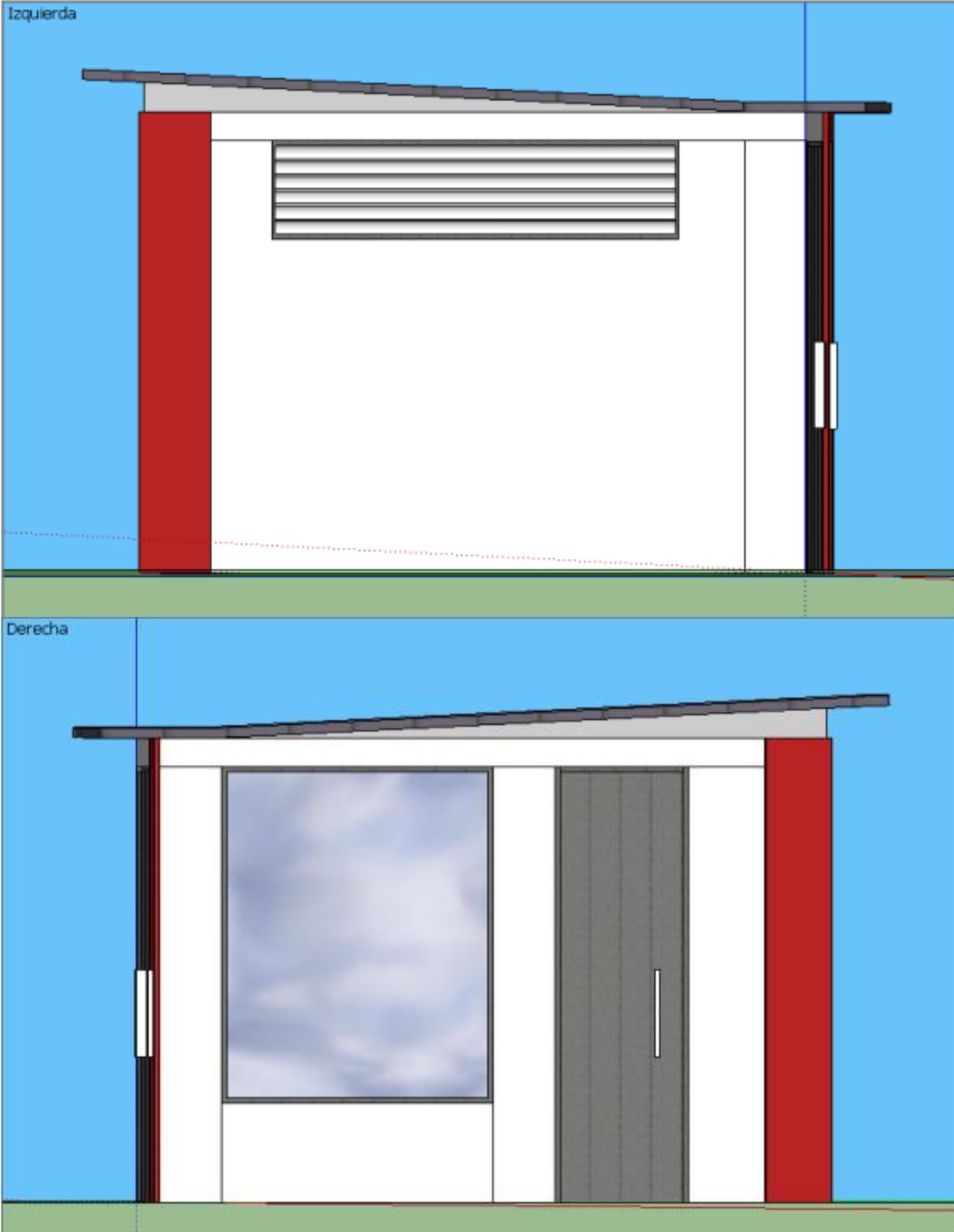
Fuente: Elaboración propia

Ilustración 9. Vista posterior y perspectiva posterior diseño UAR 3D



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 10. Vistas lateral izquierda y derecha diseño UAR 3D



Fuente: Elaboración propia

La propuesta que se hace es una propuesta inicial que puede cumplirse con un presupuesto mínimo y permite la generación de un cambio significativo, sin embargo, dado el presupuesto asignado para el proyecto , es posible proponer una UAR que permita tener la separación da cada tipo de residuo, se recomienda esta opción para la zona I de recolección.

8. CONCLUSIONES

- Se realizó una propuesta donde estaban contenidos varios puntos, entre los cuales se encuentran comprendidos la reubicación y pintura de algunos tarros contenedores de residuos, buscando así, tener los dos colores correspondientes al programa PGIRS, es decir, contenedores de color azul para depositar papel, cartón, plástico, vidrio y metales. Por otro lado está el color verde, para depositar todos aquellos residuos no especificados en el contenedor azul. La propuesta pretende convertir varios tarros contenedores de la ruta de exhibiciones al color azul, para así ayudar a los visitantes y trabajadores del zoológico, a depositar los envases plásticos en los recipientes de color azul, para una separación en la fuente adecuada y acorde al PGIRS. Las nuevas ubicaciones de los contenedores quedaron especificadas en la elaboración de un nuevo plano elaborado en el programa Autocad que contiene los nuevos lugares dentro de la ruta de exhibiciones en el programa.
- se creó y diseñó una propuesta de dos unidades de almacenamiento de residuos ya que actualmente el Zoológico de Cali no cuenta con una unidad de almacenamiento de residuos. La primera unidad estaría una ubicada en los parqueaderos del Zoológico de Cali, la otra en la parte superior, ubicada en la parte posterior del centro de atención a la fauna (CAF), donde son llevados los residuos generados en las exhibiciones del parque. La propuesta está fundamentada en decretos, normas y estatutos como por ejemplo el RAS 2000, que especifica detalles técnicos con relación al tratamiento de aguas. La invitación de la creación de las unidades, evalúa la ubicación de estos módulos de almacenamiento de residuos, de acuerdo a los decretos y normas expedidos para el país de Colombia, las especificaciones técnicas (agua, eléctricas, ventilación entre otras) requeridas para cumplir con las normas técnicas colombianas, y con el fin de seguir aportándole a los cambios graduales para el mejoramiento del parque. Se presentó un modelo a escala en tercera dimensión de la unidad de almacenamiento elaborado en el programa google sketchup y los planos de la UAR propuesta
- Se planteó una propuesta de la creación de un Biodigestor, debido a que solo el 20% de las excretas generadas en todas las exhibiciones del Zoológico de Cali, son aprovechadas en jardinería, el resto es entregado a la empresa de servicio público que le da una disposición final. En la propuesta de creación de un Biodigestor, se especifican detalles técnicos importantes en el momento de planeación, pasos a seguir y factores externos que influyen para un correcto funcionamiento, ubicación y creación de este.

BIBLIOGRAFÍA

ALCALDIA DE SANTIAGO DE CALI. Instrumentos de aplicación del PGIRS [en línea]. <<http://www.Cali.gov.co/juridica/publicaciones.php?id=32756>> [citado en 25 de octubre de 2011]

ALCALDIA DE SANTIAGO DE CALI. Lineamientos de separación en la fuente en Santiago de Cali [en línea]. <<http://www.Cali.gov.co/juridica/publicaciones.php?id=32747>> [citado en 23 de octubre de 2011]

ALCALDIA DE SANTIAGO DE CALI. Manual implementación de sistemas de gestión integral de residuos sólidos en centros comerciales, supermercados y almacenes de cadena. Santiago de Cali, 2008

ALCALDIA DE SANTIAGO DE CALI. Manual de implementación de sistemas de gestión integral de residuos sólidos en eventos masivos. Santiago de Cali, 2008

ALCALDIA DE SANTIAGO DE CALI. Manual programa de gestión integral de residuos sólidos en entidades públicas “Empezando por Casa”. Santiago de Cali, 2008

ALCALDIA DE SANTIAGO DE CALI. Manual programa de gestión integral de residuos sólidos en instituciones educativas. Santiago de Cali, 2008

ALCALDIA DE SANTIAGO DE CALI. Plan de gestión integral de residuos sólidos PGIRS [en línea]. <<http://www.Cali.gov.co/juridica/publicaciones.php?id=32970>> [citado en 10 de octubre de 2011]

ALCALDIA DE SANTIAGO DE CALI. ¿Qué es el PGIRS? [en línea]. <<http://www.Cali.gov.co/juridica/publicaciones.php?id=32645>> [citado en 24 de octubre de 2011]

DAVIS, Mackenzie L, et al. Ingeniería y ciencias ambientales. México, McGraw-Hill, Interamericana Editores, 2005.

CHÁVEZ Renato, CARTOLIN Rafael, VILLANUEVA Reynaldo, CERVANTES William. Biodigestores y el protocolo de Kyoto. Perú, Editorial Lima, 2007

LÓPEZ MACIAS, Piedad. Compostaje de residuos orgánicos. Cali: Universidad del Valle. Facultad de Ingeniería, 2002

MARTÍ herrero, Jaime. BIODIGESTORES FAMILIARES: Guía de diseño y manual de instalación. Bolivia, GTZ- Energía, 2008

MONTES PONCE DE LEÓN, Julio. Medio Ambiente y Desarrollo Sostenido. Universidad Pontificia Comillas, España, 2001.

PRIETO BOLÍVAR, Carlos Jaime. Basuras: manejo y transformación, práctico-económico. Bogotá: Ecoe Ediciones, 2003.

TCHOBANOGLIOUS, George, THIESEN, Hilary y VIGIL, Samuel. Gestión Integral de Residuos Sólidos. España, McGraw Hill, 1998. Vol. I.

TRUINI, Joe. Zoos learn the benefits of recycling, composting. En: Waste & Recycling News. Detroit, MI. 23, October, 2000. Vol. 6, No 22, p.24.

ANEXOS

ANEXO A. MATRIZ DE MARCO LÓGICO

| | RESUMEN | INDICADORES | MEDIO DE VERIFICACIÓN | SUPUESTOS |
|------------------------------|---|---|--|-----------|
| OBJETIVO GENERAL | Contribuir con la implementación del PGIRS, de acuerdo a las regulaciones establecidas por el gobierno de la republica de Colombia. | | | |
| OBJETIVO DEL PROYECTO | Elaborar un estudio del manejo de residuos en la zona de exhibiciones en el Zoológico de Cali que ayude a implementar mejoras graduales en los procesos involucrados en la gestión de residuos. | Porcentaje de cumplimiento del proyecto | Entregas realizadas. Reuniones con los tutores. Correcciones hechas por los tutores. | |
| OBJETIVO ESPECÍFICO 1 | Elaborar un plan para la implementación de un PGIRS en las zonas de exhibiciones del Zoológico de Cali. | Completo para 11 de Agosto de 2011 | | |
| ACTIVIDAD 1.1 | Contextualización de la gestión de residuos actual en el Zoológico de Cali. | Completo para 18 de Agosto de 2011 | | |
| ACTIVIDAD 1.2 | Analizar los procesos y procedimientos que se llevan a cabo en la gestión de | Completo para 25 de Agosto de 2011 | | |

| | | | | |
|------------------------------|--|-------------------------------------|---|--|
| | residuos dentro del parque. | | | |
| ACTIVIDAD 1.3 | Identificar las posibles mejoras y la ejecución de un PGIRS para la ruta ecológica. | Completo para 28 de Agosto de 2011 | | |
| OBJETIVO ESPECÍFICO 2 | Contribuir en la realización de cambios graduales en el proceso de gestión de residuos en la zona de exhibición del Zoológico de acuerdo a la regulación expedida por el gobierno de Colombia. | Completo para 18 de Abril de 2012 | | |
| ACTIVIDAD 2.1 | Estudiar y conocer toda la normativa referente al PGIRS | | | |
| ACTIVIDAD 2.2 | Identificar las normativas específicas aplicables a la gestión de residuos en la ruta ecológica del Zoológico. | Completo para 25 de Agosto de 2011 | | |
| ACTIVIDAD 2.3 | Estudiar el decreto “ Ras 200” y aquellos pertinentes para la creación de una UAR (Unidad de Almacenamiento de Residuos) | Completo para 21 de Febrero de 2012 | | |
| ACTIVIDAD 2.4 | Plantear una propuesta de PGIRS adecuada a los requerimientos del parque aplicando las normativas estudiadas y evaluadas. | | | |
| ACTIVIDAD 2.5 | Verificación del estado actual de los contenedores de basura dentro del parque | Completo para 21 de Octubre de 2011 | Chequeo de unidades, y registro de trabajo de campo realizado | |

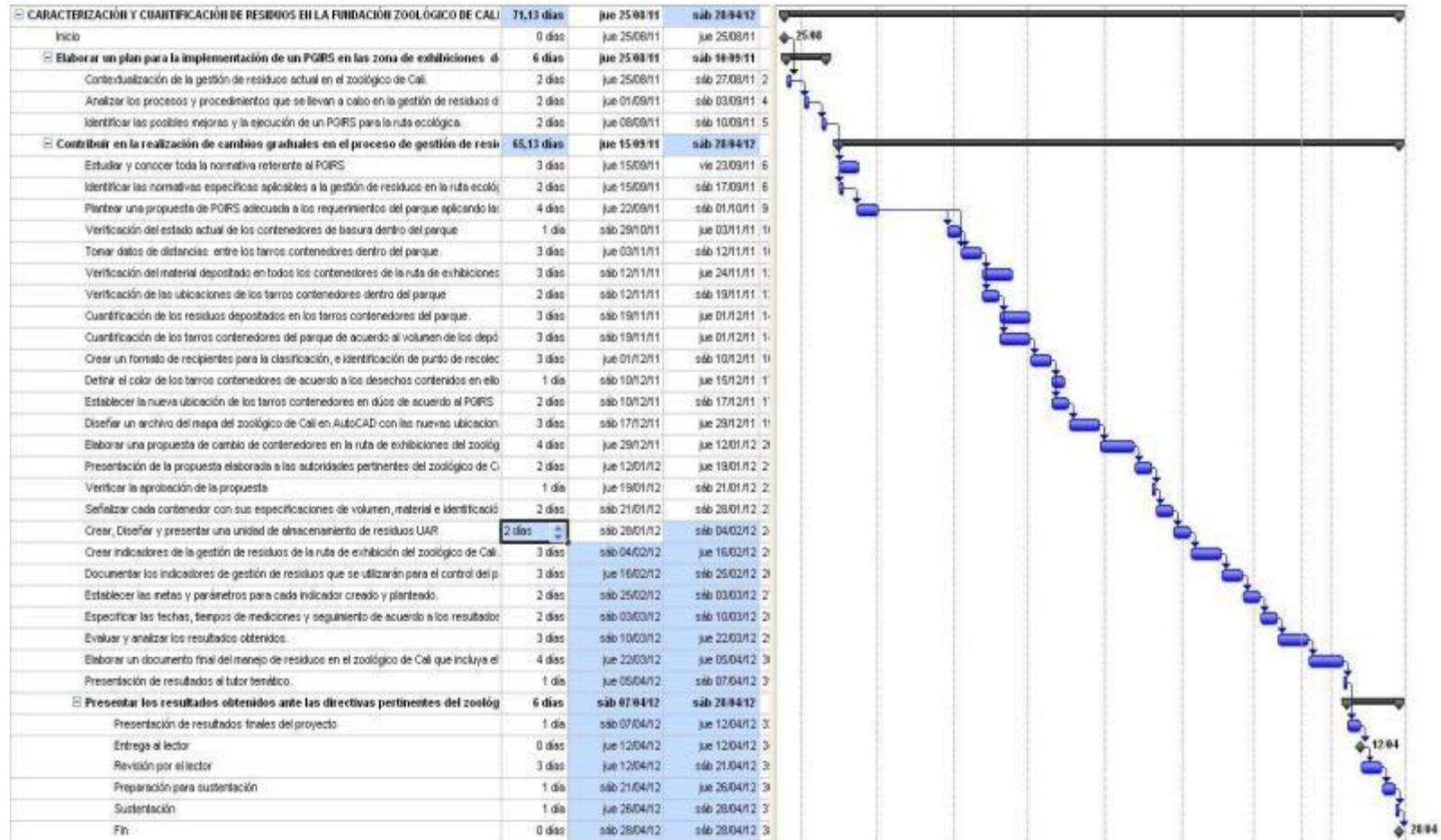
| | | | | |
|-----------------------|--|-------------------------------------|---|--|
| ACTIVIDAD 2.6 | Tomar datos de distancias entre los tarros contenedores dentro del parque. | Completo para 22 de Octubre de 2011 | Registro de trabajo de campo realizado | |
| ACTIVIDAD 2.7 | Verificación del material depositado en todos los contenedores de la ruta de exhibiciones del Zoológico. | Completo para 24 de Octubre de 2011 | Registro de trabajo de campo realizado | |
| ACTIVIDAD 2.8 | Verificación de las ubicaciones de los tarros contenedores dentro del parque | Completo para 24 de Octubre de 2011 | Registro de trabajo de campo realizado | |
| ACTIVIDAD 2.9 | Cuantificación de los residuos depositados en los tarros contenedores del parque. | Completo para 27 de Octubre de 2011 | Archivo ó formato de registro | |
| ACTIVIDAD 2.10 | Cuantificación de los tarros contenedores del parque de acuerdo al volumen de los depósitos contenidos en ellos. | | Archivo ó formato de registro | |
| ACTIVIDAD 2.11 | Crear un formato de recipientes para la clasificación, e identificación de punto de recolección de residuos y su uso | Completo para 27 de Octubre de 2011 | Archivo ó formato de registro | |
| ACTIVIDAD 2.12 | Definir el color de los tarros contenedores de acuerdo a los desechos contenidos en ellos. | | Archivo y formato en hoja de cálculo realizado. | |
| ACTIVIDAD 2.13 | Establecer la nueva ubicación de los tarros contenedores en dúos de acuerdo al PGIRS | | Archivo ó formato de registro | |
| ACTIVIDAD 2.14 | Diseñar un archivo del mapa del Zoológico de Cali en AutoCAD con las nuevas | Completo para 27 de Octubre de 2011 | Archivo realizado en el programa AutoCAD | |

| | | | | |
|----------------|---|---|--|--|
| | ubicaciones de los tarros contenedores. | | | |
| ACTIVIDAD 2.15 | Elaborar una propuesta de cambio de contenedores en la ruta de exhibiciones del Zoológico de Cali. | Completo para 27 de Octubre de 2011 | Archivo y formato en hoja de cálculo realizado. | |
| ACTIVIDAD 2.16 | Verificar la aprobación de la propuesta | | Propuesta presentada y en plan de ejecución | |
| ACTIVIDAD 2.17 | Señalar cada contenedor con sus especificaciones de volumen, material e identificación de material. | | Verificar la información en cada contenedor dentro de la ruta de exhibición | |
| ACTIVIDAD 2.18 | Crear indicadores de la gestión de residuos de la ruta de exhibición del Zoológico de Cali. | | Verificar que los indicadores planteados sean acordes a la medición que se necesita. | |
| ACTIVIDAD 2.19 | Documentar los indicadores de gestión de residuos que se utilizarán para el control del proceso | | Archivo realizado | |
| ACTIVIDAD 2.20 | Establecer las metas y parámetros para cada indicador creado y planteado. | | Archivo y formato de registro | |
| ACTIVIDAD 2.21 | Especificar las fechas, tiempos de mediciones y seguimiento como medio de verificación. | | | Las personas encargadas con esta función dentro del parque, cumplan con el cronograma. |
| ACTIVIDAD 2.22 | Diseñar los formatos requeridos para la toma de datos necesarios para medir los indicadores propuestos. | Realizar los formatos en hojas de cálculo con las instrucciones | Archivo y formato de registro | |

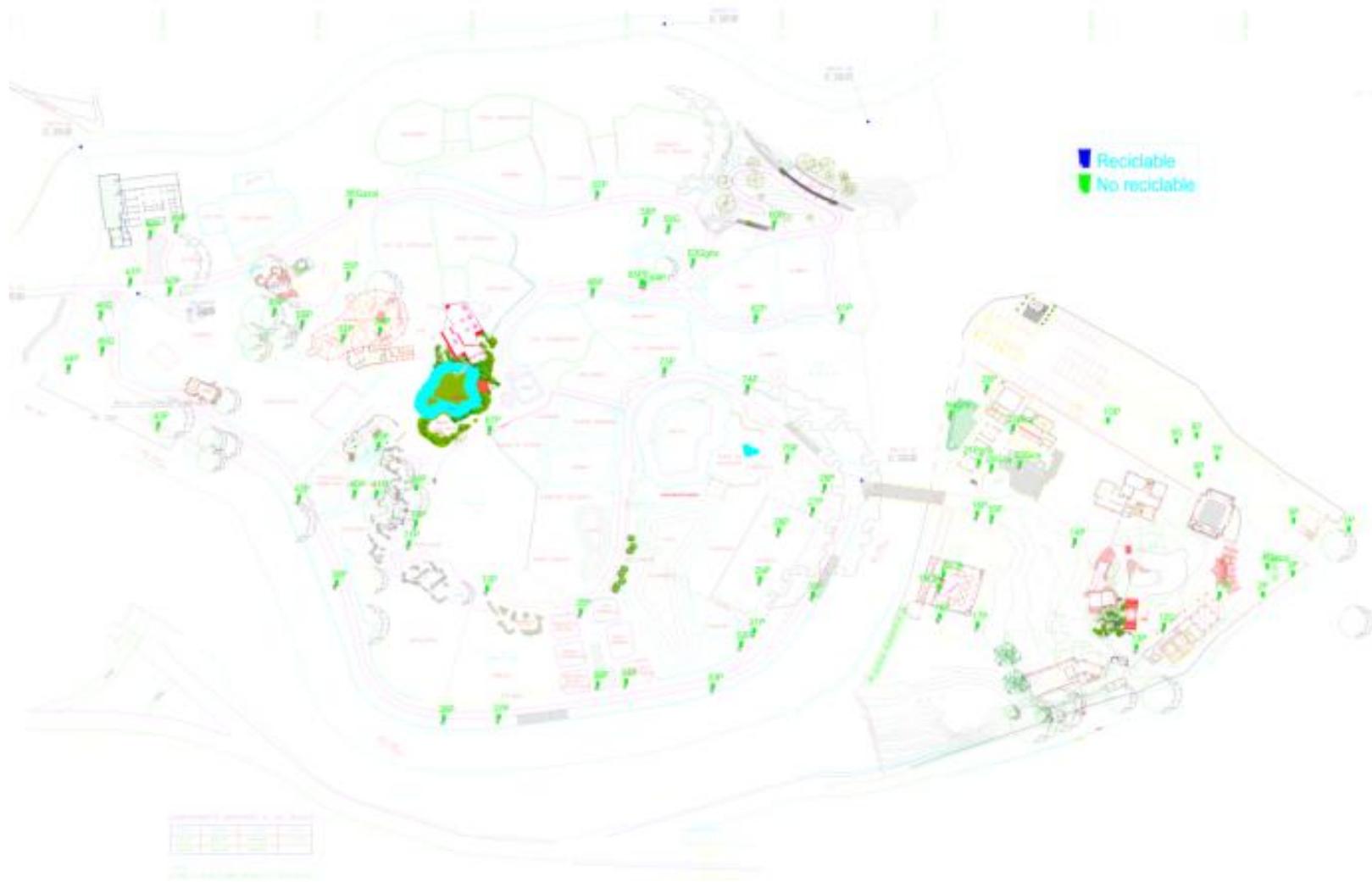
| | | | | |
|----------------|---|-----------------------------------|--|--|
| | | necesarias. | | |
| ACTIVIDAD 2.23 | Elaborar un estudio sobre la gestión de residuos dentro de las distintas exhibiciones y documentarlo. | | Archivo y documento hecho | |
| ACTIVIDAD 2.24 | Desarrollar una propuesta para la gestión de los residuos generados en las exhibiciones. | | | |
| ACTIVIDAD 2.25 | Estudiar las posibles ubicaciones de la UAR (Unidad de Almacenamiento de Residuos) dentro del parque, de acuerdo a el decreto "RAS 2000" | | | |
| ACTIVIDAD 2.26 | Tomar las distancias y medidas necesarias para determinar la ubicación adecuada de acuerdo a los decretos estudiados y estipulados por el gobierno de Colombia. | Completo para 30 de Marzo de 2011 | | |
| ACTIVIDAD 2.27 | Diseñar la UAR con las especificaciones requeridas para su correcto funcionamiento y manejo. | | | |
| ACTIVIDAD 2.28 | Elaborar un archivo en el programa Sketchup de la unidad de almacenamiento de residuos (UAR) con sus cotas y dimensiones especificadas | | Aprobación de diseño por parte del tutor temático y el arquitecto del Zoológico de Cali. | |
| ACTIVIDAD 2.29 | Elaborar un documento final del manejo de residuos en el | | Modificaciones Archivo realizado. | |

| | | | | |
|-----------------------|--|---|---|---|
| | Zoológico de Cali que incluya el manejo de residuos orgánicos e inorgánicos. | | | |
| ACTIVIDAD 2.30 | Presentación de resultados al tutor temático. | Presentación de los resultados arrojados por el proyecto al tutor temático. | | Se presentarán los resultados y conclusiones al tutor antes de ser presentados en el Zoológico de Cali. |
| OBJETIVO ESPECÍFICO 3 | Presentar los resultados obtenidos ante las directivas pertinentes del Zoológico de Cali. | | | |
| ACTIVIDAD 3.1 | Presentación de la propuesta de reubicación de contenedores elaborada a las autoridades pertinentes del Zoológico de Cali. | Presentación realizada para 31 de Octubre de 2011 | Archivo ó formato de registro | |
| ACTIVIDAD 3.2 | Presentación de resultados finales del proyecto | Presentación realizada a las autoridades pertinentes del Zoológico de Cali. | Archivo en Microsoft word y presentación en ppt de los resultados | |

ANEXO B. CRONOGRAMA



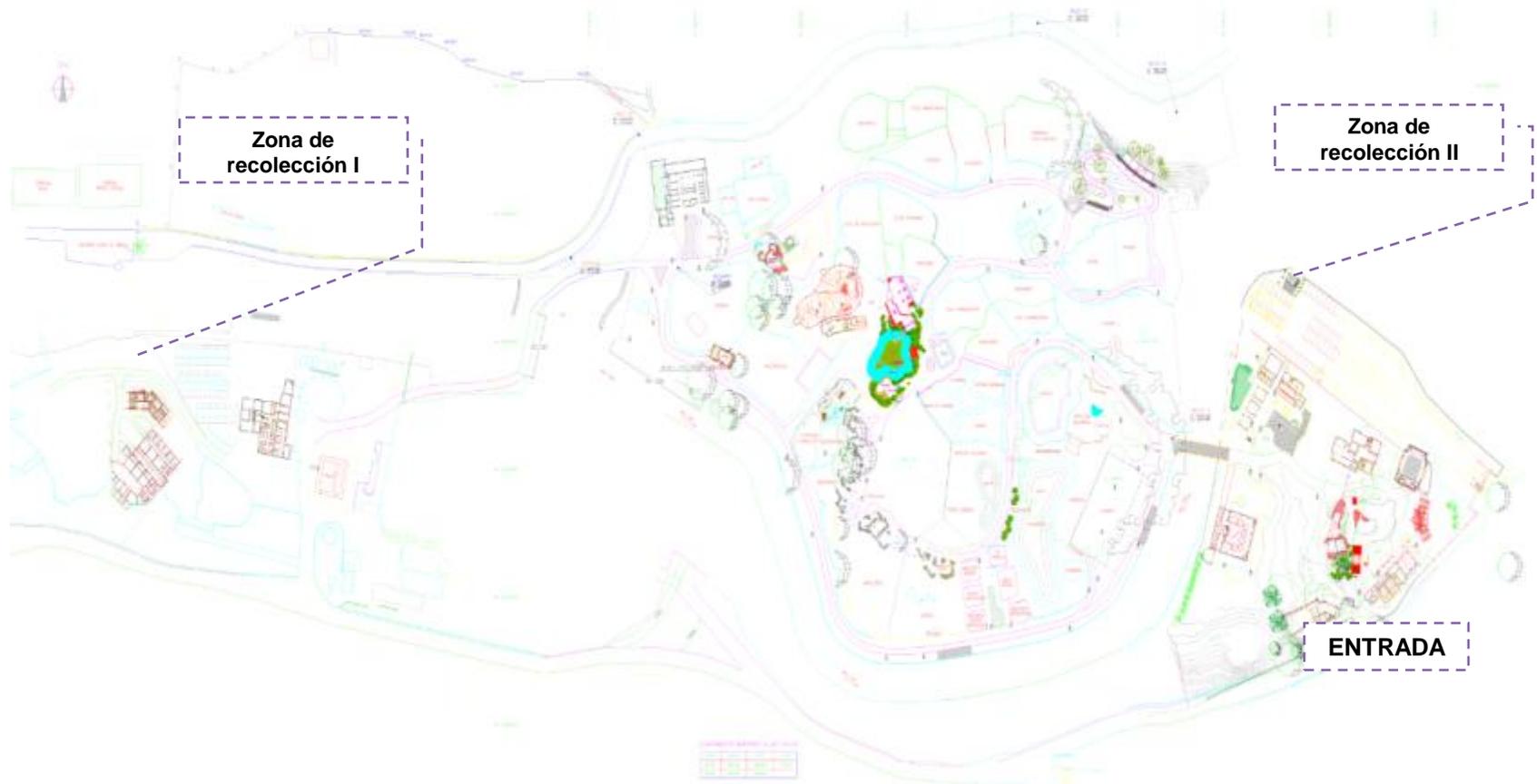
ANEXO C. UBICACIÓN INICIAL DE CONTENEDORES



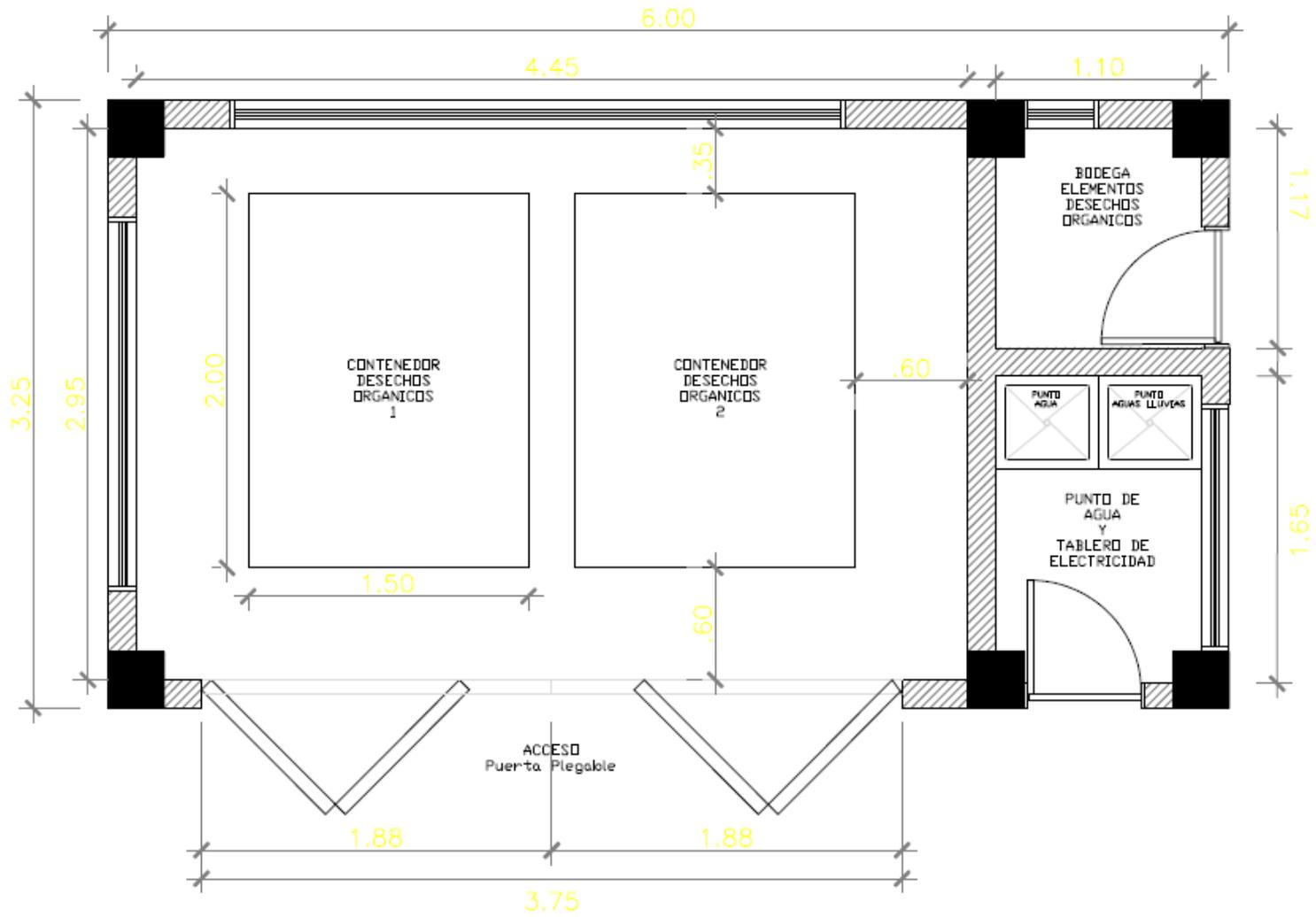
ANEXO D. REUBICACIÓN DE CONTENEDORES



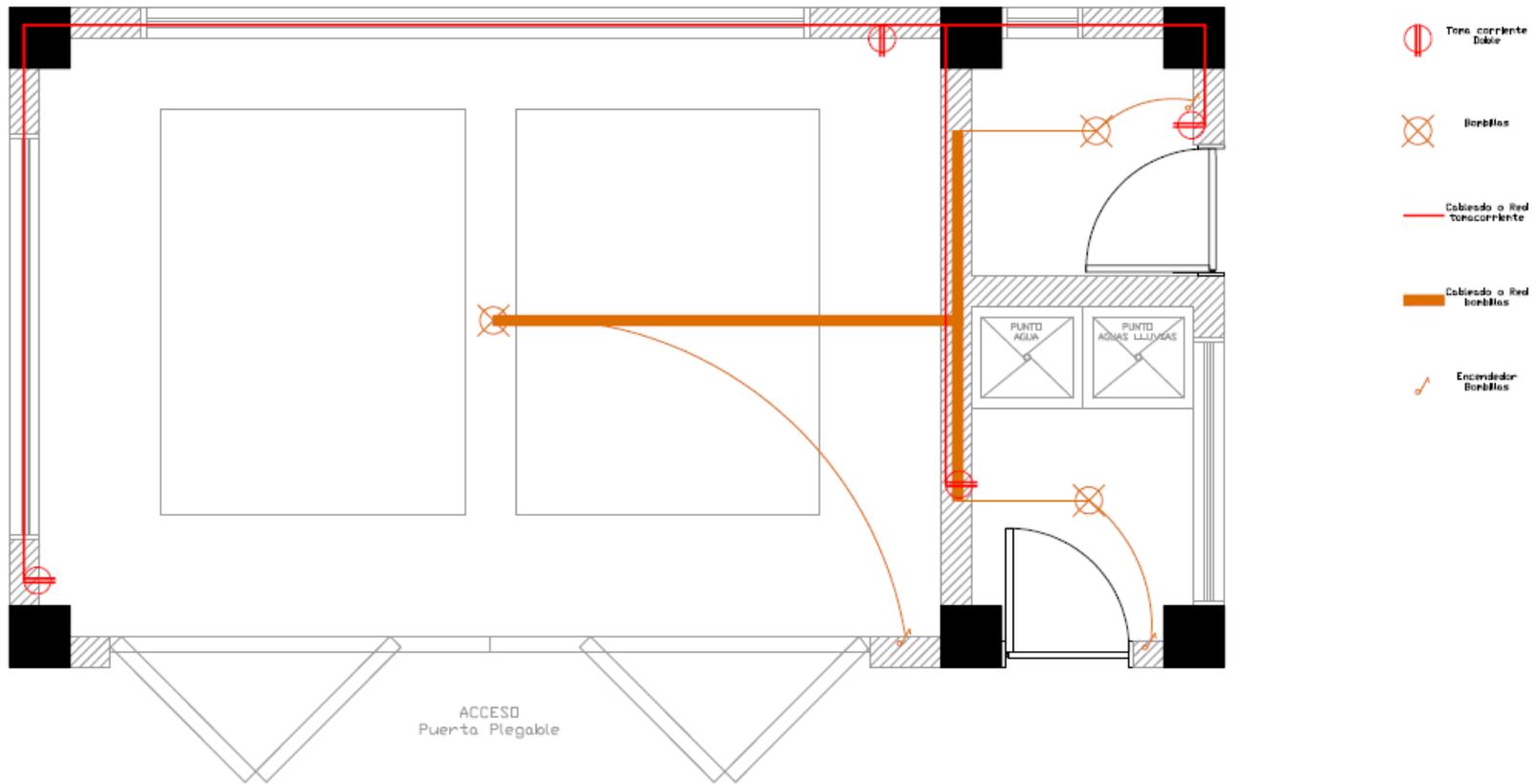
ANEXO E. UBICACIÓN ZONAS DE RECOLECCIÓN ACTUALES



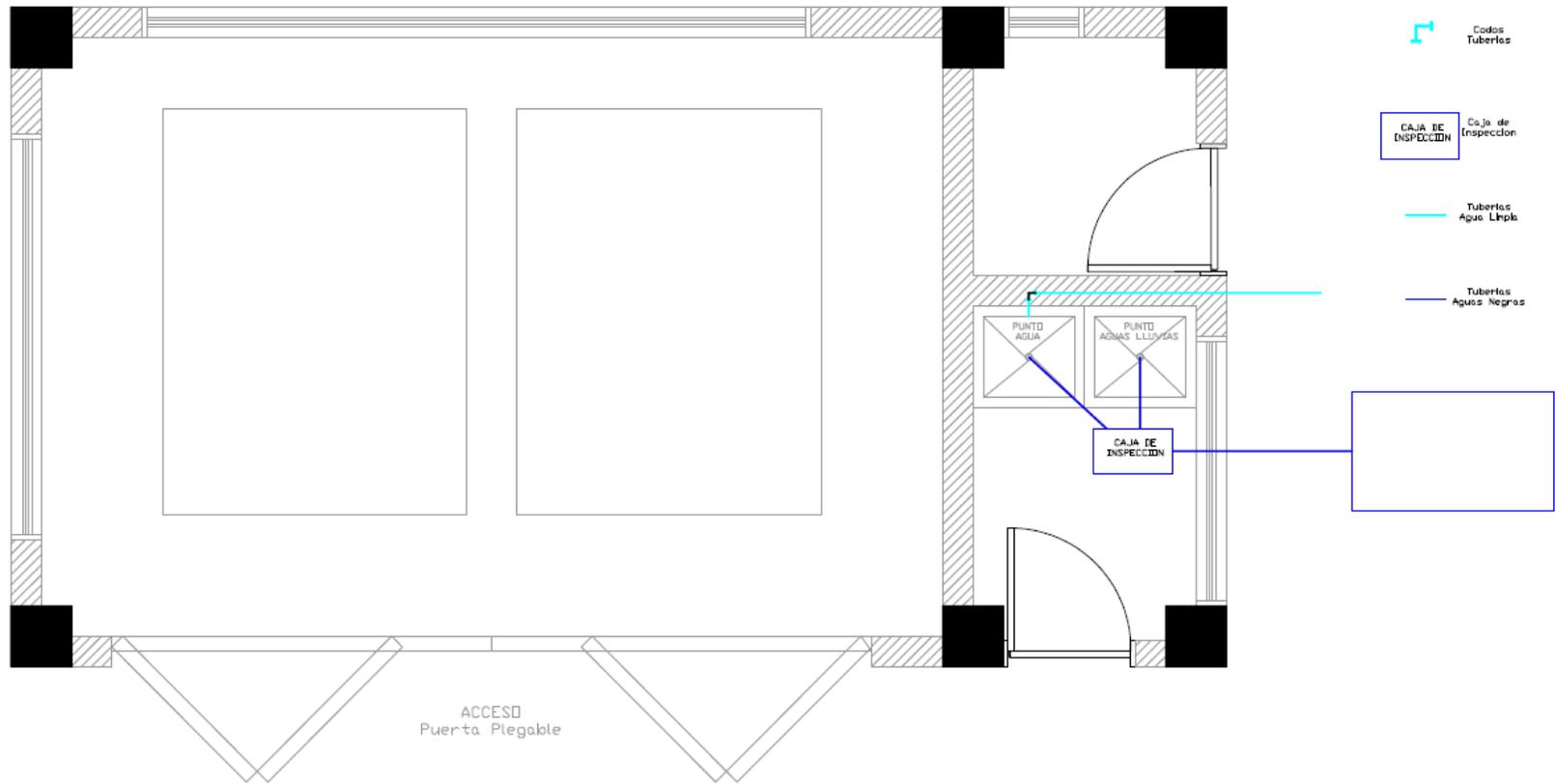
ANEXO F. PLANO ARQUITECTONICO UAR



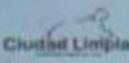
ANEXO G. PLANO PLANTA ELECTRICA UAR



ANEXO H. PLANO PLANTA HIDRAULICA UAR



ANEXO I. FACTURA DE ASEO ZOOLOGICO DE CALI



Ciudad Limpia BOGOTÁ S.A. E.S.P. - Sucursal Cali
 No. 830.948.122-9
 Calle 5 No. 27-42 Tel. 556.21.18



Dirección de Envío: KRA 2 OESTE CLLE 14 ESQUINA
Ciudad: CALI
Nombre: ZOOLOGICO DE CALI
C.C.Nit: 890.318.247-8
Dirección de Inmueble: CR 2 OESTE CLL 14 ESQUINA
Barrio: ...
Unidades Habitacionales: 1 **Unidades Desocupadas:** 0
Ciclo: S13 **Frecuencia Recolección:** 3 **Frecuencia Barrido:** 2
Uso: COMERCIAL SIN ANIMO DE LUCRO
Clase de Uso: SIN ANIMO DE LUCRO GRAN GENERA

Suscriptor: 99990438 **Estado de Cuenta:** 114290480
Mes Cuenta: Marzo - 2012 **Cupon Pago:** 104444820
Días Facturados: 29
Período Facturado: FEB 01 - FEB 28
Fecha de Expedición: MARZO - 21 2012

| Ordenes (M3) | Residuo (Kg) | Asientos (Kg) | Cuadras (Kg) | Microasientos (Kg) | Microgras. (Kg) | Pulveros (Kg) |
|--------------|--------------|---------------|--------------|--------------------|-----------------|---------------|
| 48.00 | 33 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Programa Recolección Ordenes (M3): 57.807

| Historia Recolección Ordenes (M3) | | | | | |
|-----------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Ago-11 | Sep-11 | Oct-11 | Nov-11 | Dic-11 | Ene-12 |
| 55.43 | 54.90 | 57.20 | 57.20 | 61.83 | 67.46 |

| Unidad Ocupada (\$) | Unidad Desocupada (\$) | Cuentas (\$) |
|---------------------|------------------------|--------------|
| \$ 0.00 | \$ 0.00 | \$ 0.00 |

| NO RESIDENCIAL | | |
|---------------------|------------------------|-----------------|
| Unidad Ocupada (\$) | Unidad Desocupada (\$) | Cuentas (\$) |
| \$ 20.848.36 | \$ 0.00 | \$ 1.002.428.96 |

COT: \$ 169.745.21 CRT: \$ 657.688.06 CBS: \$ 3.419.30
 CTE: \$ 167.558.23 CBL: \$ 4.220.54 Factor Subj. () Cont(+): 0.00

| Pagos Última Pago | Último Pago | Saldo Anterior | Saldo a Favor | Aplicación Saldo a Favor | Valor Subj. / Cont. (+) | Saldo en Pagación | Valor Recargo Sura |
|-------------------|-----------------|----------------|---------------|--------------------------|-------------------------|-------------------|--------------------|
| 30-03-2012 | \$ 1.419.218.00 | \$ 0.00 | \$ 0.00 | \$ 0.00 | \$ 0.00 | \$ 0.00 | \$ 0.00 |

CONTABILIZADO

FP: 39857

FECHA: 21-mar/2012

RESPONSABLE: [Firma]

Nombre: ZOOLOGICO DE CALI
Dirección de Envío: KRA 2 OESTE CLLE 14 ESQUINA
Mes Cuenta: Marzo - 2012

Suscriptor: 99990438
No. Estado de Cuenta: 114290480
Cupon Pago: 104444820



(418)770999800112100203000154444820(3902)0000010666270036320120411

**Pagar Únicamente en Cualquier
 Oficina del Banco de Bogotá
 Cuenta No. 484-60279-8**

Si va a pagar con cheque, favor girar a nombre de
**FIDUCIARIA CORFICOLOMBIANA S.A.
 FIDECOMISO FONDO DE SERVICIO DE ASEO.
 NIT. 800.256.789-8**

Vigilado por el Departamento Administrativo de Aseo Público de Bogotá D.C. S.S.P.D.
 Estado del Distrito Especial de Bogotá - Sucursal Temporal SICO.
 Nit. 999063.699-7

