

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE SUROCCIDENTE
INGENIERÍA EN GESTION AMBIENTAL LOCAL**



TRABAJO DE GRADUACIÓN:

**“Modelo de gestión integral del manejo de los desechos y residuos sólidos
del casco urbano del municipio de San Andrés Semetabaj, Sololá”**

Por:

VIVIAN MARCELA GONZÁLEZ CÓRDOVA

Carné: 201240534

MAZATENANGO, JULIO DE 2017

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE SUROCCIDENTE
INGENIERÍA EN GESTION AMBIENTAL LOCAL**



TRABAJO DE GRADUACIÓN:

“Modelo de gestión integral del manejo de los desechos y residuos sólidos del casco urbano del municipio de San Andrés Semetabaj, Sololá”

Trabajo presentado a las autoridades del Centro Universitario de Suroccidente – CUNSUROC- de la Universidad de San Carlos de Guatemala –USAC-

Por:

VIVIAN MARCELA GONZALEZ CÓRDOVA

Carné: 201240534

vimagon_cor@hotmail.com

Previo a conferírsele el título que la acredita como:

Ingeniera en Gestión Ambiental Local

En el grado académico de Licenciado

MAZATENANGO, JULIO DE 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE SUROCCIDENTE

AUTORIDADES

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

Dr. Carlos Guillermo Alvarado Cerezo	Rector
Dr. Carlos Enrique Camey Rodas	Secretario General

CONSEJO DIRECTIVO

DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE SUROCCIDENTE

Dr. Guillermo Vinicio Tello Cano	Director
----------------------------------	----------

Representantes de Docentes

MSc. José Norberto Thomas Villatoro	Secretario
Dra. Mirna Nineth Hernández Palma	Vocal

Representante Graduado del Centro Universitario de Suroccidente

Lic. Ángel Estuardo López Mejía	Vocal
---------------------------------	-------

Representantes Estudiantiles

Lcda. Elisa Raquel Martínez González	Vocal
Br. Irrael Esduardo Arriaza Jerez	Vocal

**AUTORIDADES DE COORDINACIÓN ACADÉMICA
CENTRO UNIVERSITARIO DE SUROCCIDENTE**

Coordinador Académico

MSc. Bernardino Alfonso Hernández Escobar

**Coordinador de la Carrera de Licenciatura en Administración de
Empresas**

MSc. Álvaro Estuardo Gutiérrez Gamboa

Coordinador de la Carrera de Licenciatura en Trabajo Social

Lic. Luis Carlos Muñoz López

Coordinador de la Carrera de Pedagogía

MSc. José Mauricio Cajas Loarca

Coordinador de la Carrera de Ingeniería en Alimentos

Ph.D. Marco Antonio del Cid Flores

Coordinador de la Carrera de Ingeniería en Agronomía Tropical

Ing. Agr. Edgar Guillermo Ruiz Recinos

**Coordinadora de la Carrera de Licenciatura en Ciencias Jurídicas y
Sociales**

Abogado y notario

Licda. Tania María Cabrera Ovalle

Coordinadora de la Carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental Local

Inga. Agra. Iris Yvonne Cárdenas Sagastume

Coordinador de Área

Lic. José Felipe Martínez Domínguez

Carreras Plan Fin de Semana

del Centro Universitario de Suroccidente

Coordinadora de la carrera de Pedagogía

MSc. Tania Elvira Marroquín Vásquez

**Coordinadora de la carrera de Periodista Profesional y Licenciatura en
Ciencias de la Comunicación**

MSc. Paola Marisol Rabanales

DEDICATORIA

- A DIOS:** Por permitirme cumplir una meta más y sentir su amor cada día de mi vida.
- A MI MADRE:** Vivian Karina Córdova Ramos como recompensa a su inmenso amor en todas las etapas de mi vida.
- A MI PADRE:** Eric Marcelo González Saravia.
- A MI HERMANA:** Melanie Stephanie González Córdova, con amor por su apoyo incondicional, esperando que logre sus metas.
- A MIS ABUELOS:** Marco Antonio Córdova, Blanca Elva Ramos Cadenas (+) y Herlinda Judith Saravia por su amor incondicional.
- A MI FAMILIA:** En agradecimiento por su amor.
- A MIS AMIGOS:** Por su apoyo y amor.

AGRADECIMIENTOS

- A: Universidad de San Carlos de Guatemala, específicamente a la carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental Local, por brindar los conocimientos necesarios para mi formación como profesional.
- A: Mancomunidad de Municipios Kaqchiquel Chichoy Atitlán (MANKATITLÁN), ONG que permitió la realización de la presente investigación.
- A: Ing. Edwin William Chopen Poz, técnico ambiental del proyecto de “Gestión de Desechos en la Cuenca del Lago de Atitlán” ProAtitlán, por su valiosa asesoría y consejos durante el desarrollo del Ejercicio Profesional Supervisado.
- A: MSc. Celso González, Por su asesoría y supervisión en las diferentes fases del Ejercicio Profesional Supervisado.
- A: Inga. GAL. Kharla Leticia Marysol Vides Rodas, por su orientación y asesoría durante el proceso de Ejercicio Profesional Supervisado.
- A: Inga. Agra. Lucrecia Vela Armas e Inga. GAL. Sharon Quiñonez por su asesoría en la realización de esta investigación y en el transcurso de la carrera.
- A: Inga. Agra. Yvonnee Cárdenas e MSc. Eysen Enríquez por sus valiosas enseñanzas en el transcurso de la carrera.
- A: Personal docente de Ingeniería en Gestión Ambiental Local por contribuir a formarme profesionalmente.

Índice general

Contenido	Página
I. Introducción.....	01
II. Planteamiento del problema.....	03
III. Objetivos.....	04
3.1 General.....	04
3.2 Específicos.....	04
IV. Marco referencial.....	05
4.1 Antecedentes históricos de la unidad de práctica.....	05
4.1.1 Mancomunidad de Municipios Kaqchiquel Chichoy Atilán Mankatitlán.....	05
4.2 Descripción del municipio de San Andrés Semetabaj.....	07
4.2.1 Historia del municipio de San Andrés Semetabaj.....	07
4.2.2 Ubicación geográfica y demografía.....	08
4.2.3 Población.....	08
4.2.3 Aspectos socioeconómicos.....	09
4.2.4 Sistema de recolección de basura y tratamiento de desechos sólidos del municipio de San Andrés Semetabaj.....	10
4.3 Clima.....	11
4.4 Suelo.....	11
4.5 Precipitación.....	13
4.6 Zona de Vida.....	14
V. Marco teórico.....	15
5.1 Desecho sólido.....	15
5.1.1 Residuos y desechos sólidos municipales	15
5.1.2 Residuos y desechos sólidos domiciliarios.....	15
5.2. Clasificación de los residuos.....	15
5.2.1. Residuo orgánico.....	15
5.2.2 Residuo inorgánico.....	16
5.2.3. Residuos peligrosos.....	16

5.2.4. Disposición de los desechos sólidos.....	16
5.3 Manejo de los desechos sólidos.....	17
5.3.1 Propuesta de un modelo de manejo integral de desechos sólidos (MIDS)	18
5.3.2 Factores que influyen sobre las características de los residuos sólidos.....	18
5.4 Recolección y transporte de residuos sólidos domiciliarios.....	20
5.4.1 Ruta de recolección.....	21
5.4.2 Formas de preparación de los residuos a ser recolectados.....	22
5.4.3 Financiamiento del sistema de un sistema de recolección.....	22
5.4.4 Evaluación de los mercados y las estrategias de desarrollo.....	23
5.5 Indicadores ambientales.....	24
5.5.1 Cálculo de la generación per cápita.....	24
5.5.2 Cobertura de recolección.....	25
5.5.3 Prueba de densidad o peso volumétrico (kg/m ³).....	26
5.6. Fases de tratamiento para el manejo de residuos y desechos sólidos...	26
5.6.1 Compostaje.....	26
5.6.1.1 Efecto de materia orgánica en el suelo.....	27
5.6.1.2 Materiales a compostar.....	27
5.6.2 Compostaje de residuos orgánicos domiciliarios.....	28
5.6.3 Técnicas de compostaje.....	28
5.6.4. Rellenos sanitarios.....	31
5.6.5. Reciclaje.....	31
5.7 Problemas que generan el manejo inadecuado de los desechos sólidos.	31
5.7.1. Población.....	31
5.7.2. Efectos de los desechos sólidos en los recursos naturales.....	32
5.8 Muestreo por conglomerados.....	32
VI. Marco metodológico.....	34
6.1 Materiales.....	34
6.2 Metodología.....	35

6.2.1. Determinación de las características cualitativas y cuantitativas de los desechos y residuos sólidos generados en el casco urbano domiciliar.....	35
6.2.2 Determinación de la producción per cápita (PPC) de desechos sólidos generados.....	41
6.2.3 Proyección de la producción per cápita.....	42
6.2.4 Densidad de los desechos sólidos generados.....	42
6.2.5 Composición física de los desechos sólidos generados.....	43
6.2.6 Cobertura de recolección.....	43
6.2.7 Propuesta de una tarifa sostenible para el servicio de recolección de desechos sólidos.....	44
6.2.8 Identificación de las fases de tratamientos viables para el manejo de residuos y desechos sólidos del casco urbano del municipio de San Andrés Semetabaj.....	45
VII. Resultados y discusión.....	47
7.1 Caracterización de la población.....	47
7.2 Características cualitativas y cuantitativas de los desechos sólidos generados en el casco urbano del municipio de San Andrés Semetabaj, Sololá.....	52
7.2.1 Características cualitativas.....	52
7.3 Características cuantitativas.....	56
7.3.1 Producción per cápita (PPC) de residuos y desechos sólidos.....	56
7.4 Proyección de producción per cápita.....	57
7.5 Densidad de los residuos y desechos sólidos generados.....	59
7.6 Calculo del porcentaje de cobertura del servicio de desechos y residuos sólidos del casco Urbano municipal.....	60
7.6.1 Análisis ingresos-costos actual del servicio de tren de aseo municipal.....	60
7.6.2 Cobertura del servicio de desechos y residuos sólidos.....	63
7.6.3 Propuesta de tarifa para el tren de aseo.....	64

7.7 Propuesta de fase de disposición final de los desechos sólidos del casco urbano del municipio de San Andrés Semetabaj.....	67
VIII. Conclusiones.....	70
IX. Recomendaciones.....	72
X. Bibliografía.....	73
XI. Anexos	
11.1 Croquis del municipio de San Andrés Semetabaj.....	77
11.2 Entrevista realizada a usuarios sobre el manejo de los residuos sólidos domiciliarios.....	79
11.3 Números aleatorios	83
11.4 Entrevista a personal del tren de aseo.....	84
11.5 Mapas del casco urbano del municipio de San Andrés Semetabaj.....	85
11.6 Diseño planta de tratamiento de desechos sólidos, municipio de San Andrés Semetabaj Sololá.....	95
11.7 Presupuesto para planta de desechos sólidos del municipio de San Andrés Semetabaj.....	96
11.8 Fotografías de la caracterización de desechos sólidos.....	97

INDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1	Mapa de Mancomunidad Kaqchiquel Chichoy Atitlán.....	06
2	Estructura organizacional de la municipalidad de San Andrés Semetabaj.....	10
3	Mapa de serie de suelos del municipio de San Andrés Semetabaj.....	12
4	Precipitación promedio del municipio de San Andrés Semetabaj.	13
5	Mapa de Zona de vida del municipio de San Andrés Semetabaj.....	14
6	Etapas de la disposición de los desechos sólidos.....	17
7	Pilas de material orgánico.....	29
8	Sistema de aireación forzada y recolección de lixiviados.....	30
9	Hoja cartográfica del municipio de San Andrés Semetabaj	35
10	Adhesivo de viviendas a caracterizar.....	38
11	Sensibilización a los representantes los usuarios participantes en la caracterización de desechos sólidos.....	39
12	Porcentaje de usuarios del tren de aseo municipal.....	47
13	Porcentajes de usuarios que clasifican los desechos sólidos en orgánico e inorgánico	48
14	Porcentajes de servicios con los que cuentan los habitantes del casco urbano del municipio de San Andrés Semetabaj.....	49
15	Porcentaje de calificación del servicio del tren de aseo por los habitantes del casco urbano del municipio de San Andrés Semetabaj.....	50
16	Manejo en porcentajes de los desechos sólidos en el casco urbano del municipio de San Andrés Semetabaj.....	51

17	Porcentaje de composición general de los desechos domiciliarios generados en el casco urbano del municipio de San Andrés Semetabaj.....	53
18	Porcentaje de composición general de los desechos del mercado generados en el casco urbano del municipio de San Andrés Semetabaj.....	54
19	Porcentaje de composición general de los desechos del parque generados en el casco urbano del municipio de San Andrés.....	55
20	Ruta de recolección desechos orgánicos.....	65
21	Ruta de recolección desechos inorgánicos.....	66
22	Relleno sanitario.....	67
23	Área de compost.....	68
24	Área de material reciclable.....	69
25	Mapa temático de San Andrés Semetabaj.....	77
26	Mapa temático de San Andrés Semetabaj.....	78
27	Casco urbano del municipio de San Andrés Semetabaj.....	85
28	Barrio El Centro	86
29	Barrio El Calvario.....	87
30	Barrio La Barranca.....	88
31	Barrio Las Tapias.....	89
32	Barrio Los Coroxones.....	90
33	Barrio Tzanjay.....	91
34	Barrio Tzanjuyu.....	92
35	Barrio Tzantzir alto.....	93
36	Barrio Tzantzir Bajo.....	94
37	Diseño de planta de tratamiento de desechos sólidos.....	95
38	Recolección de desechos del mercado.....	97
39	Pesaje de desechos del mercado.....	97
40	Descarga de desechos a caracterizar.....	98
41	Recogimiento de costales con desechos domiciliarios.....	98

42	Método de densidad de los desechos domiciliarios.....	99
43	Georreferenciación de viviendas.....	99
44	Charla de clasificación de los desechos con usuarios participantes.....	100

INDICE DE CUADROS

Cuadros	Página
1 Principales factores que influyen sobre las características de desechos sólidos.....	19
2 Materiales y costos.....	34
3 Viviendas a muestrear del casco urbano del municipio de San Andrés Semetabaj.....	37
4 Cuadro período de toma de muestras de desechos domiciliarios.....	38
5 Composición física de los residuos y desechos sólidos generados en el municipio de San Andrés Semetabaj.....	52
6 Resultados de la producción per cápita	57
7 Proyecciones de la producción per cápita.....	58
8 Densidad de desechos orgánicos todos los estratos.....	59
9 Densidad de desechos inorgánicos de todos los estratos.....	59
10 Densidad de desechos recuperables de todos los estratos.....	59
11 Cuadro de los costos del tren de aseo del municipio de San Andrés Semetabaj.....	60
12 Ingresos estimados por el cobro del servicio de tren de aseo en el casco urbano del municipio de San Andrés Semetabaj.....	60
13 Ingresos, egresos y subsidios estimado por el servicio de tren de aseo municipal.....	61
14 Presupuesto de materiales del equipo de protección personal de trabajadores y herramientas de trabajo.....	61
15 Sueldos mínimos de acuerdo a la legislación guatemalteca,2016.....	62
16 Diferencias entre ingresos y egresos actuales con los propuestos....	62
17 Números Aleatorios.....	83
18 Presupuesto para planta de tratamiento de desechos sólidos, municipio de San Andrés Semetabaj Sololá.....	96

Resumen

El municipio de San Andrés Semetabaj que se encuentra en el altiplano del departamento de Sololá, posee una extensión superficial de 120 Km², este se encuentra a 1,940 metros sobre el nivel del mar. Según las proyecciones del INE la población asciende a 14,340 habitantes para el año 2016. El casco urbano está constituido por 9 barrios, los cuales son: Barrio Centro, Los Coroxones, Tzantzir Alto, Tzantzir Bajo, Tzanjay, La Barranca, Tzanjuyu, El Calvario y Las Tapias.

La presente investigación tuvo como objetivo proponer un modelo de gestión integral de residuos y desechos sólidos del casco urbano del municipio de San Andrés Semetabaj, departamento de Sololá el cual sea efectivo y viable. Se utilizaron metodologías distintas para la realización de la investigación tales como; entrevistas, encuestas, observaciones y caracterización cuantitativa y cualitativa de los desechos y residuos sólidos.

Parte importante de la investigación, fue establecer la situación actual del manejo de los desechos y residuos sólidos del casco urbano, para lo cual se realizó una entrevista a 119 habitantes representantes de las viviendas obteniendo entre otros datos el porcentaje (63%) que separa sus desechos en orgánico e inorgánico, los servicios básicos con los que cuenta la población, la calificación del servicio del tren de aseo municipal, la disposición que les dan a los desechos los usuarios que no cuentan con servicio de tren de aseo. Así mismo se realizó una entrevista a personal del tren de aseo para tener en consideración los aspectos generales del servicio de almacenamiento, recolección y transporte.

Se realizó la caracterización por lo que utilizando como base 548 usuarios se utilizó la ecuación del muestreo simple aleatorio para obtener 19 viviendas; dividiendo por conglomerados en nueve barrios.

Entre las características de los desechos que se determinaron: la producción per cápita del casco urbano del municipio de San Andrés Semetabaj, a través de una muestra, con el 90% de confiabilidad y 7% de error se estableció que es de 0.4172 kg/habitante/día. Así mismo se obtuvo la densidad de los desechos según sus

cualidades físicas, la densidad que se obtuvo fue de 403.9057 kg/m³ de residuos orgánicos, 510.2996 kg/m³ residuos inorgánicos no reciclables y 140.45 kg/m³ de materiales recuperables.

Las propuestas para mejorar el manejo actual de los desechos sólidos a nivel municipal son, la creación de una planta de tratamiento para el área que cuenta con servicio de recolección de desechos sólidos, enfocándose en la producción de abono orgánico, venta de materiales reciclables y un relleno sanitario para tratar los desechos no recuperables.

I. Introducción

Según el diagnóstico ambiental realizado durante el Ejercicio Profesional Supervisado (EPS) en el municipio de San Andrés Semetabaj, que forma parte de la Mancomunidad Kaqchiquel Chichoy Atitlán (Mankatitlán) el principal problema del municipio es el manejo inadecuado de los desechos sólidos ya que en la actualidad no tiene una planta de tratamiento, relleno sanitario o algún sistema de reciclaje; lo cual ha tenido repercusiones en la salud de la población así como en el deterioro de los recursos naturales tales como agua, aire y suelo.

Ya que es importante generar información respecto a la situación de los desechos sólidos del municipio, el trabajo de investigación que se presenta tiene el título de: “Propuesta de modelo de gestión integral de residuos y desechos sólidos del casco urbano del municipio de San Andrés Semetabaj, departamento de Sololá” con el que se pretende proporcionar y dar soluciones viables a la fase de tratamiento del sistema actual del municipio tales como diseños de planta de tratamiento, composteras y relleno sanitario.

El trabajo de investigación se basa en proponer un modelo de gestión integral de residuos y desechos sólidos del casco urbano del municipio de San Andrés Semetabaj, departamento de Sololá, para lo cual se realizaron una serie de acciones tales como una encuesta a las 119 viviendas muestreadas del casco urbano del municipio en la que se obtuvo información del servicio actual y manejo de los desechos sólidos que tiene la población así como los principales servicios con los que cuenta.

Se determinaron las características cualitativas y cuantitativas de los desechos y residuos sólidos generados en el casco urbano municipal, en el cual se realizó la clasificación y peso de los desechos sólidos según su composición física: desechos orgánicos 2,873.81 Kg/semana, reciclables 204.45 Kg/semana y no reciclables 1,019.68 Kg/semana. Se obtuvo la producción per cápita de los desechos generados en el municipio de San Andrés Semetabaj de 0.4172 así

como la densidad de los diferentes tipos de desechos que se utilizaron en el diseño de la planta de tratamiento de desechos sólidos (PTDS).

Se calculó el porcentaje de cobertura del servicio de desechos y residuos sólidos del casco urbano municipal, dando una cobertura del 21% la cual se encuentra fuera de los rangos aceptables debido a que no cubre más del 50% de la población, esto debido a la falta de interés de las personas para dar un manejo adecuado a los desechos sólidos que generan.

Se calculó la tarifa ideal para mejorar las condiciones de los trabajadores del tren de aseo con un sueldo equitativo y equipo de protección personal necesario anualmente en Q.26.00 mensuales la cual se obtuvo de la relación de costo-beneficio y el número de habitantes promedio del casco urbano.

Se identificaron las fases de tratamientos viables para el manejo de residuos y desechos sólidos del casco urbano del municipio. Con los datos que se obtuvieron de las características cualitativas y cuantitativas de los desechos sólidos se proponen: un relleno sanitario que cuenta con las dimensiones basadas en la densidad y peso de los desechos no reciclables, bodegas de almacenamiento de material reciclable las cuales se dividen según el tipo y cantidad de material reciclable para luego comercializarlas y el área de compost la cual lleva un proceso de descomposición según las condiciones climáticas del lugar para obtener abono en tres meses. Todo plasmado en un diseño de planta de tratamiento propuesta con su respectivo presupuesto para mejorar el manejo integral de los desechos sólidos desde su recolección hasta la disposición final.

II. Planteamiento del problema

Según el diagnóstico ambiental realizado durante el Ejercicio profesional Supervisado en el año 2016, en el municipio de San Andrés Semetabaj, se detectó que el mayor problema es el manejo inadecuado de los desechos sólidos lo que generó basureros clandestinos en lotes deshabitados y en barrancos; esto ha provocado daños a la salud de la población ya que el municipio no cuenta con relleno sanitario, planta de tratamiento ni áreas de compost.

Por lo anteriormente expuesto, la presente investigación pretende resolver la siguiente interrogante: ¿Qué modelo integral de manejo de desechos sólidos es eficiente y viable en el municipio de San Andrés Semetabaj?

III. Objetivos

3.1 General

Proponer un modelo de gestión integral de residuos y desechos sólidos del casco urbano del municipio de San Andrés Semetabaj, departamento de Sololá el cual sea efectivo y viable.

3.2 Específicos

- Determinar las características cualitativas y cuantitativas de los desechos y residuos sólidos generados en el casco urbano municipal.
- Calcular el porcentaje de cobertura del servicio de desechos y residuos sólidos del casco urbano municipal.
- Determinar la tarifa adecuada que permita cubrir los costos que brinda el servicio de recolección de desechos sólidos.
- Identificar las fases de tratamientos viables para el manejo de residuos y desechos sólidos del casco urbano del municipio de San Andrés Semetabaj.

IV. Marco referencial

4.1 Antecedentes históricos de la unidad de práctica

4.1.1 Mancomunidad de Municipios Kaqchiquel Chichoy Atilán (Mankatitlán):

La mancomunidad se creó con el objetivo de gestionar el desarrollo sostenible de los habitantes de los municipios mancomunados de la cuenca del lago Atilán, con énfasis en mejorar la calidad de vida de las personas en una forma sostenible con los recursos propios, nacionales e internacionales (Mankatitlán, 2013).

La mancomunidad está integrada por cinco municipios todos del departamento de Sololá, distribuidos como se observa en la figura 1.

- Concepción
- Panajachel
- San Andrés Semetabaj
- San Antonio Palopó
- Santa Catarina Palopó

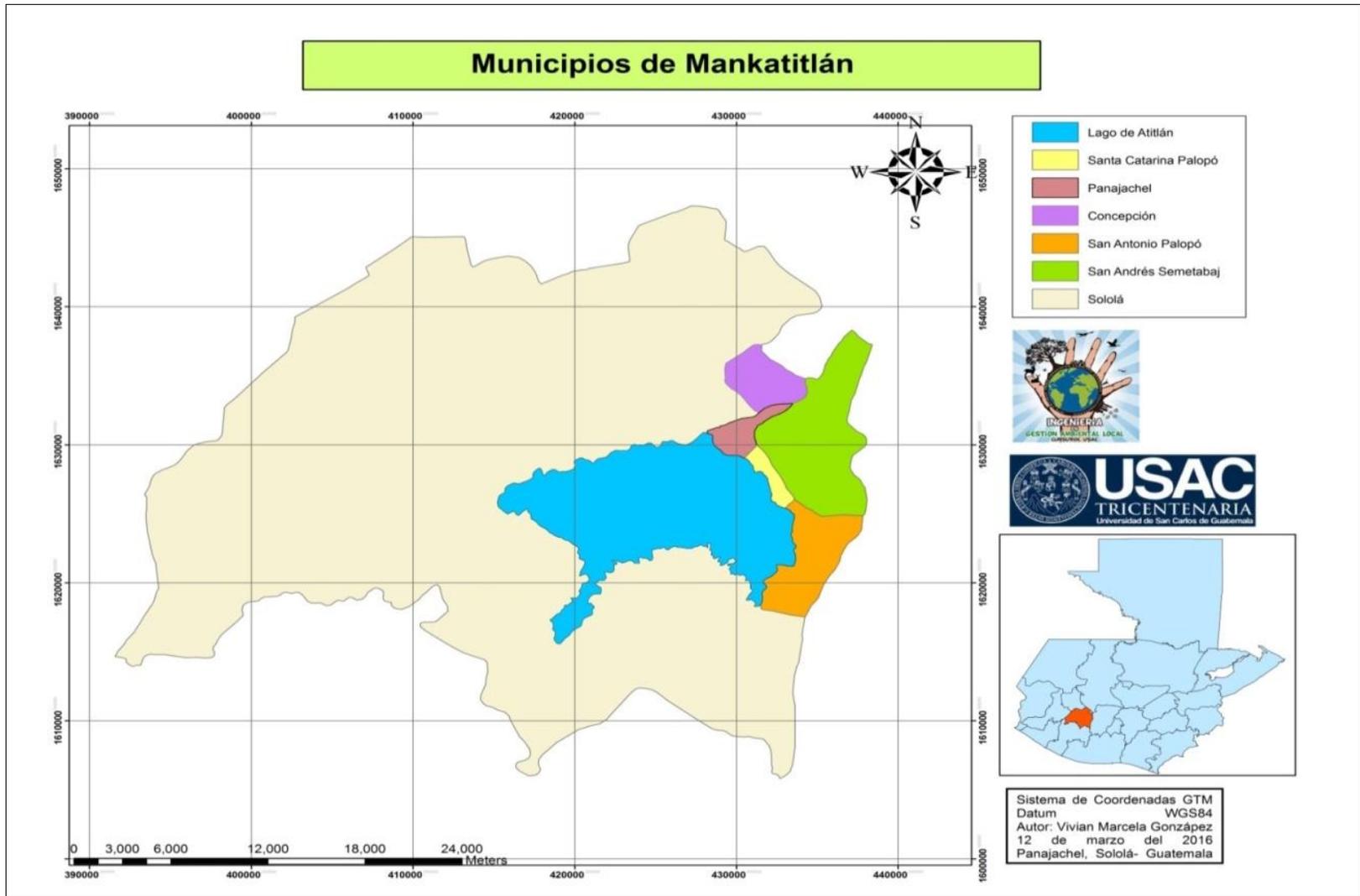


Figura No.1 Mapa de Mancomunidad de Municipios Kaqchiquel Chichoy Atilán.

4.2 Descripción del municipio de San Andrés Semetabaj

4.2.1 Historia del municipio de San Andrés Semetabaj

De acuerdo con el libro de las Geonomías de Guatemala del Doctor Jorge Luis Arriola, Semetabaj significa “piedra de aspecto vidrioso”. Deriva de la voz castellana “Semet”, alteración de la palabra “Limeta”, que significa botella, frasco y por extensión, vidrio, y de la voz Kaqchikel “Abaj”, que quiere decir piedra. Originalmente se llamó Limetabaj. (MSAS, 2010).

La referencia más antigua sobre la existencia de San Andrés Semetabaj es la que aparece en la relación de los conventos franciscanos, escrita por Fray Francisco de Zuasa en 1,689. Menciona a San Andrés Semetabaj como un pueblo dependiente del convento de Panajachel, que constaba de 315 habitantes (297 indígenas y 18 ladinos). Esto permite suponer que los orígenes de San Andrés Semetabaj se remontan a los principios del período colonial y que, probablemente, fue fundado en los años cuando se procedió a reducir o congregar a los indígenas en poblados (en los años siguientes a la Real Cédula de 1,540). (Municipalidad de San Andrés Semetabaj, 2010).

Posteriormente, en un informe del Alcalde Mayor de Atitlán y Tecpán Atitlán (hoy Sololá), don Manuel de Gregorio y Pinillos, escrito en 1,765, se menciona a San Andrés Semetabaj; el texto establece que este poblado contaba con 167 tributarios, muchos de los cuales se dedicaban al alquiler de bestias para transporte. Esto se debe a que el pueblo se encontraba a orillas del “camino real”, principal vía de locomoción de la zona, que permitía movilizarse de o hacia la capital del aquel entonces (Santiago de los Caballeros, hoy Antigua Guatemala), el altiplano occidental y la costa sur. Esto indica que San Andrés ha contado con vía de transporte desde hace más de dos siglos y medio, es decir mucho antes que la mayoría de municipios del departamento. (Municipalidad de San Andrés Semetabaj, 2010).

Otro escrito contemporáneo, la “Descripción Geográfico-Moral de la Diócesis de Goathemala”, del Arzobispo Pedro Cortés y Larraz en 1,770, establece que San

Andrés Tzemet Abah, con una población de 320 personas, era un anexo de la parroquia de Panajachel (lo cual sigue siendo el caso hasta la fecha). No se conoce con exactitud la fecha de fundación del municipio, pues durante el conflicto armado interno fue incendiada la municipalidad y se quemaron todos sus archivos. Sin embargo, se sabe que se independizó de Panajachel, a donde pertenecía anteriormente, a mediados del siglo XIX. En efecto, en el decreto de 1,872 que separa el Quiché del departamento de Sololá, aparece San Andrés Semetabaj como uno de los municipios que siguen perteneciendo a Sololá. (Municipalidad de San Andrés Semetabaj, 2010)

4.2.2 Ubicación geográfica y demografía

El municipio de San Andrés Semetabaj, está situado al oeste de la ciudad capital, a una distancia de 157 kilómetros por la carretera CA-1. Sus colindancias son al norte con Chichicastenango (departamento de El Quiché); al este con Tecpán y Patzún (departamento de Chimaltenango); al sur con Santa Catarina Palopó y San Antonio Palopó; y al oeste con Panajachel y Concepción. (Mankatitlán, 2007)

San Andrés Semetabaj se localiza con coordenadas latitud: 14° 44´ 42”, y longitud: 91° 08´ 05”. De esta cuenta el municipio pertenece a las tierras altas de la cadena volcánica, con predominio de pequeñas montañas y colinas. (Mankatitlán, 2007)

4.2.3 Población

La población de San Andrés Semetabaj, según el Instituto Nacional de Estadística (INE) para el año 2016 es de 14,340 habitantes; el 51.2 % de los habitantes está constituido por mujeres y el 48.8% por hombres; el 90% de pobladores pertenecen al grupo maya Kaqchikel –Quiché: del total viven en área urbana y rural; el 10% restante es población ladina que radica principalmente en la aldea Godínez y cabecera municipal. (Anexo 11.5)

4.2.3 Aspectos socioeconómicos

La densidad poblacional del municipio es de 196 habitantes por kilómetro cuadrado y es caracterizado por una población eminentemente indígena. Según Censo XI del año 2002. (AMSCCLAE, 2015)

La vía más utilizada para llegar al municipio desde la ciudad capital es por la carretera interamericana, que es también la más distante, a 157 kilómetros. Ésta pasa por la cabecera departamental y Panajachel que se sitúan a 17 y ocho kilómetros, respectivamente, del municipio de San Andrés Semetabaj. La segunda vía de acceso es a través de aldea Godínez, desde la carretera interamericana, hasta el cruce de Las Trampas cuya longitud es de 134 kilómetros; o bien vía carretera a Patzún y Patzicía, Chimaltenango, a 111 kilómetros, aunque esta vía es más corta, es menos transitada por la mala condición del asfalto de la carretera y porque pasa por pocas poblaciones; motivo por el cual, esta ruta no es atractiva para las empresas de transporte extraurbano. (AMSCCLAE, 2015).

En cuanto a la estructura organizacional del municipio la autoridad máxima se encuentra conformada por el Concejo Municipal. En la siguiente grafica se presenta el organigrama de la municipalidad:

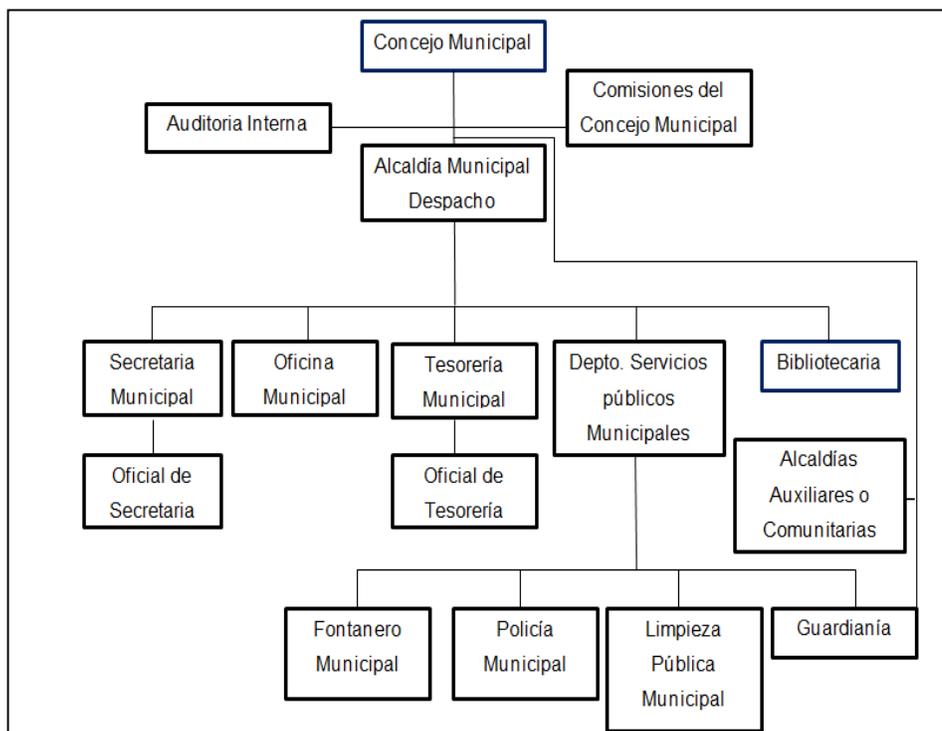


Figura No. 2 Estructura organizacional de la municipalidad de San Andrés Semetabaj

4.2.4 Sistema de recolección de basura y tratamiento de desechos sólidos del municipio de San Andrés Semetabaj.

4.2.4.1 Antecedentes.

La disposición inadecuada de los residuos sólidos en San Andrés Semetabaj ha sido un problema que ha generado un gran impacto ambiental durante varios años y que actualmente no se tiene resuelto, lo que ha provocado que aún se siga causando degradación al ambiente por el manejo inadecuado de desechos sólidos. (AMSCLAE, 2015)

En 2008 dicho municipio empezó a implementar un tren de aseo que se encargaba de pasar los días lunes, miércoles y viernes, antes de iniciar se trabajó con campañas de sensibilización para la separación de residuos logrando que al menos un 60% de pobladores separaran la basura y así los residuos recuperables pudieran ser enviados al vertedero “Pamuch”, ubicado en el municipio de

Panajachel y los desechos sólidos se dispusieran en un terreno con el que contaba la municipalidad. (AMSCLAE, 2015).

Sin embargo en el 2010, la tormenta Aghata provocó que los desechos sólidos que se encontraban en el terreno de la municipalidad se esparcieran por los terrenos aledaños creando así un foco de contaminación para los pobladores y para el lago de Atitlán. Esto a la vez dio pauta para que surgieran basureros clandestinos en el municipio y los pobladores dejarán de separar la basura, lo que llevó a las autoridades a realizar una concesión con el municipio de Santa Catarina Palopó para que permitieran disponer la basura de San Andrés Semetabaj en el vertedero de Santa Catarina Palopó, siendo este un vertedero autorizado no controlado. Así se realizó la disposición de residuos sólidos de San Andrés Semetabaj del año 2012 hasta el 2015 cuando las autoridades de Santa Catarina Palopó decidieron construir una planta de manejo de desechos sólidos por lo que suspendió la concesión a la que se había llegado. (AMSCLAE, 2015).

4.3 Clima

El clima en el área de San Andrés Semetabaj se define como templado, con invierno benigno y húmedo. Para la definición de las condiciones climáticas tales como precipitación pluvial, temperatura, se utilizó la información disponible en estaciones meteorológicas ubicadas dentro y en los alrededores del área de la mancomunidad. (INSIVUMEH, 1980)

4.4 Suelo

Según Simmons 1959, en el municipio se presentan dos tipos de serie de suelos, la serie Patzítú, que está conformado por material original de ceniza volcánica, tiene un riesgo de erosión alto y se encuentra representado principalmente en la altiplanicie de San Andrés Semetabaj, mientras que en las laderas y barrancos escarpados del municipio se encuentra la serie de suelos Zacualpa, formada también por grandes capas de ceniza volcánica por deposición de la pendiente el

riesgo de erosión es sumamente alto, principalmente en las áreas que drenan hacia la cuenca del río Madre Vieja; es por ello que en el invierno y eventos tales como la tormenta Stan en estas laderas se produce gran cantidad de deslizamientos.

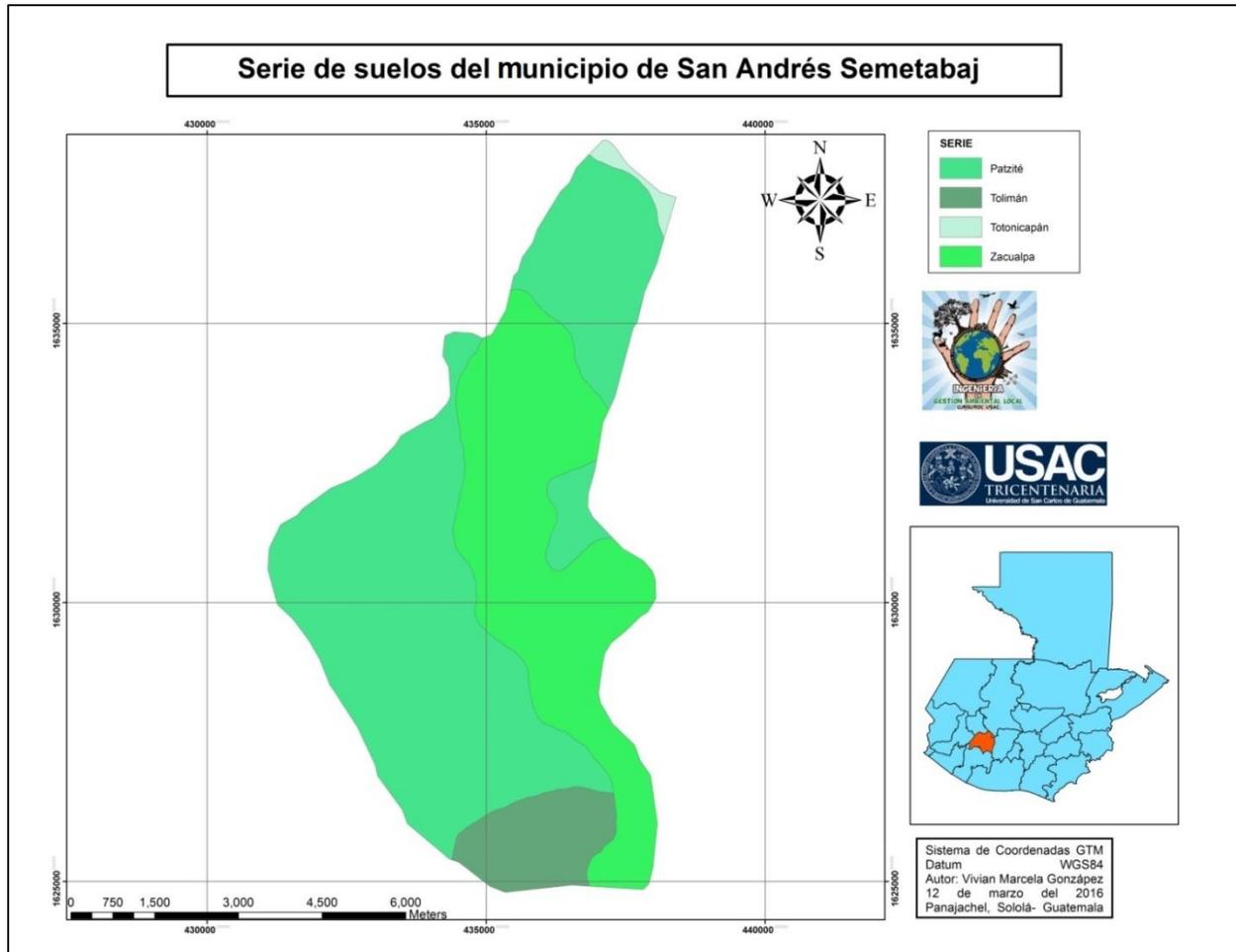


Figura No. 3 Mapa de serie de suelos del municipio de San Andrés Semetabaj

4.5 Precipitación

El área del municipio de San Andrés Semetabaj es catalogada como un área de baja a regular captación y regulación hidrológica, lo cual quiere decir que no son áreas con una alta precipitación, presenta medianas o altas tasas de evaporación, la presencia de manantiales y escorrentías superficiales son regulares no tan abundantes y su permeabilidad o infiltración es limitada (INAB, 2005).

Sin embargo con la finalidad de realizar una aproximación a la escala de estos estudios se ha realizado un mapa local de las áreas con mayor capacidad de captación hídrica, dentro de ese promedio de mediana a baja captación y regulación hidrológica que posee la zona. Entre las área en el municipio con mayor capacidad se encuentran la microcuenca del río Los Molinos, que se ubica entre la finca Santa Victoria, Chutiestancia y El Sucún; la parte baja de Caliaj (laderas que drenan hacia el río Madre Vieja) (INAB, 2005).

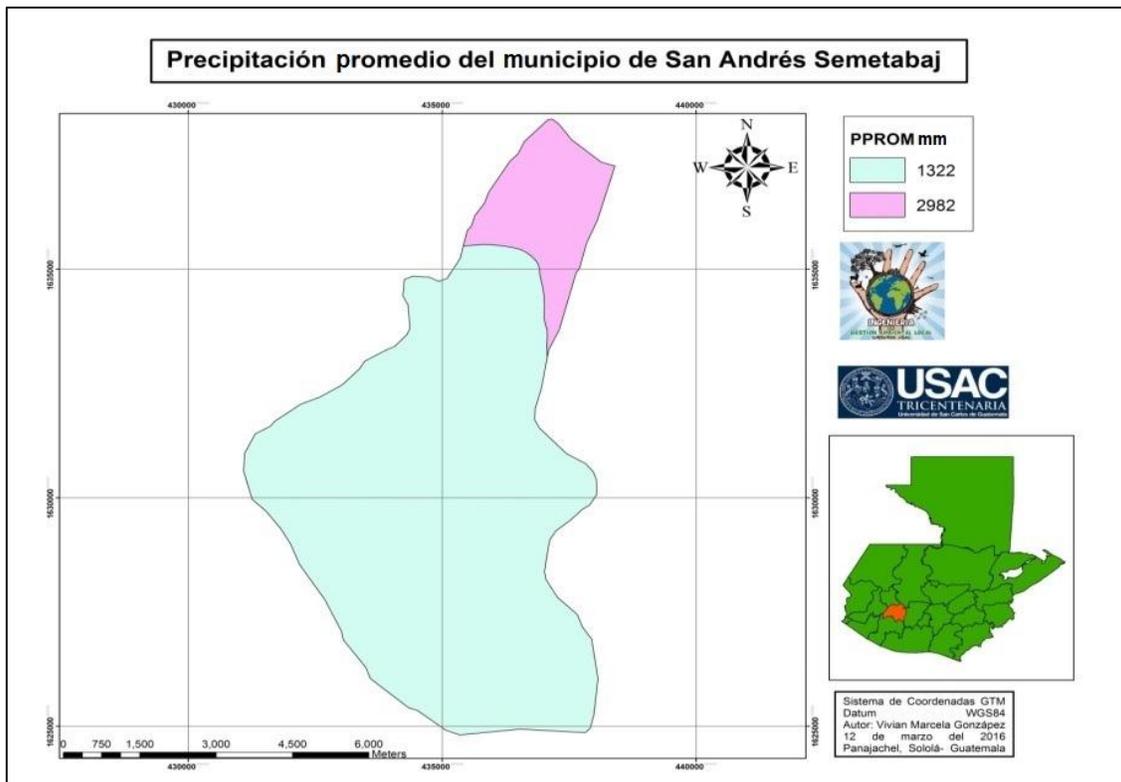


Figura No.4 Precipitación promedio del municipio de San Andrés Semetabaj

4.6 Zona de Vida

En el municipio de San Andrés Semetabaj existen dos zonas de vida que son: Bosque Húmedo Montano Bajo –bh-MB-, la cual conforma un 90% del territorio municipal y el restante 10% pertenece a la zona de vida Bosque muy Húmedo montano Bajo –bmh-BM-, la cual se localiza a inmediaciones del Sucún Las Mercedes. (De la cruz R, 1976).

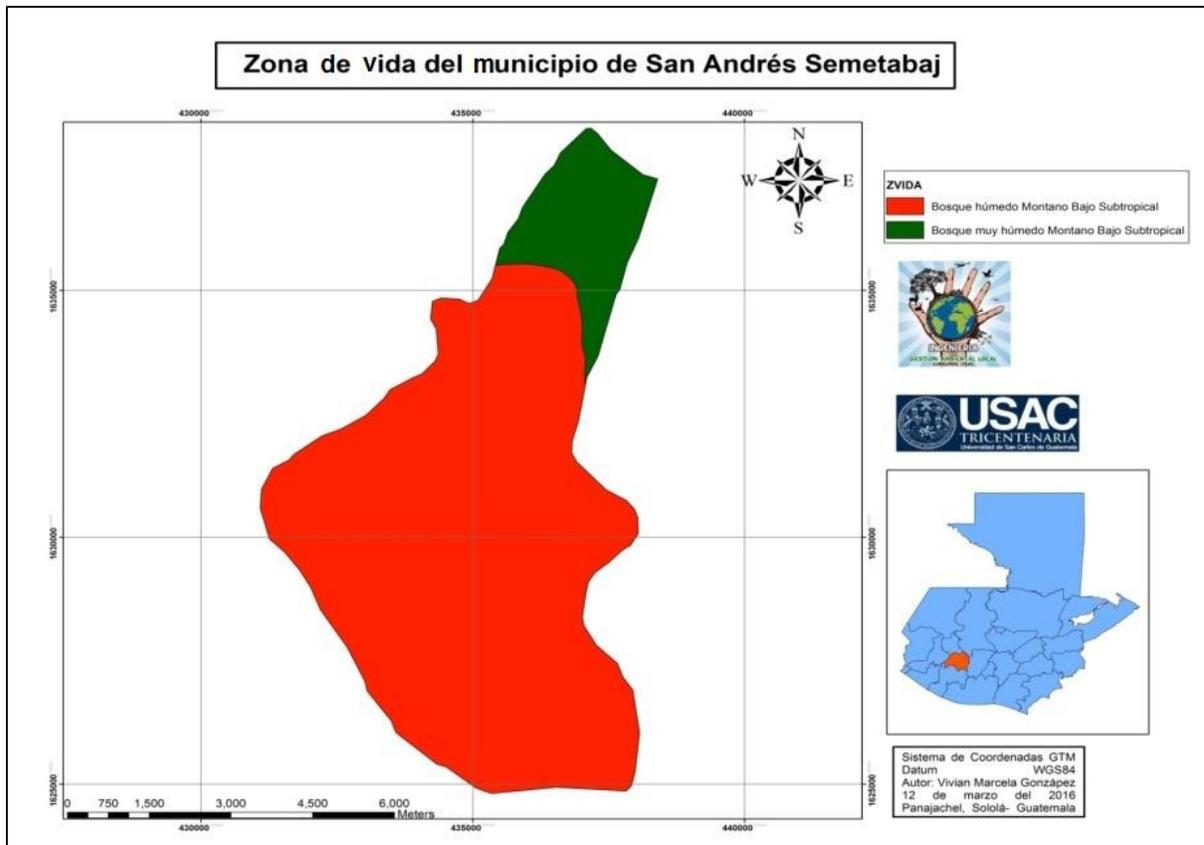


Figura No.5 Mapa de zona de vida del municipio de San Andrés Semetabaj.

V. Marco teórico

5.1 Desecho sólido

Son aquellas materias generadas en las actividades de producción y consumo que no alcanzan, en el contexto en que son producidos, ningún valor económico. Esto puede ser debido tanto a la inviabilidad técnica de su reciclaje como a la imposibilidad de obtener una rentabilidad adecuada en los productos recuperados (Alvarado C, 2010).

5.1.1 Residuos y desechos sólidos municipales

Los residuos sólidos municipales – RSM, son una masa heterogénea compuesta de los desechos provenientes de las viviendas, el comercio, la industria (pequeña industria y artesanía) e instituciones y los desechos resultantes del barrido de vías y áreas públicas, cuya gestión está a cargo de las autoridades municipales (Jaramillo J, 1999)

5.1.2 Residuos y desechos sólidos domiciliarios

Basura o desperdicio generado en viviendas, locales comerciales y de expendio de alimentos, hoteles, colegios, oficinas y cárceles, además de aquellos desechos provenientes de podas y ferias libres. Por lo tanto, los RSD totales generados tienen un doble componente, por un lado la fracción que sigue su curso a un relleno sanitario, y otra que continúa su curso hacia el reciclaje (Soluciones Ambientales, 2007).

5.2. Clasificación de los residuos

5.2.1. Residuo orgánico

Todo desecho de origen biológico, que alguna vez estuvo vivo o fue parte de un ser vivo, por ejemplo: hojas, ramas, cáscaras y residuos de la fabricación de alimentos en el hogar, etc. (Alvarado C, 2010)

5.2.2 Residuo inorgánico

Todo desecho de origen no biológico, de origen industrial o de algún otro proceso no natural, por ejemplo: plástico, telas sintéticas, etc. (Alvarado C, 2010).

5.2.3. Residuos peligrosos

Todo desecho, ya sea de origen biológico o no, que constituye un peligro potencial y por lo cual debe ser tratado de forma especial, por ejemplo: material médico infeccioso, residuo radiactivo, ácidos y sustancias químicas corrosivas. (Alvarado C, 2010).

5.2.4. Disposición de los desechos sólidos

El tratamiento de los residuos sólidos es muy variado, va desde formas complicadas con el uso de alta tecnología hasta sencillas como la incineración o el entierro (Alvarado C, 2010).

Todas las formas de tratamiento persiguen el objetivo de preservar el medio ambiente y proteger la salud pública. Consecuentemente se hace necesario que los residuos sólidos sean controlados desde su generación hasta su disposición final (Alvarado C, 2010).

Etapas de la disposición de los residuos sólidos:

- a. Generación de desechos.
- b. Almacenamiento en el lugar de origen.
- c. Recolección.
- d. Transporte.
- e. Procesamiento.
- f. Disposición final.

Cada una de estas etapas presenta diferentes características, y por lo tanto formas diferentes en que pueden ser abordadas. Esto también dependerá de las necesidades de la población, el alcance económico de las autoridades encargadas, el papel que jueguen los movimientos ecologistas y las

características físicas del lugar, entre otras variables. Por esta razón existe un esquema universal para enfrentar el tratamiento de la basura. Las etapas mostradas podrán fusionarse o extenderse de acuerdo con la complejidad y tamaño de la ciudad (Alvarado C, 2010).

5.3 Manejo de los desechos sólidos

El manejo de los desechos sólidos urbanos (DSU), comerciales e industriales se resume a un ciclo. Este, comienza con su generación y acumulación temporal, continúa con su recolección, transporte y transferencia, y termina con la acumulación final de los mismos. Es a partir de esta acumulación cuando comienzan los verdaderos problemas ecológicos, ya que los basureros se convierten en focos permanentes de contaminación. Además todo modelo de manejo de lo DSU debe contener elementos de políticas económicas y sociales. (Alvarado C, 2010).

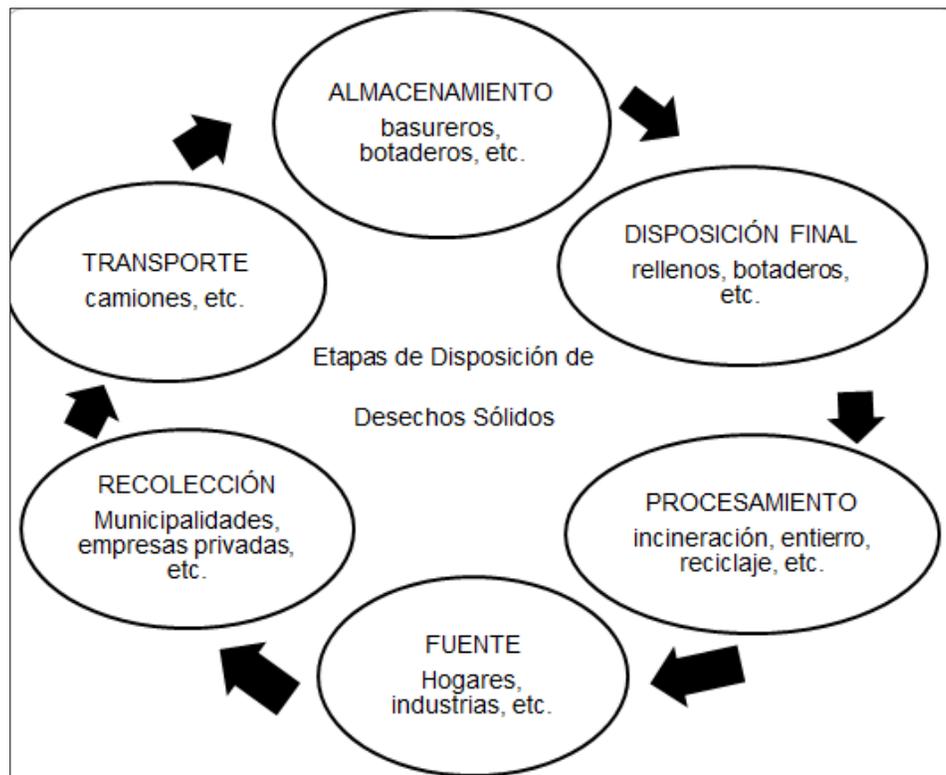


Figura No.6 Etapas de la disposición de los desechos sólidos

5.3.1 Propuesta de un modelo de manejo integral de desechos sólidos (MIDS).

El Modelo de Manejo Integral de Desechos Sólidos (MIDS) debe ser ejecutado por la municipalidad, no solo deben tomar en cuenta los aspectos de sostenibilidad técnica o financiero-económica, como se hace tradicionalmente, sino que también incluye los aspectos socio-culturales, ambientales, institucionales y políticos que influyen en la sostenibilidad total del manejo de los desechos sólidos (Alvarado C, 2010).

El aspecto técnico incluye todas las etapas para desarrollar una adecuada gestión (generación y separación en la fuente, reducción, recolección, reutilización, transporte y transferencia, reciclaje, tratamiento y disposición final) (Alvarado C, 2010).

El aspecto financiero económico comprende los recursos con que se cuentan para garantizar la sostenibilidad del sistema (Alvarado C, 2010).

El aspecto administrativo comprende la estructura mínima para realizar la gestión (Alvarado C, 2010).

5.3.2 Factores que influyen sobre las características de los residuos sólidos.

En época de lluvias se hace evidente el aumento de los residuos sólidos ya que estos son arrastrados por las corrientes de agua, y durante el período de las fiestas de fin de año y durante el verano, aumenta el porcentaje de aluminio (latas de cerveza y de gaseosa). De modo que es necesario tener cuidado con los valores que indican las características de los residuos, cuantitativas y cualitativas, pues sufren la influencia de factores estacionales que pueden conducir a conclusiones equivocadas. (Penido, J & Mansur, G. 2006)

Cuadro No. 1 Principales factores que influyen sobre las características de desechos sólidos.

PRINCIPALES FACTORES QUE INFLUYEN SOBRE LAS CARACTERISTICAS DE LOS RESIDUOS Y DESECHOS SÓLIDOS	
Factores	Influencia
a) Climáticos: ◆ Lluvia ◆ Otoño ◆ Verano	<ul style="list-style-type: none"> • Aumenta el contenido de humedad • Aumento del contenido de hojas • Aumenta el contenido de envases (latas y botellas de vidrio y plástico)
b) Épocas especiales ◆ Navidad ◆ Año nuevo	<ul style="list-style-type: none"> • Aumento de embalajes (papel/cartón, plástico maleable y metal) • Aumento de materia orgánica
c) Vacaciones escolares	<ul style="list-style-type: none"> • Disminución de la población en área de ciudades no turísticas
d) Otras festividades	<ul style="list-style-type: none"> • Aumento del contenido de envases (latas y botellas de vidrio y plástico rígido).
e) Demográficos ◆ Población urbana	<ul style="list-style-type: none"> • A mayor población urbana mayor generación per cápita de residuos sólidos.
f) Socioeconómicos ◆ Poder adquisitivo	<ul style="list-style-type: none"> • Cuánto más alto es el poder adquisitivo de la población, la proporción de materiales reciclables es más alta y la materia orgánica es más baja.
g) Poder adquisitivo (mensual)	<ul style="list-style-type: none"> • Mayor consumo de productos superfluos en fechas cercanas al pago del sueldo (fines y comienzos de mes)

h) Poder adquisitivo (semanal)	<ul style="list-style-type: none"> • Mayor consumo de productos superfluos durante los fines de semana
i) Desarrollo tecnológico	<ul style="list-style-type: none"> • Introducción de materiales cada vez más livianos lo que reduce el peso específico aparente de los residuos.
j) Promociones de establecimientos comerciales.	<ul style="list-style-type: none"> • Aumento de embalajes.

Fuente: (Penido, J & Mansur, G. 2006)

5.4 Recolección y transporte de residuos sólidos domiciliarios.

Según Tchobanoglous 1982, para establecer las necesidades de vehículos y mano de obra para varios sistemas y métodos de recolección, se debe determinar la unidad de tiempo necesaria para realizar cada tarea. Separando las actividades de la recolección en operaciones unitarias es posible:

- 1) Desarrollar datos de diseño y relaciones que se puedan usar universalmente
- 2) Evaluar las variables asociadas con las actividades de recolección y las variables relacionadas o controladas por el lugar en particular

5.4.1 Ruta de recolección

Según Tchobanoglous 1982, algunos de los factores que se deben tomar en cuenta cuando se están trazando rutas son los siguientes:

1. Se deben identificar las políticas y las normas existentes relacionadas a aspectos tales como el punto y la frecuencia de la recolección.
2. Se deben coordinar condiciones existentes del sistema como tamaño de la cuadrilla y el tipo de los vehículos.
3. Siempre que sea posible, se deben trazar las rutas de manera que empiecen y terminen cerca de vías arterias, utilizando las barreras topográficas y físicas como límites de las rutas.
4. En áreas montañosas, las rutas deben empezar en la parte más alta y continuar hacia abajo a medida que se carga el camión.
5. Las rutas se deben trazar de manera que el último recipiente a ser recolectado sobre la ruta sea el más cercano al lugar de disposición.
6. Los desechos producidos en lugares congestionados por el tráfico se deben recolectar tan temprano como sea posible.
7. Las fuentes en las cuales se produzcan cantidades extremadamente grandes de desechos deben ser atendidos durante la primera parte del día.
8. Los lugares dispersos de recolección donde se producen pequeños cantidades de desechos sólidos que reciben la misma frecuencia de recolección deben, si es posible, ser atendidos durante un viaje en el mismo día.

5.4.2 Formas de preparación de los residuos a ser recolectados.

Para lograr un sistema efectivo y eficiente debe coordinarse la manera en que los habitantes dispondrán de sus residuos y los métodos de recolección de los mismos, ya que uno afecta al otro. Por ejemplo, una localidad puede decidir utilizar camiones de carga y compactación en ciertos vecindarios y por lo tanto los habitantes estarían obligados a disponer de sus residuos en contenedores que se ajusten a las medidas y mecanismos de dichos camiones (Fileni E y Pomés A, 2000).

Estas decisiones sobre vehículos y tipos de contenedores afectan la cantidad de operarios requerida, ya que en este caso la cantidad de personal necesario es menor a la que se requeriría si la recolección fuera manual. Para establecer recolecciones uniformes y efectivas, generalmente se deben elaborar guías y dictar ordenanzas que especifiquen como los habitantes deben preparar los residuos sólidos y el material reciclable. Aunque los requisitos varían de comunidad a comunidad, los mismos se refieren a los tipos de contenedores, a la separación de los materiales reciclables u otros residuos a ser recolectados por separado y adonde deberán ser dispuestos los residuos para su recolección (Fileni E y Pomés A, 2000).

5.4.3 Financiamiento del sistema de un sistema de recolección.

La selección del modo de financiamiento es un aspecto clave para la estabilidad del sistema elegido. El objetivo del plan de financiamiento es generar el dinero necesario para sostener el sistema de recolección. Además un buen plan puede ayudar a una localidad a alcanzar las metas propuestas de reducción y manejo de residuos. Existen tres alternativas principales para el financiamiento de un sistema de recolección (Fileni E y Pomés A, 2000).

Un sistema de recolección de basura cobrando por cada bolsa es una herramienta económica que incentiva a los residentes a producir una menor cantidad de residuos. Las municipalidades pueden establecer una tarifa por cada bolsa

recolectada o por cada contenedor de basura colocado para la recolección (Fileni E y Pomés A, 2000).

Un sistema de recolección que establece una tarifa por cada contenedor utilizado permite que el residente tome conciencia del verdadero costo de la gestión de los residuos sólidos. Usualmente, las tarifas incluyen los costos de recolección y disposición de los residuos y, en algunos proyectos, subsidian la recolección de residuos reciclables (Fileni E y Pomés A, 2000).

5.4.4 Evaluación de los mercados y las estrategias de desarrollo

Es importante tener presente la noción de que el éxito de un proyecto de reciclaje depende en última instancia de un mercado de materiales reciclables estable y confiable. Al menos que una localidad tenga un mercado donde colocar sus reciclados, terminará por almacenar dichos materiales y eventualmente deberán deshacerse de ellos disponiéndolos en un relleno (Fileni E y Pomés A, 2000).

Si los habitantes a los que se les pide separar sus residuos observan que posteriormente estos son tratados como residuos comunes debido a la disminución o inexistencia de mercados, quitarán su apoyo al proyecto llevándolo al fracaso (Fileni E y Pomés A, 2000).

Por esa razón y exceptuando el caso de que alguna razón establezca otra disposición, es conveniente empezar por recolectar aquellos materiales que posean una demanda definida. Asegurar una demanda estable y confiable, implica un proceso de dos vías. En primer lugar requiere que las decisiones sobre los mercados estén basadas en una clara comprensión de los procesos y de requerimientos de la técnica de reciclaje. En segundo lugar, demanda que los encargados de formular el proyecto, compartan la responsabilidad junto con el sector privado respecto de adaptarse e implementar estrategias de mercado (Fileni E y Pomés A, 2000).

5.5 Indicadores ambientales

Los indicadores son un conjunto de parámetros que proporcionan información sobre el estado de los factores medio ambientales de las municipalidades. Estos dan pautas que permiten obtener información clara y real de los recursos naturales en este caso desechos sólidos.

5.5.1 Cálculo de la generación per cápita.

La generación de residuos sólidos per cápita puede ser determinada por investigaciones en campo en domicilios preseleccionados sobre bases estadísticamente adecuadas para que represente el perfil socioeconómico de la población, o a través de datos y procedimientos obtenidos en el lugar de la disposición final (Penido, J & Mansur, G. 2006).

Los datos obtenidos a partir del cálculo de este indicador sirven para determinar la maquinaria, el equipo y el personal necesario para satisfacer la demanda de recolección, barrido, transferencia, tratamiento y disposición final de los desechos. (MARN, 2005).

a) Procedimiento para el cálculo del indicador

Según el Ministerio de Ambiente, (2005), para calcular la PPC se toma la muestra de basura durante una semana y se pesa usando una balanza de pie (en kilogramos) y se usa la siguiente ecuación:

$$\text{PPC (kgs/hab/día)} = (1/7)^* \left[\frac{(A1/B1)*P1 + (A2/B2)*P2 + (A3/B3)*P3}{P1+P2+P3+P4} \right]$$

Dónde:

PPC= Producción per cápita

P1, P2, P3 Y P4= Número de habitantes en cada estrato socioeconómico (ingreso-alto, medio, bajo, zonas marginales), respectivamente.

A1, A2, A3 y A4 = Peso de la muestra de una semana completa tomada de cada una de las zonas arriba mencionada (gr/semana).

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

5.5.2 Cobertura de recolección

Según Alvarado C, 2010, para realizar un modelo integral de desechos sólidos (MIDS) se debe de tomar en cuenta los siguientes datos.

a. Cobertura de recolección

$$\frac{\text{Población servida}}{\text{Población total}} * 100 = \% \text{ Cobertura de recolección}$$

Rango aceptable: 60 a 100%

Rango regularmente aceptable: 30 – 59%

Rango no aceptable: < 30%

b. Eficiencia del personal de recolección

$$\frac{\text{Cantidad de residuos recolectado al mes}*(\text{ton})}{(\text{Cantidad del personal laboral al mes})*(\text{Días laborales al mes})} = \text{Eficiencia del personal (Ton./día)}$$

Rango aceptable: 1.0 a 2.0 ton/personal/día

Rango regularmente aceptable: 0.5 a 0.9 ton/personal/día

Rango no aceptable: < 0.5 ton/personal/día

c. Cobertura del servicio de barrido

$$\frac{\text{Longitud de calles barridas}}{\text{Longitud total de calles}} * 100 = \% \text{ del barrido de calles}$$

Rango aceptable: 85 -100%

Rango regularmente aceptable: 50 – 84%

Rango no aceptable: < 50%

5.5.3 Prueba de densidad o peso volumétrico (kg/m³).

Es la medición de la densidad de la basura tomando en cuenta el peso y volumen. Para calcular el peso volumétrico de la basura se utiliza la ecuación (MARN, 2005):

$$Pv = Pd / V$$

Dónde:

Pv: Peso volumétrico de los desechos, expresado en kg/m³.

Pd: Peso de los desechos, expresado en kg.

V: Unidad de volumen, expresada en m³. La fórmula para el cálculo del volumen es: V= área (m²) * altura (m)

5.6. Fases de tratamiento para el manejo de residuos y desechos sólidos.

5.6.1 Compostaje

A lo largo de la historia, el hombre ha asociado la fertilidad del suelo, con el color oscuro que proporciona la materia orgánica humificada. También se ha constatado que los suelos fértiles y de gran productividad, con el tiempo se convertían en menos productivos, llegando a veces, incluso a dejar de serlo, asociado a la pérdida progresiva del humus, la erosión y el agotamiento del suelo por el uso agrícola-ganadero. (González, 2014)

El contenido en materia orgánica de los suelos varía desde cantidades inferiores al 1% en suelos desérticos a más de 24 % en suelos orgánicos. En suelos agrícolas de la Pampa Húmeda, el rango oscila del 2% al 5% para los primeros 15 centímetros, mientras que en profundidad su valor es insignificante. (González, 2014)

La materia orgánica consiste en un complejo sistema de sustancias en un estado dinámico permanente, producido por la incorporación de restos orgánicos de origen vegetal y animal al suelo, que se descomponen bajo la acción de microorganismos, bacterias, hongos, levaduras y animales. (González, 2014)

5.6.1.1 Efecto de materia orgánica en el suelo:

El suelo recibe una gran cantidad de restos orgánicos de distinto origen ya sea animal o vegetal, los cuales tienen un efecto en el suelo como una fuente de nutrientes y al mismo tiempo generan energía para procesos microbianos, aumenta la retención hídrica, favorece la regeneración estructural del suelo y regula el pH. (González, 2014)

5.6.1.2 Materiales a compostar.

- a) Residuos animales: Estiércol bovino, caballar, caprino, porcino, aviar y de conejos (González, 2014).
- b) Residuos vegetales: Restos de cosechas, tubérculos, hortalizas y frutas. Restos de podas en fruticultura, de actividades forestales (González, 2014).
- c) Residuos industriales: Restos de semillas o de frutos una vez extraído el elemento esencial del proceso de producción. (González, 2014).
- d) Residuos domiciliarios: Residuos sólidos orgánicos generados en los hogares (González, 2014)

5.6.2 Compostaje de residuos orgánicos domiciliarios.

Para aprovechar el potencial que los desechos orgánicos tienen como abonos, estos deben pasar por un proceso previo antes de su integración al suelo, de forma tal que el material que definitivamente se aporte, haya transcurrido por los procesos más enérgicos de la mineralización, de la biodegradación hasta su forma más estable posible, y con los macro y micro nutrientes en las formas más asimilables posibles para los productores primarios. Una de las técnicas que permite esta biodegradación controlada de la materia orgánica previa a su integración al suelo es el compostaje y el producto final es conocido como compost. (González, 2014)

Se define el compostaje como la descomposición y estabilización biológica de substratos orgánicos, bajo condiciones que permiten el desarrollo de temperaturas termófilas como resultado del calor producido biológicamente, para producir un producto final estable, libre de patógenos y semillas, y que puede ser aplicado de forma beneficiosa al suelo. (González, 2014)

5.6.2.1 Microorganismos en el proceso de compostaje

Durante el proceso de compostaje, se lleva a cabo una compleja sucesión de poblaciones de microorganismos capaces de degradar o descomponer una materia orgánica compleja. Las bacterias son las más numerosas en el proceso de compostaje, y constituyen entre el 80 % y el 90 % de los microorganismos existentes en el compost. (González, 2014).

5.6.3 Técnicas de compostaje

Según González C, 2014, los factores importantes que se deben tomar en cuenta al decidir que técnica utilizar para realizar compostaje se encuentran:

- Tiempo de proceso.
- Requisitos de espacio.
- Seguridad higiénica requerida.

- Material de partida (ausencia o presencia de material de origen animal).
- Condiciones climáticas del lugar (temperaturas bajo cero, vientos fuertes, lluvias torrenciales u otros eventos climáticos extremos) Las diferentes técnicas se dividen generalmente en sistemas cerrados y sistemas abiertos. Los sistemas abiertos son aquellos que se hacen al aire libre, y los cerrados los que se hacen en recipientes o bajo techo

5.6.3.1 Sistemas abiertos o en pilas

Cuando hay una cantidad abundante y variada de residuos orgánicos (sobre 1m³ o superior), se puede llevar a cabo este tipo de compostaje. (Román, P, Martínez, M y Pantoja, A, 2013).



Figura No.7 Pilas de material orgánico.

Fuente: Román, P, Martínez, M y Pantoja, A, 2013.

En función del manejo de las pilas en planta (espacio, tecnificación, tiempo de retención), existe una amplia variedad de formación de pilas, variando así el volumen de éstas, su forma, la disposición y el espacio entre ellas. . (Román, Martínez, y Pantoja, 2013).

A nivel industrial, las pilas cuentan con un nivel alto de tecnificación. Algunos ejemplos se ven a continuación: - Aireación forzada, en el que se proporciona aire

a través de canales construidos en el suelo para así mantener los niveles óptimos de oxígeno. (Román, Martínez y Pantoja, 2013).

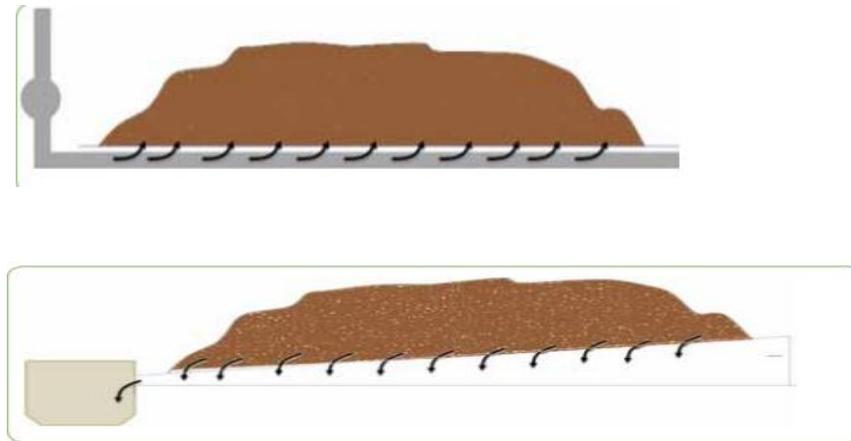


Figura No.8 Sistema de aireación forzada y recolección de lixiviados.

Fuente: Román, P, Martínez, M y Pantoja, A, 2013.

- Sistema de pilas con volteo mecanizado, utilizando bien sea volteador lateral de tornillo adaptado a tractor, o una pala frontal; en el primer sistema mecanizado la altura de la pila varia con la altura del volteador lateral de tornillo, mientras en el segundo, las pilas pueden alcanzar una altura de tres metros. A nivel familiar, esto no es realista, y la altura alcanzada deseable es de 1,5 metros para facilitar la tarea de volteo. (Román, Martínez y Pantoja, 2013).

Antes de comenzar el proceso de compostaje, se debe calcular el área que se utilizará y el volumen de la pila. Se pueden tener varias limitantes, como por ejemplo, la cantidad de material a compostar, el área a aplicar el compost, o el área donde se realiza el proceso de compostaje. (Román, Martínez y Pantoja, 2013).

5.6.4. Rellenos sanitarios

Son obras de ingeniería construidas normalmente sobre tierra, en la que los desechos sólidos inorgánicos o reciclables DSINR, son depositados en celdas provistas de capas de impermeabilización y capas de cobertura con tierra para evitar malos olores o la proliferación de vectores. Cuentan además con sistemas de evacuación de líquidos residuales y gases. (Alvarado C, 2010)

Generalmente los rellenos sanitarios son una de las alternativas más recomendables. Sin embargo, de todos estos establecimientos existentes en el país, no hay uno que cumpla con los requisitos de un relleno sanitario como tal, porque la gran mayoría opera como botaderos o vertederos de basura (Alvarado C, 2010).

5.6.5. Reciclaje

Según Glynn 1999, Después de la reducción de las fuentes, el reciclaje es la práctica más importante en la jerarquía de la administración de residuos sólidos. Para un programa de reciclaje satisfactorio es necesaria la existencia de un mercado confiable y cercano para los materiales recuperados, además los programas de reciclaje requieren de una infraestructura de recolección y procesamiento que permita la disponibilidad de un abasto confiable y consistente de material recuperado para los fabricantes. Los productos que se recuperan se pueden reutilizar como “recursos” sólo cuando existe un mercado para ellos.

5.7 Problemas que generan el manejo inadecuado de los desechos sólidos.

5.7.1. Población

Las poblaciones expuestas a los agentes físicos, químicos y biológicos de los desechos sólidos urbanos, son los trabajadores formales e informales que manipulan los residuos. La población no servida, la que vive cerca de los sitios de tratamiento y disposición de los desechos. La población de recolectores y sus familias; y la población en general. A través de la contaminación de los cuerpos de agua superficiales y subterráneos, del consumo de carne de animales criados en basureros, y de la exposición a residuos peligrosos. (Alvarado C, 2010)

5.7.2. Efectos de los desechos sólidos en los recursos naturales.

Los desechos sólidos provocan daños a los recursos naturales, que afectan principalmente el suelo, agua, aire. Con el tiempo, estos se irán descomponiendo y darán lugar a nuevos componentes químicos que provocarán la contaminación del medio y el surgimiento y proliferación de diversas enfermedades en la población.

5.8 Muestreo por conglomerados.

En el muestreo por conglomerados, la población se divide en unidades o grupos, llamados conglomerados (generalmente son unidades o áreas en los que se ha dividido la población), que deben ser lo más representativas posible de la población, es decir, deben representar la heterogeneidad de la población objeto del estudio y ser entre sí homogéneos. (Lagares B, Paula y Puerto A, Justo, 2001).

Total:	$\hat{X} = M \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{\sum_{i=1}^n M_i}$
Media:	$\hat{\bar{X}} = M \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{\sum_{i=1}^n M_i}$
Proporción :	$\hat{P} = M \frac{\sum_{i=1}^n A_i}{\sum_{i=1}^n M_i}$

Dónde:

\hat{X}_i es el total de la variable X en el conglomerado i .

\bar{X}_i es la media muestral de la variable X en el conglomerado i .

N es el número de conglomerados de la población.

M es el tamaño de la población.

n es el conglomerado de la muestra.

M_i es el tamaño del conglomerado i .

A_i es el total de la variable A, que toma el valor 0 ó 1 en el conglomerado i .

VI. Marco metodológico

6.1 Materiales

Cuadro No.2 Materiales y costos

Materiales	Cantidad	Costo por unidad en Q	Costo en Q
Par de botas de hule	4	60.00 c/u	240.00
Guantes	4	27.00 c/u	108.00
Mascarilla	10	1.00 c/u	10.00
Cámara fotográfica	1	1,000	1,000.00
Computadora	1	7,000	7,000.00
Impresora	1	350.00	350.00
Bascula	1	180.00	180.00
Pesa romana	3	120.00 c/u	360.00
Afiches	119	3.00 c/u	357.00
Hojas bond	500	0.10 c/u	50.00
Cuaderno de campo	1	10.00	10.00
Lapicero	1	1.50	1.50
Transporte	-	150.00	600.00
Jornales	12	75.00	100.00
Nylon de 4 *4m	1	10.00 m2	40.00
Pala	1	60.00	60.00
Costales de Polipropileno	500	3.00	1500.00
TOTAL EN QUETZALES			11,966.50

6.2 Metodología

6.2.1. Determinación de las características cualitativas y cuantitativas de los desechos y residuos sólidos generados en el casco urbano domiciliar.

a) Selección de la muestra.

Utilizando fotografías aéreas y hojas cartográficas se ubicaron los barrios pertenecientes al casco urbano del municipio de San Andrés Semetabaj estos se identificaron tomando como referencia la ortofoto con el croquis del casco urbano del municipio proporcionado por la municipalidad de San Andrés Semetabaj en la oficina de Dirección Municipal de Planificación (DMP). (Anexo 11.1).

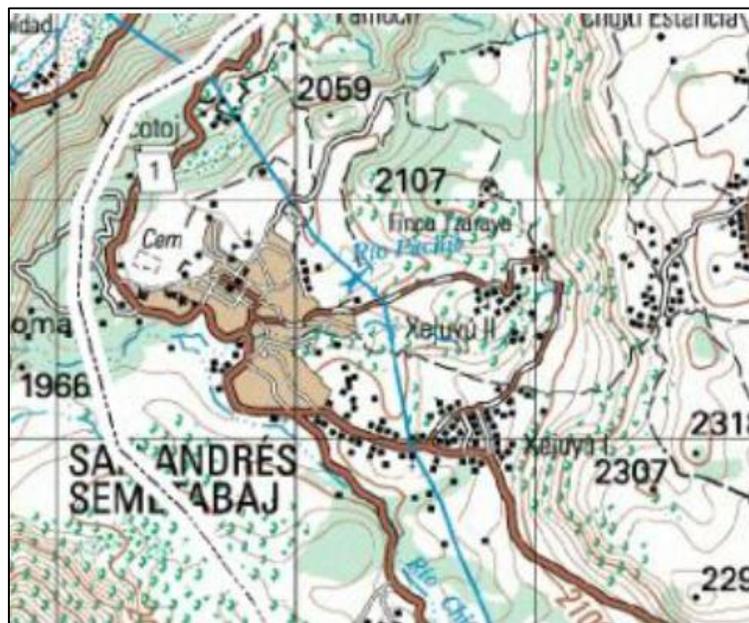


Figura No.9 Hoja cartográfica del municipio de San Andrés Semetabaj

Fuente: MAGA, 2016.

Utilizando el Sistema de Información Geográfica ArcGIS se creó una capa de polígonos sobre una ortofoto donde se identificaron 862 viviendas (anexo No.11.5), posteriormente se empleó la ecuación de tamaño de muestra con el fin de obtener la cantidad de viviendas a muestrear de la población que corresponde al número anteriormente descrito.

La ecuación utilizada para el cálculo de la muestra es (Lagares B, Paula y Puerto A, Justo, 2001):

$$n = Z^2 \left[\frac{N * p * q}{e^2 (N-1) + Z^2 * p * q} \right]$$

Dónde:

n = Tamaño de la muestra.

N = Tamaño de la población de estudio (862 viviendas).

Z = Confiabilidad estadística (90% = 1.64)

p= Probabilidad de éxito (0.50)

q= Probabilidad de fracaso (0.50)

e= error máximo admisible (0.07)

$$n = (1.64)^2 * ((862 * 0.50 * 0.50) / (0.07^2 * (862-1) + 1.64^2 * 0.50 * 0.50))$$

n= 118.4979, aproximado a 119 viviendas a muestrear.

La aplicación de la ecuación anterior dio como resultado una muestra de 119 viviendas con el 90% de confianza y 7% de error. El total de la muestra fue distribuida proporcionalmente de acuerdo al porcentaje total de viviendas en cada barrio. A continuación se muestra el cuadro con las viviendas.

Cuadro No.3. Viviendas a muestrear del casco urbano del municipio de San Andrés Semetabaj.

Barrios	No. viviendas	Representatividad %	Tamaño de la muestra
El Calvario	130	15.58	18
El Centro	156	18.10	21
Tzanjay	120	13.92	17
Tzantzir Alto	68	7.89	10
Tzantzir Bajo	70	8.12	10
Los Coroxones	64	7.42	8
Tzanjuyu	66	7.66	10
Las Tapias	40	4.64	6
La Barranca	148	17.17	19
Total	862	100	119

Para la selección de las viviendas a muestrear se utilizó una tabla de números aleatorios (ver cuadro en anexo 10.3) el cual fue aprobado por COCODES de cada barrio del casco urbano del municipio de San Andrés Semetabaj.

b) Encuesta a los usuarios participantes de la caracterización de desechos sólidos del casco urbano del municipio de San Andrés Semetabaj

Utilizando un GPSmap 62sc m GARMIN, se georreferenciaron las viviendas a muestrear colocando un adhesivo en la puerta para facilitar la recolección de los desechos sólidos a caracterizar. Durante dos días (24 y 25 de Junio) se encuestó al responsable de cada vivienda a muestrear (ver modelo de la encuesta en anexo). Los datos obtenidos a través de las boletas de encuesta, se tabularon para obtener los resultados y elaborar gráficas comparativas de datos con sus respectivos análisis.

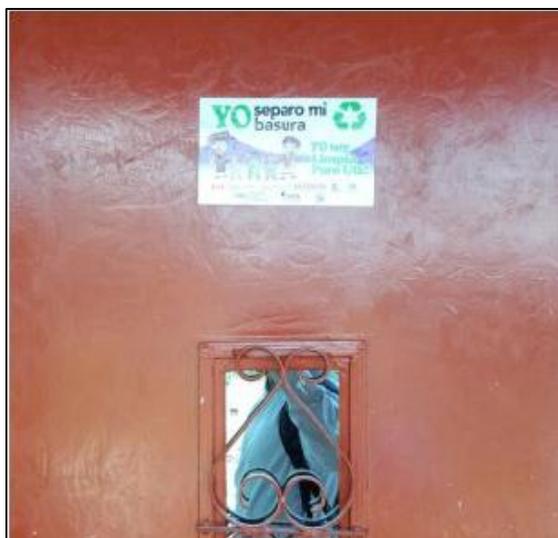


Figura No 10. Adhesivo de viviendas a caracterizar.

c) Período de toma de muestras de residuos y desechos sólidos del municipio de San Andrés Semetabaj.

c.1. Viviendas: La caracterización de desechos sólidos del casco urbano del municipio de San Andrés Semetabaj se llevó a cabo durante el período de tiempo de la semana del domingo 26 de junio al tres de julio del 2016, siendo los días utilizados para caracterizar los desechos domiciliare los marcados a continuación:

Cuadro No.4 Período de toma de muestras de desechos domiciliare.

Domingo 26/06/16	Lunes 27/06/16	Martes 28/06/16	Miércoles 29/06/16	Jueves 30/06/16	Viernes 01/07/16	Sábado 02/07/16	Domingo 03/07/16
0	119	0	119	0	119	0	119

c.2. Mercado: Durante una semana se realizó la toma de muestras del mercado de San Andrés Semetabaj. Esta se realizó diariamente con regularidad excepto el día martes 28 de junio siendo este el día de mercado, aumentando un 50% los desechos sólidos generados.

c.3. Parque: Se realizó la toma de muestra del parque los días martes, jueves y sábado de la semana comprendida del lunes 27 de junio a el domingo 3 de julio, esto debido a la poca afluencia de personas y generación de desechos que tiene el parque.

d) Procedimiento para toma de muestras de residuos y desechos domiciliarios del casco urbano del municipio de San Andrés Semetabaj.

d.1. El día domingo 26 de junio se requirió de la participación de un representante de cada domicilio de cada barrio asignados por el COCODE para la sensibilización de separación de los desechos en orgánico e inorgánico así como la entrega de dos costales y afiches informativos por vivienda para cada clasificación la cual se realizó en la escuela Oficial Urbana Mixta el Hormigo del casco urbano del municipio de San Andrés Semetabaj esto con el apoyo de ProAtitlán con la donación de todo el material de comunicación y la Unidad de Gestión Ambiental Municipal.



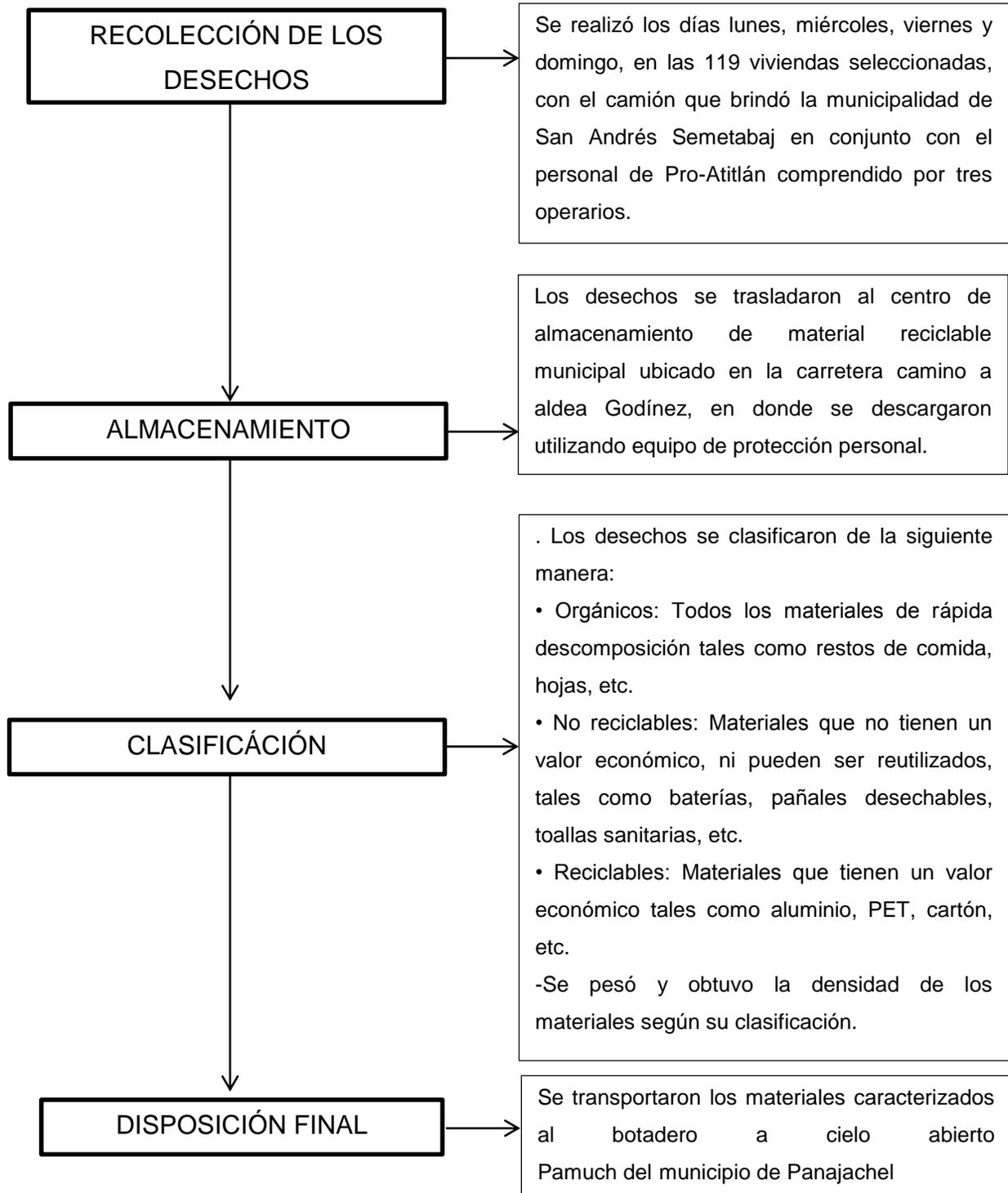
Figura No 11. Sensibilización a los usuarios participantes en la caracterización de desechos sólidos

Fuente: Elaborado por Iztúpe, 2016.

d.2. Se requirió un espacio para realizar el proceso de clasificación y pesaje del material de recolección de desechos sólidos por lo que la municipalidad de San

Andrés Semetabaj brindó el área de almacenamiento de material reciclable para realizar la caracterización así como un camión para recolectar los desechos domiciliare.

d.3. El proceso para la recolección de desechos y residuos sólidos



e) Procedimiento para toma de muestras de residuos y desechos de servicios municipales (mercado municipal y parque) del casco urbano del municipio de San Andrés Semetabaj.

Con el apoyo del personal de la municipalidad se realizó el pesaje y clasificación así como la densidad de los desechos generados de una semana en los horarios siguientes: Mercado de 6:00 am a 8:00am parque 5:00pm a 6:00 pm.

6.2.2 Determinación de la producción per cápita (PPC) de desechos sólidos generados.

Se determinaron dos estratos: la generación de desechos domiciliarios (dividiendo el área urbana por barrios) y segundo la producción de desechos en los servicios municipales de limpieza pública urbana, mercado, parque municipal y cementerio. El procedimiento anterior se repitió dos veces y se obtuvo un promedio de los tres pesajes el cual se utilizó en la siguiente ecuación, propuesta por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (2005):

$$\text{PPC (kgs/hab/día)} = (1/7) * \left[\frac{(A1/B1)*P+(A2/B2)*P}{P} \right]$$

Dónde:

P= Número total de habitantes del área urbana.

A1= Peso (kg) de la muestra de las viviendas de una semana completa.

A2= Peso (kg) de la muestra de los servicios municipales de una semana completa.

B1= Número de habitantes correspondientes a la muestra de las viviendas.

B2= Número de habitantes correspondientes a la muestra de los servicios municipales

6.2.3 Proyección de la producción per cápita

1. La proyección de la producción per cápita (PPC) del municipio de San Andrés Semetabaj se elaboró tomando en cuenta el crecimiento poblacional anual de este municipio, la PPC actual; así como el aumento gradual de 0.05 kg/hab/día anualmente de residuos y desechos sólidos según la Universidad Rafael Landívar de Guatemala, 2003.

2. Los resultados se obtuvieron a partir de multiplicar la PPC por la población proyectada correspondiente para ese año.

6.2.4 Densidad de los desechos sólidos generados.

El proceso propuesto por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (2005) realizado es el siguiente:

- a. Se clasificaron los desechos en orgánico e inorgánico.
- b. Los desechos inorgánicos se clasificaron en reciclables y no reciclables.
- c. Se utilizó una caja con un volumen conocido.
- d. Se depositaron los desechos previamente clasificados en la caja haciendo presión para eliminar los espacios vacíos.
- e. Se midió la altura de los desechos dentro de la caja.
- f. Se calculó el volumen $V (m^3) = \text{área} (m^2) * \text{altura} (m)$
- g. Se pesaron los desechos (kg) dentro de la caja (Tarar.)
- h. Para el cálculo de la densidad se utilizó la siguiente ecuación:
$$D = \text{Peso (kg)} / \text{volumen (m}^3\text{)}$$
- i. El procedimiento anterior se realizó tres veces por tipo de desecho y como resultado final se obtuvo el promedio.

6.2.5 Composición física de los desechos sólidos generados.

a) Utilizando equipo de protección personal (guantes, botas y ropa adecuada) se clasificaron y pesaron los desechos sólidos según las cualidades físicas de cada estrato (domiciliar, mercado y parque) durante una semana, estos se clasificaron en:

- ◆ Orgánicos: Todos los materiales de rápida descomposición tales como restos de comida, hojas, etc.
- ◆ No reciclables: Materiales que no tienen un valor económico, ni pueden ser reutilizados, tales como baterías, pañales desechables, toallas sanitarias, etc.
- ◆ Reciclables: Materiales que tienen un valor económico tales como aluminio, PET, cartón, etc.

6.2.6 Cobertura de recolección

Para el cálculo de cobertura de recolección se utilizó la siguiente ecuación.

$$\frac{\text{Usuarios del tren de aseo (5)*100}}{\text{Total de habitantes del casco urbano.}} = \% \text{ de cobertura de recolección}$$

Rango aceptable: 60 a 100%

Rango regularmente aceptable: 30 – 59%

Rango no aceptable: < 30%

6.2.7 Propuesta de una tarifa sostenible para el servicio de recolección de desechos sólidos.

El tener una tarifa ideal generando ingresos, cubriendo los costos y generando ganancias hace que el proceso del manejo de los desechos sólidos sea integrado y sostenible.

1. Determinación del cumplimiento de equipo de protección necesario para el personal del tren de aseo por medio de visitas de campo.
2. Estimación de los ingresos-costos del servicio municipal de tren de aseo.

Para obtener el porcentaje de ingresos y egresos municipales se realizaron las siguientes ecuaciones.

$$a) \text{ ASIG} = \frac{\text{Egresos anuales del tren de aseo}}{\text{Presupuesto anual municipal}} * 100 =$$

$$b) \text{ egresos} - \text{ingresos} = X / \text{egresos} * 100 = \%$$

3. El análisis de ingresos – costos del servicio municipal del tren de aseo, se elaboró a partir de datos proporcionados por la UGAM, para lo cual se tomaron en cuenta los siguientes costos:

- Salario de los empleados directos en la recolección de residuos y desechos sólidos municipales de San Andrés Semetabaj
- Mantenimiento y compra de equipo para trabajadores
- Combustible para el camión de recolección.
- Mantenimiento del camión de recolección.
- Pagos por el servicio de disposición final.
- Ingresos mensuales y anuales, que se calcularán determinando de la cantidad de viviendas que disponen del servicio del tren de aseo y el promedio de los cobros por el servicio.

- Con esta información se establecerá una relación entre los costos calculados y los ingresos estimados con base a este resultado se generará recomendaciones de mejora.

4. Con base en los cálculos se estimó una tarifa anual ideal que cumpla con hacer eficiente el modelo de gestión de desechos sólidos tomando en cuenta egresos e ingresos anuales del servicio.

$$\frac{\text{(Egresos anuales municipales por servicio de recolección)}}{\text{Viviendas}} = \text{Tarifa ideal anual}$$

$$\frac{\text{Tarifa ideal anual}}{12} = \text{Tarifa ideal mensual}$$

6.2.8 Identificación de las fases de tratamientos viables para el manejo de residuos y desechos sólidos del casco urbano del municipio de San Andrés Semetabaj.

- a. Según los resultados obtenidos de PPC, densidad así como la entrevista se realizó una propuesta para un modelo de gestión integral de los desechos sólidos del municipio de San Andrés Semetabaj.
- b. Se realizó un intercambio de experiencias con el municipio de San Pedro La Laguna quien tiene una planta de tratamiento y relleno sanitario donde participaron autoridades municipales, el encargado de la Unidad de Gestión Ambiental y el concejal encargado de medio ambiente y recursos naturales donde se observó la realidad del manejo de los desechos sólidos y sus respectivas fases.

c. Con base en los resultados obtenidos en la caracterización de desechos, el personal de la DMP realizó el diseño de la planta de tratamiento con áreas de compostaje, material reciclable y relleno sanitario, ya que no existe un espacio físico disponible para poder ser utilizado. Para el diseño de la planta las dimensiones fueron supuestas.

VII. Resultados y discusión

7.1 Caracterización de la población.

La encuesta indica que el 67% de usuarios utilizan un servicio de recolección del tren de aseo y un 33% no tienen un servicio de recolección de los desechos sólidos, por lo que se debe incentivar a la población a utilizar los servicios de tren de aseo por medio de un reglamento de residuos y desechos sólidos el cual debe ser presentado y socializado con los respectivos COCODES de los 9 barrios del casco urbano esto con el fin de aumentar el número de usuarios dentro del casco Urbano.

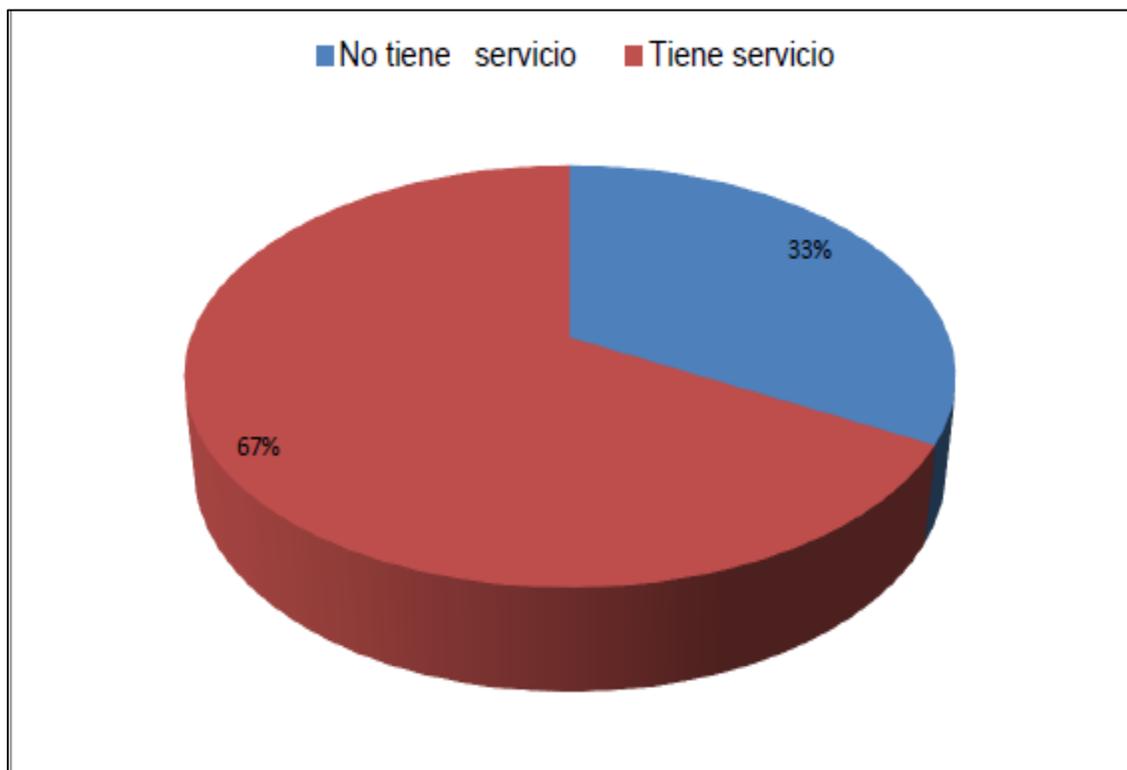


Figura No 12. Porcentaje de usuarios del tren de aseo municipal.

También se observa que el 63% de usuarios separan sus desechos en inorgánico y orgánico en su mayoría porque el tren recolector de desechos así lo requiere, el 37% no separan sus desechos domiciliarios. Se debe de sensibilizar e incentivar a la población trabajando en campañas del manejo integral de los desechos sólidos con centros educativos, COCODES, grupos de mujeres e instituciones estatales y privadas.

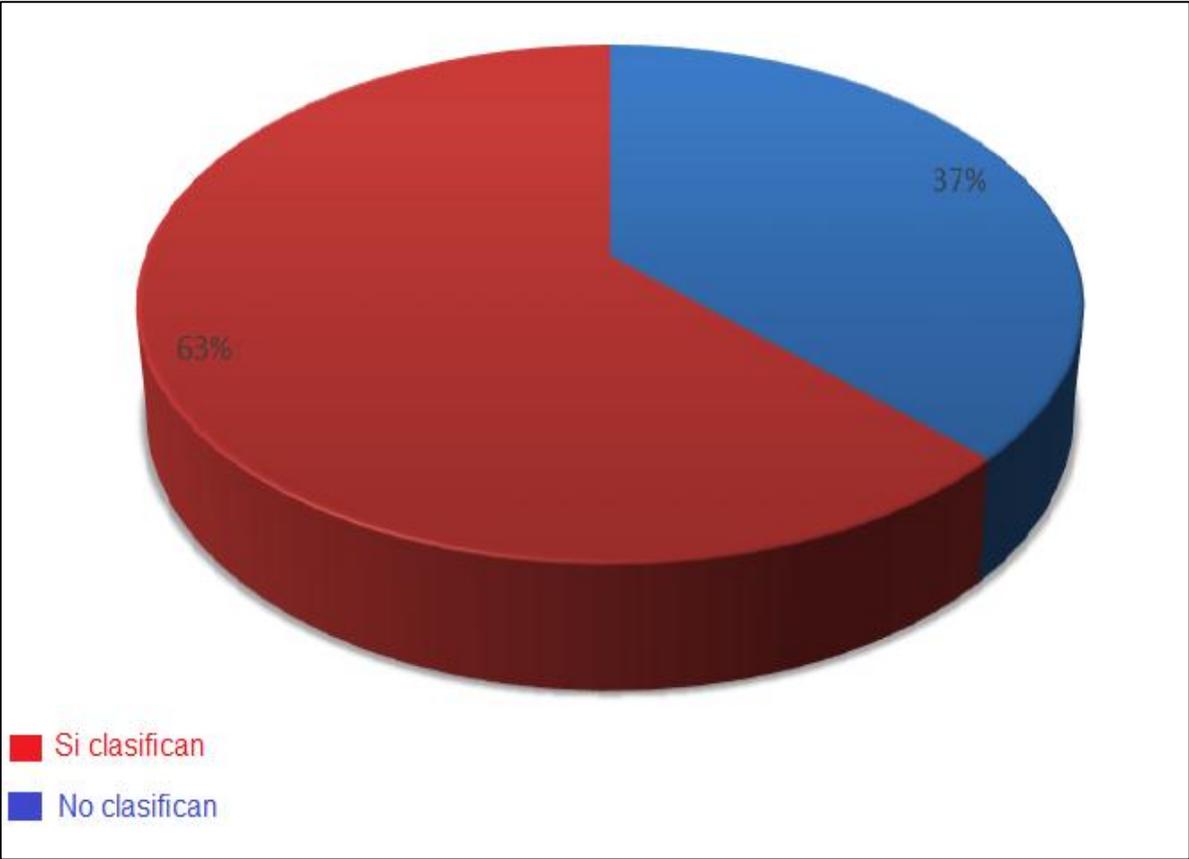


Figura No 13. Porcentajes de usuarios que clasifican en orgánico e inorgánico.

Se establece también que el 100% de los usuarios (119) cuenta con los servicios de agua potable y energía eléctrica así como un 86% tienen un servicio de cable, lo que indica y hace referencia a las prioridades de la población en cuanto al pago de los servicios. Se debe incentivar a la población a el pago de los servicios de recolección del tren de aseo por medio de acuerdos donde los servicios municipales tales con IUSI, agua y servicio de tren de aseo unidos como un solo pago ya sea trimestral o bimestralmente.

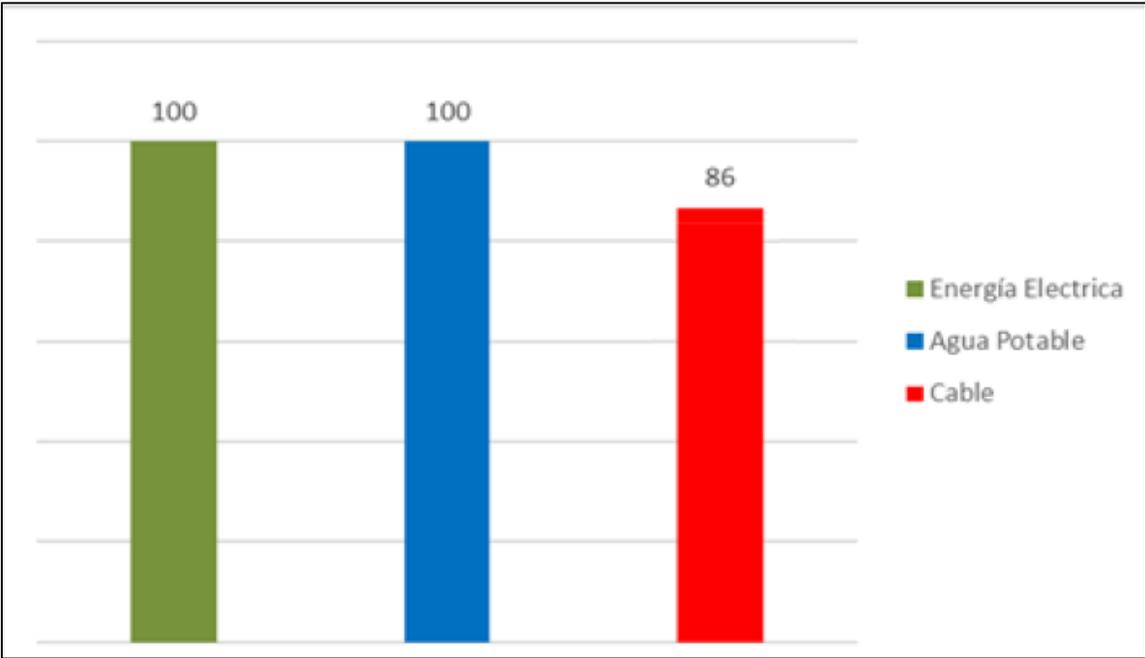


Figura No 14. Porcentajes de servicios básicos con los que cuentan los habitantes del casco urbano del municipio de San Andrés Semetabaj.

El servicio fue calificado por los encuestados que cuentan con el servicio de tren de aseo de la siguiente manera, el 44% calificaron el servicio de recolección como bueno argumentando buen trato y educación por parte de los operarios del tren de aseo, un 37% lo calificaron como regular ya que los operarios algunas veces no recogen la basura de usuarios en los callejones y un 19% lo calificaron como excelente. Al prestar un servicio para el 100% de la población del casco urbano la municipalidad debe cumplir con el equipo, personal y vehículos necesarios para dar un servicio de tren de aseo eficiente a la población. Esto capacitando a los operarios del servicio de recolección y teniendo rutas marcadas de cada día de la semana.

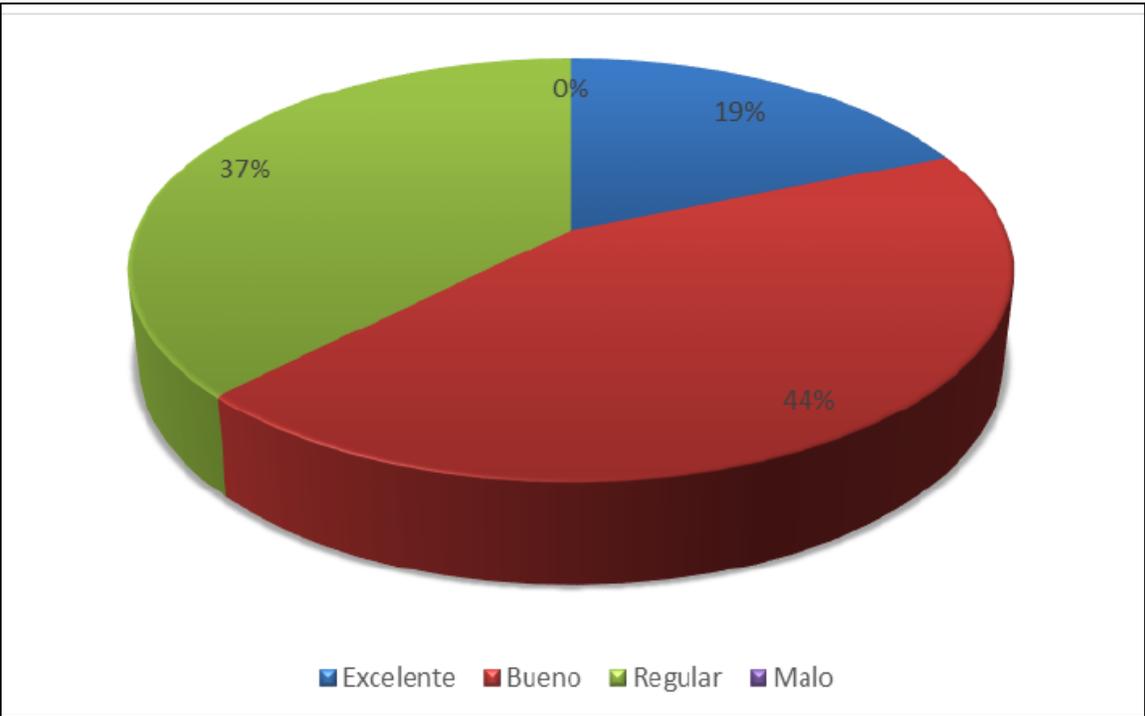


Figura No 15. Gráfica de calificación en porcentajes del servicio del tren de aseo por los habitantes del casco urbano del municipio de San Andrés Semetabaj.

Se determinó también que los usuarios que no cuentan con un servicio de recolección disponen de la siguiente manera los desechos: Un 38% entierran la basura en el área verde de su domicilio, el 31 % queman los desechos domiciliarios, un 13% le dan otro manejo (los restos de materiales orgánicos son utilizados como abono orgánico y el material inorgánico lo tiran en barrancos o lotes baldíos), el 12 % tira la basura domiciliar a la calle y el 6% dispone sus desechos en los barrancos cercanos a sus viviendas. Debido a que esto es un foco de contaminación se debe sensibilizar los habitantes por medio de actividades tales como: Jornadas de limpieza, campañas de educación ambiental y reglamentos municipales para el manejo de los desechos sólidos.

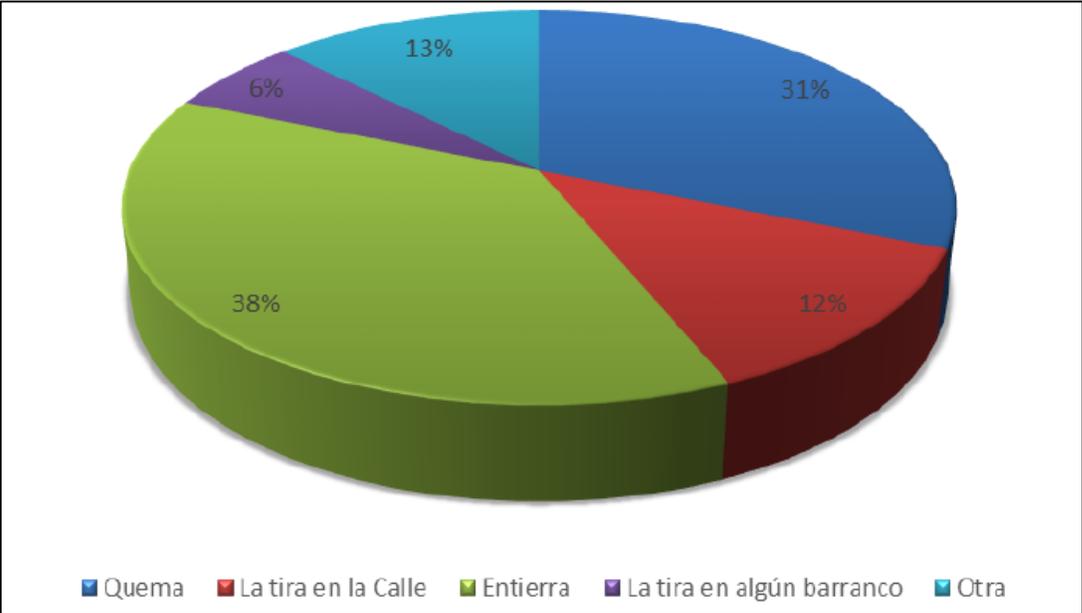


Figura No 16. Manejo en porcentajes de los desechos sólidos en el casco urbano del municipio de San Andrés Semetabaj.

7.2 Características cualitativas y cuantitativas de los desechos sólidos generados en el casco urbano del municipio de San Andrés Semetabaj, Sololá.

7.2.1 Características cualitativas

Los resultados de la clasificación de los desechos sólidos generados por usuarios y servicios municipales tales como mercado y parque son los siguientes:

Cuadro No.5 Composición física de los residuos y desechos sólidos generados en el municipio de San Andrés Semetabaj.

Estratos	Orgánico	Inorgánico no reciclable	Inorgánico reciclable
Domicilios	53%	33%	13%
Mercado	79%	20%	1%
Parque	58%	37%	5%

El total en los estratos domiciliarios, mercado y parque en kg/semanales es de 4,097.94 de los cuales el mayor porcentaje es de los residuos y desechos orgánicos con el 70.1% que corresponde a 2,873.81 kg/semanales, los materiales inorgánicos no reciclables con el 24.9% que corresponde a 1,019.68 kg/semanales y el último con el 5% siendo los desechos inorgánicos reciclables con la cantidad de 204.45 kg/semanales.

7.2.1.1 Desechos sólidos domiciliarios.

Los desechos y residuos domiciliarios que se generan con mayor cantidad son los orgánicos con el 53% (640.81kg/semanales) compuestos por restos de alimentos como verduras, frutas, hojas del jardín, papel y cartón mojado o en mal estado y ceniza. El material inorgánico no reciclable tiene un 34% (401.11 kg/semanales), está compuesto por: bolsas plásticas, toallas sanitarias, pañales, platos desechables, plásticos no comerciales y huesos. Los desechos reciclables son los que se generan con menor cantidad con un 13% (158.73 kg/semanales) dividido en: PET, aluminio, plástico duro, plástico soplado, chatarra, vidrio, cartón y papel, todos materiales comerciales, haciendo un total de 1,200.65 kg/semanales.

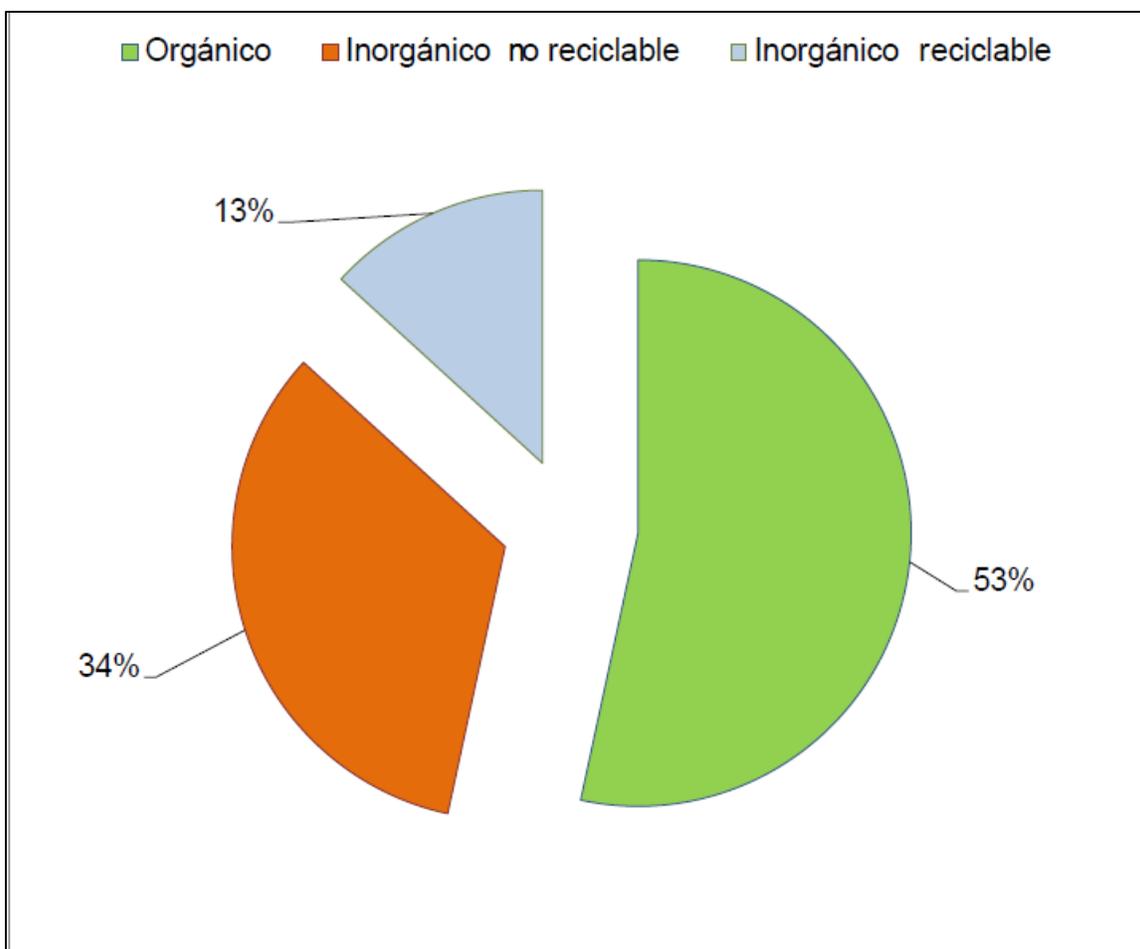


Figura No 17. Porcentaje de composición general de los desechos domiciliarios generados en el casco urbano del municipio de San Andrés Semetabaj.

7.2.1.2 Desechos sólidos del mercado

Los desechos y residuos que se generan con mayor cantidad son los orgánicos con el 79% (2,093 kg/semanales) compuestos por restos de alimentos, verduras y frutas. El material inorgánico no reciclable tiene un 20% (528.57 kg/semanales) y está compuesto por: bolsas plásticas, toallas sanitarias, pañales, platos desechables, plásticos no comerciales, restos de animales en descomposición, restos de madera y costales, los desechos reciclables son los que se generan con menor cantidad con un 1% (33.6 kg/semanales) dividido en: PET, aluminio, plástico duro, plástico soplado, chatarra, vidrio, cartón y papel todos materiales comerciales, haciendo un total de 2,655.17 kg/semanales de desechos sólidos.

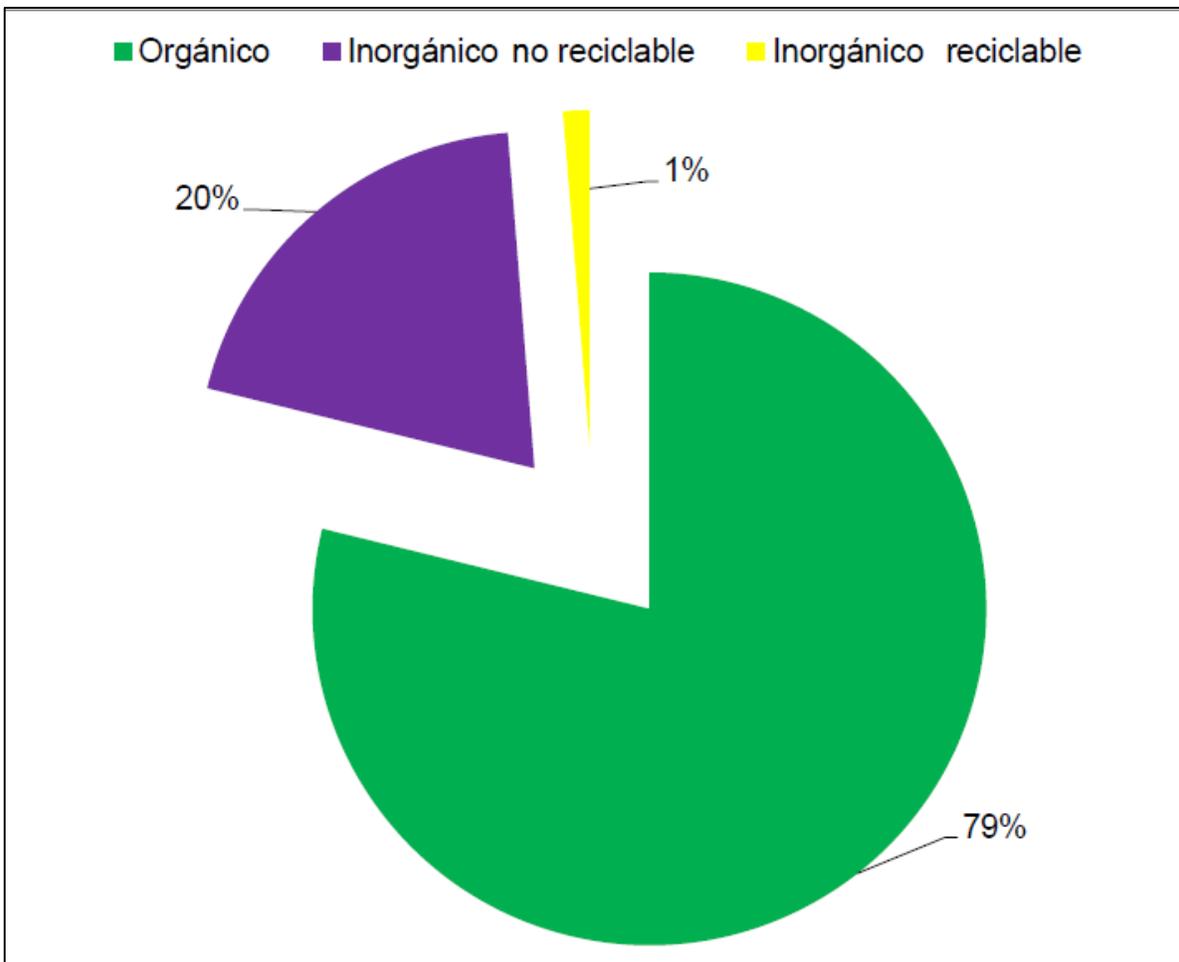


Figura No 18. Porcentaje de composición general de los desechos del mercado generados en el casco urbano del municipio de San Andrés Semetabaj.

7.2.1.3 Desechos sólidos del parque

Los desechos y residuos que se generan con mayor cantidad son los orgánicos con el 55% (140 kg/semanales) compuestos por restos de comida, frutas en descomposición restos de hojas, ramas y podas de jardín papel mojado o en mal estado. El material inorgánico no reciclable tiene un 37% (90 kg/semanales) y está compuesto por: bolsas plásticas, platos desechables, bolsas de golosinas, botes de jugo. Los desechos reciclables son los que se generan con menor cantidad con un 5% (12.12 kg/semanales) dividido en: PET, aluminio, plástico soplado y papel todos materiales comerciales, haciendo un total de 242.12 kg/semanales de desechos sólidos.

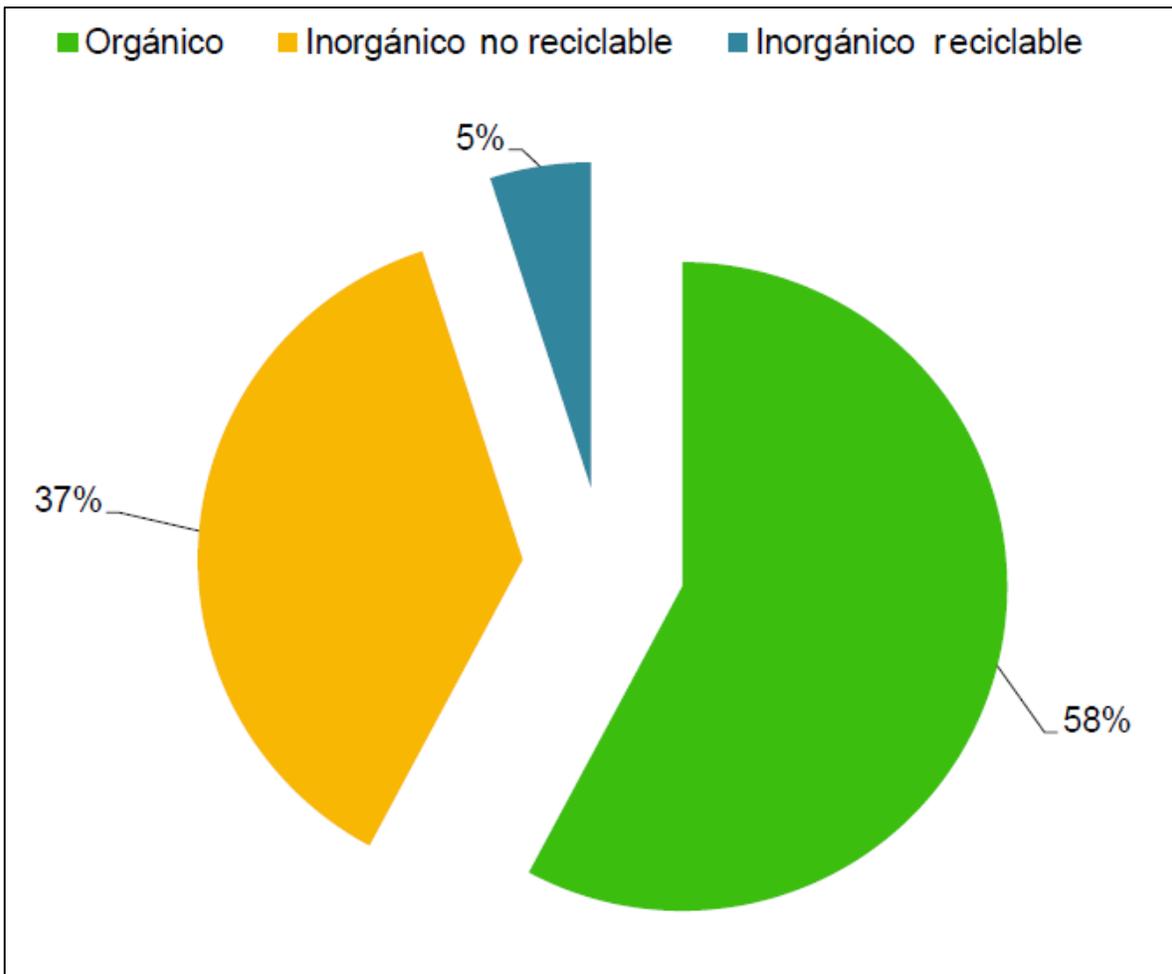


Figura No 19. Porcentaje de composición general de los desechos del parque generados en el casco urbano del municipio de San Andrés Semetabaj.

7.3 Características cuantitativas.

7.3.1 Producción per cápita (PPC) de residuos y desechos sólidos

7.3.1.1 Domiciliar

Se aplicó la ecuación para la PPC utilizando los siguientes datos:

P1= 548 habitantes

A1= 1,200.65 kg.

B1= 4,310 habitantes

$$\frac{1}{7} * \frac{\left(\frac{1,200.65Kg}{548hab}\right) * 4,310 hab}{4,310 hab} = 0.3129 \frac{Kg}{\frac{Hab}{Día}}$$

7.3.1.2 Mercado:

Se aplicó la ecuación para la PPC utilizando los siguientes datos:

P1= 4,310 habitantes

A1= 2,655.7 kgs.

B1= 4,310 habitantes

$$\frac{1}{7} * \frac{\left(2,655.7 \frac{Kg}{4,310 hab}\right) * 4,310 hab}{4,310 hab} = 0.088 \frac{Kg}{\frac{Hab}{Día}}$$

7.3.1.3 Parque:

Se aplicó la ecuación para la PPC utilizando los siguientes datos:

P1= 4,310 habitantes

A1= 242.12 kgs.

B1= 4,310 habitantes

$$\frac{1}{7} * \frac{\left(242.12 \frac{Kg}{4,310 hab}\right) * 4,310 hab}{4,310 hab} = 0.0082 \frac{Kg}{Hab \overline{Día}}$$

La producción per cápita domiciliar (PPC), del casco urbano de San Andrés Semetabaj es la suma de los resultados de la producción per cápita domiciliar y de sus respectivos servicios (mercado y parque) siendo los siguientes:

Cuadro No.6 Resultados de la producción por cápita.

PPC	Kg/Hab/Día
Domiciliar	0.3229
Mercado	0.088
Parque	0.0082
TOTAL	0.4172

La PPC de San Andrés Semetabaj se puede considerar en los estándares establecidos en el documento elaborado por la Universidad Rafael Landívar “Generación y manejo de desechos sólidos en Guatemala”, 2003. En donde se determinó que los rangos del PPC en Guatemala están dentro de lo $0.25 \frac{Kg}{Hab \overline{Día}}$ a

$0.75 \frac{Kg}{Hab \overline{Día}}$.

7.4 Proyección de producción per cápita.

Según la información proporcionada por el Instituto Nacional de Estadística (INE), el municipio de San Andrés Semetabaj estima 14,340 habitantes en el presente año 2016 y para el año 2036 se tendrá un total 23,043 habitantes; la información fue calculada mediante el índice de crecimiento poblacional de Sololá, establecido por el Instituto Nacional de Estadística (INE), el cual es de 2.4% al año para la región occidente (INE, 2016).

Para el crecimiento de la producción per cápita, cada año aumenta en un 0.05 kg/hab/día (Rafael Landívar, 2003) y por lo tanto al año 2036 se estima un crecimiento de 1kg/hab/día dando un total de 1.4172 kg/hab/día generando así Kg/día, siendo 32.55 toneladas/día.

Cuadro No.7 Proyecciones de producción per cápita.

AÑO	Proyección No. habitantes	PPC	Kg desechos sólidos/día	Tonelada de desechos sólidos/ día	Toneladas anuales desechos
2016	14340	0.4172	5982.648	5.982648	2183.66652
2017	14684	0.4672	6860.439552	6.860439552	2504.060436
2018	15036	0.5172	7776.6192	7.7766192	2838.466008
2019	15397	0.5672	8733.101261	8.733101261	3187.58196
2020	15766	0.6172	9731.015128	9.731015128	3551.820522
2021	16145	0.6672	10771.79859	10.77179859	3931.706487
2022	16532	0.7172	11856.9346	11.8569346	4327.78113
2023	16929	0.7672	12987.95258	12.98795258	4740.602693
2024	17335	0.8172	14166.42983	14.16642983	5170.746889
2025	17751	0.8672	15393.99293	15.39399293	5618.807419
2026	18177	0.9172	16672.31919	16.67231919	6085.396504
2027	18614	0.9672	18003.13817	18.00313817	6571.145433
2028	19060	1.0172	19388.23321	19.38823321	7076.705121
2029	19518	1.0672	20829.443	20.829443	7602.746695
2030	19986	1.1172	22328.66324	22.32866324	8149.962083
2031	20466	1.1672	23887.84829	23.88784829	8719.064626
2032	20957	1.2172	25509.01292	25.50901292	9310.789714
2033	21460	1.2672	27194.23404	27.19423404	9925.895425
2034	21975	1.3172	28945.65259	28.94565259	10565.16319
2035	22503	1.3672	30765.47535	30.76547535	11229.3985
2036	23043	1.4172	32655.9769	32.6559769	11919.43157

7.5 Densidad de los residuos y desechos sólidos generados.

Los resultados obtenidos se muestran a continuación:

Cuadro No 8. Densidad de desechos orgánicos todos los estratos.

Ubicación	Volumen m3	Peso Kg	Densidad kg/m3
Mercado	0.01549	6.3492	409.39
Parque	0.01549	4.78	308.586
Viviendas	0.01549	6.2565	403.9057

Cuadro No 9. Densidad de desechos inorgánicos de todos los estratos.

Ubicación	Volumen m3	Peso Kg	Densidad kg/m3
Mercado	0.01068	3.628	339.7
Parque	0.01068	9.07	849.27
Viviendas	0.01068	5.45	510.2996

Cuadro No.10 Densidad de desechos recuperables de todos los estratos.

Ubicación	Volumen m3	Peso Kg	Densidad kg/M3
Mercado	0.01068	2	187.2659176
Parque	0.01068	0.5	46.8164794
Viviendas	0.01068	1.5	140.4494382

7.6 Calculo del porcentaje de cobertura del servicio de desechos y residuos sólidos del casco urbano municipal.

7.6.1 Análisis ingresos-costos actual del servicio de tren de aseo municipal

A continuación se detallan los costos estimados por brindar el servicio de recolección de basura municipal en el casco urbano. Dicha información fue proporcionada por el encargado de servicios municipales de San Andrés Semetabaj.

Cuadro No 11 Cuadro de los costos del tren de aseo del municipio de San Andrés Semetabaj.

Costos del tren de aseo	Cantidad	Gastos c/u Q	Gasto mensual Q	Total anual Q
Salario	4	1,912.50	7,650.00	91,800.00
Combustible			2,500.00	30,000.00
Reparación y mantenimiento de vehículos			500.00	60,000.00
Total			10,650.00	128,300.00

Cuadro No. 12 Ingresos estimados por el cobro del servicio de tren de aseo en el casco urbano del municipio de San Andrés Semetabaj

Tarifa promedio	Número de viviendas con servicio municipal	Ingresos mensuales Q	Ingresos anuales Q
10.00	180	1,800.00	21,600.00

Nota: Con base a datos de la encuesta realizada a 119 personas del casco urbano del municipio de San Andrés Semetabaj

Con la información generada anteriormente se realizan los siguientes cálculos:

Cuadro No. 13 Ingresos, egresos y subsidios estimados por el servicio de tren de aseo municipal.

Período	Ingresos Q	Egresos Q	Diferencia Q
Anual	21,600.00	128,300	106,700.00
Mensual	1,800.00	10,650.00	8,850.00

La municipalidad subsidia los costos de diferencia del tren de aseo siendo estos anualmente Q.106, 700.00.

7.6.1.1 Propuestas para el manejo de los residuos y desechos sólidos del municipio de San Andrés Semetabaj.

Cuadro No 14. Presupuesto de materiales de equipo de protección personal de trabajadores y herramientas de trabajo.

No.	Material	Cantidad	Costo por unidad Q	Total Q
1	Botas de hule	16 pares	75.00 c/Par	1,200.00
2	Guantes de jardinería	24 pares	40.00 c/Par	960.00
3	Gabacha	12 unidades	60.00 unidad	720.00
4	Mascarillas de alta protección con doble cinta FFP2	240 unidades	55.00 c/caja de 20	660.00
5	Palas	2 unidades	75.00 c/u	150.00
6	Piocha	2 unidades	90.00 c/u	180.00
7	Carreta	2 unidades	150.00 c/u	300.00
TOTAL				4,170.00

Cuadro No. 15 Sueldos mínimos de acuerdo a la legislación guatemalteca, 2016

	Puesto	Horas de trabajo al día	Sueldo mínimo (sin bonificación) Q	Bonificación Q	TOTAL mensual Q	Bono 14 Q	Aguinaldo Q	TOTAL anual Q
1	Piloto (2)	8	2,364.00	250.00	5,528.00	4,728.00	4,728.00	72,192.00
2	Cobradores (1)	8	2,364.00	250.00	2,614.00	2,364.00	2,364.00	36,096.00
3	Operario (4)	8	2,364.00	250.00	10,684.00	9,456.00	9,456.00	61,648.00
TOTAL					23,826.00	TOTAL		169,936.00

Cuadro No. 16 Diferencias entre ingresos y egresos actuales con los propuestos.

Ingresos y egresos actuales		Ingresos y egresos con propuesta de mejoras	
	CANTIDAD Q		CANTIDAD Q
INGRESOS	10,650.00	INGRESOS	10,650.00
EGRESOS	128,300.00	EGRESOS	264,106.00
TOTAL	-117,650.00	TOTAL	-253,456.00

En el cuadro anterior se hace referencia a las diferencias de los ingresos actuales y la propuesta que incluye equipo de protección personal Q 4,170.00 y un salario que estipula la legislación nacional para los trabajadores del tren recolector Q169,936.00 así como Q 90,000.00 de combustible y repuestos de vehículos haciendo un total a subsidiar de –Q 253,456.00. El cual puede aumentar por el incremento de salarios que estipula el artículo 89 del código civil.

Para ello se presenta la siguiente tarifa ideal basada en el pago del servicio por todos los habitantes del municipio de San Andrés Semetabaj.

7.6.2 Cobertura del servicio de desechos y residuos sólidos.

$\frac{180 (5) * 100}{4,310} = 21\%$

Rango aceptable: 60 a 100%

Rango regularmente aceptable: 30 – 59%

Rango no aceptable: < 30%

El número de usuarios del servicio de recolección de tren de aseo que se obtuvo en la oficina de servicios públicos del municipio de San Andrés Semetabaj las cuales son 180 casas que se multiplicaron por 5 que es el número promedio según el INE de habitantes por vivienda el cual fue dividido por el número de habitantes del casco urbano del municipio de San Andrés Semetabaj, 4,310, multiplicado por cien lo cual dio el porcentaje de cobertura del servicio de desechos sólidos del casco urbano es el siguiente: El índice se encuentra dentro del rango no aceptable menor al 30% dando un índice de un manejo inadecuado de desechos sólidos del 21% que equivale a 900 habitantes, quienes dan una disposición final a los desechos que generan.

Esto se debe a que los habitantes del municipio tienen espacios abiertos en donde entierran la basura orgánica y queman la inorgánica para no pagar la cuota de Q2.00 por costal que estipula la municipalidad de San Andrés Semetabaj haciendo del manejo de sus desechos sólidos algo no prioritario.

7.6.3 Propuesta de tarifa para el tren de aseo.

Para ello se presenta la siguiente tarifa ideal basada en el pago del servicio de los habitantes casco urbano del municipio de San Andrés Semetabaj.

$\frac{Q\ 264,106.00\ (\text{EGRESOS anuales})}{862\ (\text{viviendas})} = Q\ 307.00\ \text{anuales/vivienda}$
--

$\frac{Q\ 307.00}{12} = Q\ 26.00$

Para que el manejo sea sostenible los usuarios deben pagar Q 307.00 anualmente y mensualmente la cantidad de Q 26.00. Debido a los problemas socioculturales del pago a las tarifas de servicios municipales se deben realizar campañas de sensibilización a los pobladores del casco urbano del municipio con grupos organizados de la sociedad civil así como estudiantes de centros educativos.

RUTA DEL TREN DE ASEO MUNICIPAL DÍA LUNES Y MIERCOLES DESECHOS ORGÁNICOS

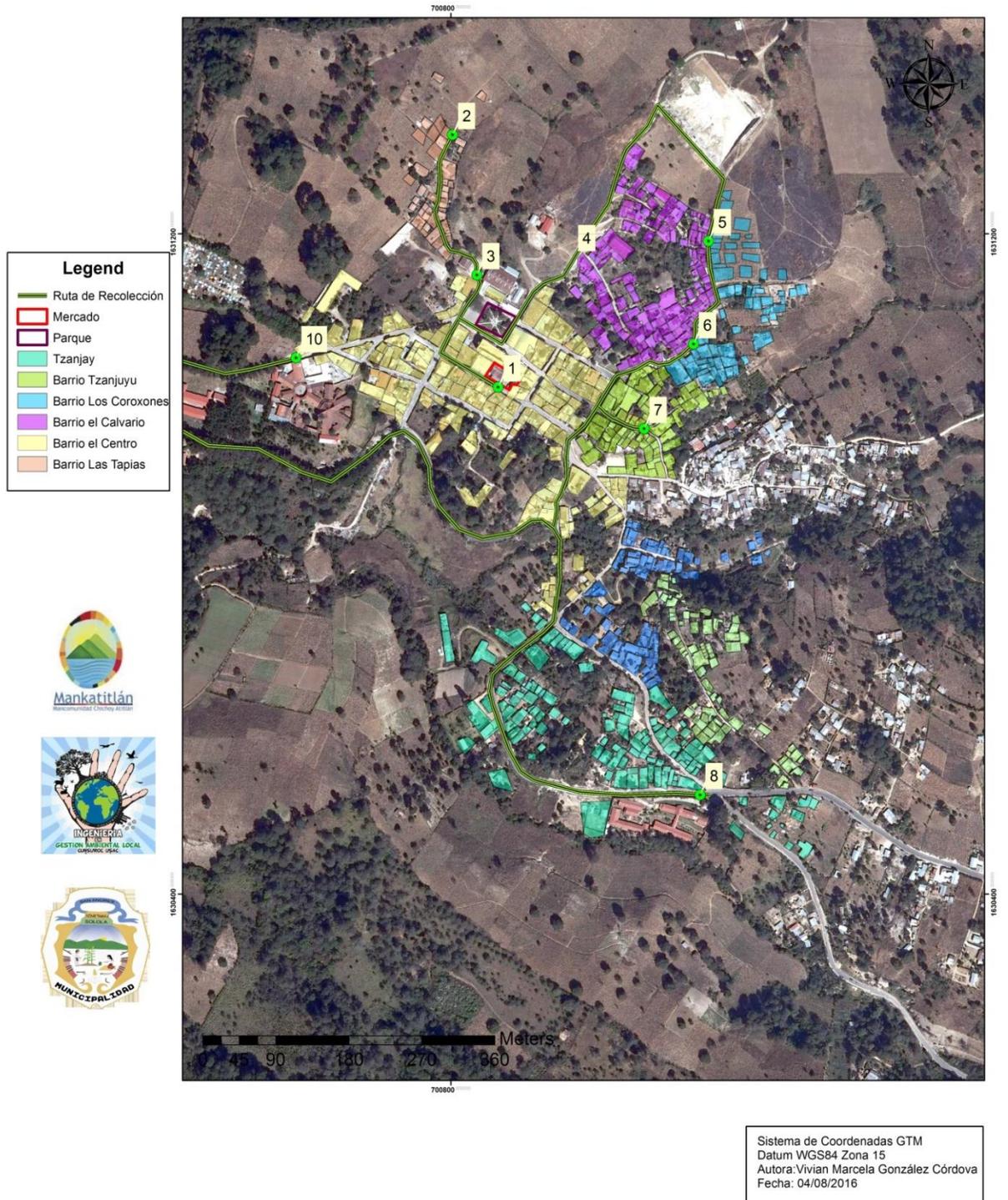


Figura No. 20 Ruta de recolección desechos orgánicos.

RUTA DEL TREN DE ASEO MUNICIPAL DÍA MARTES Y JUEVES DESECHOS INORGÁNICOS

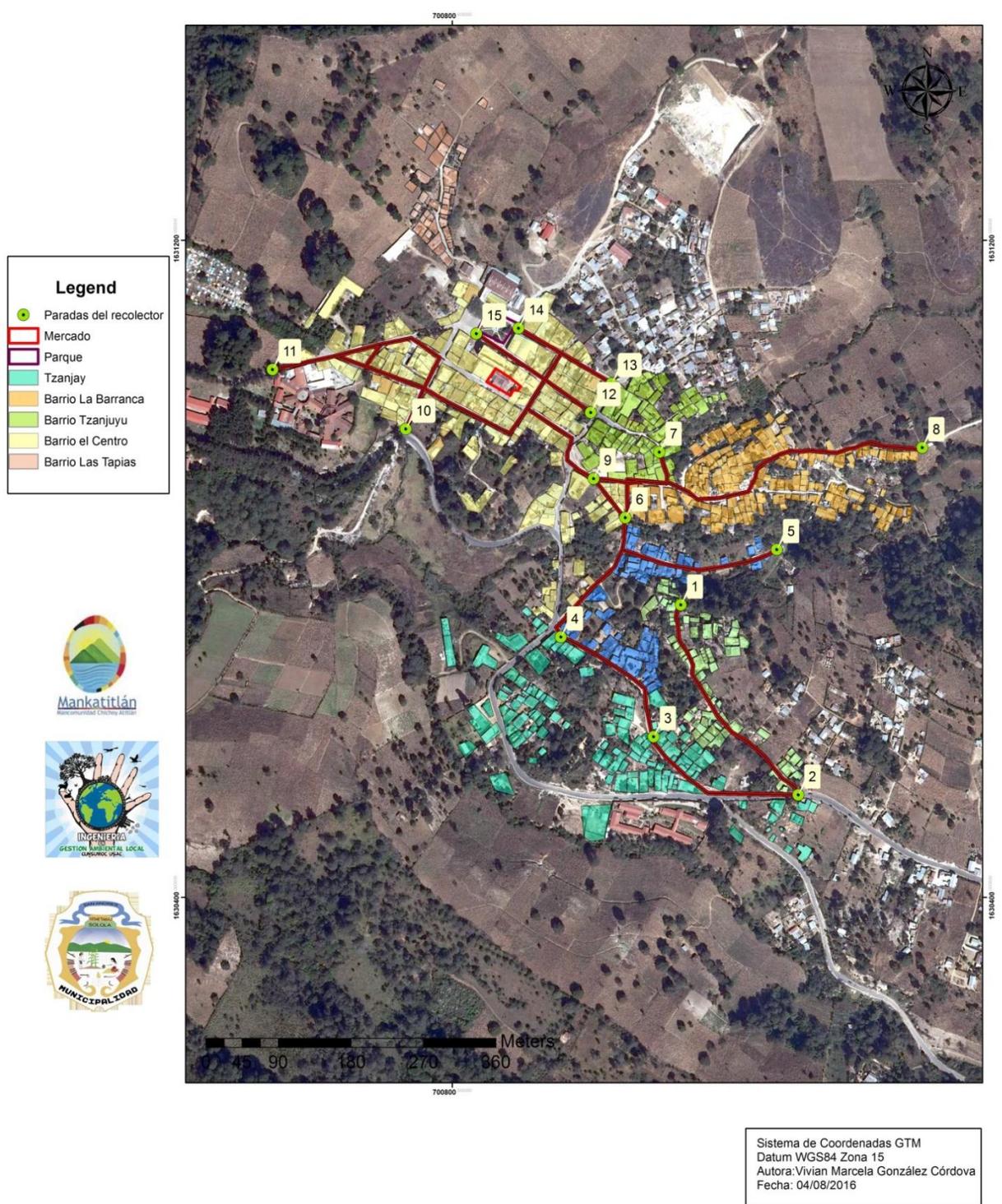


Figura No. 21 Ruta de recolección desechos inorgánicos.

7.7 Propuesta de fase de disposición final de los desechos sólidos del casco urbano del municipio de San Andrés Semetabaj.

Se recomienda la construcción de un relleno sanitario áreas de compost y bodegas para el adecuado manejo de los desechos y residuos sólidos los cuales se especifican a continuación, las dimensiones fueron calculadas en la DMP.

1. Relleno sanitario

El relleno sanitario debe disponer también de los lixiviados que generen los desechos por medio de una planta de tratamiento de aguas residuales, en donde se le debe aplicar lo establecido en el acuerdo gubernativo 236-2006. El área donde se construya el relleno sanitario debe de tener un estudio de impacto ambiental aprobado por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, el área aproximada destinada para el relleno sanitario es de 28,500 m³, para ser utilizado durante 20 años si los desechos inorgánicos son debidamente compactados.

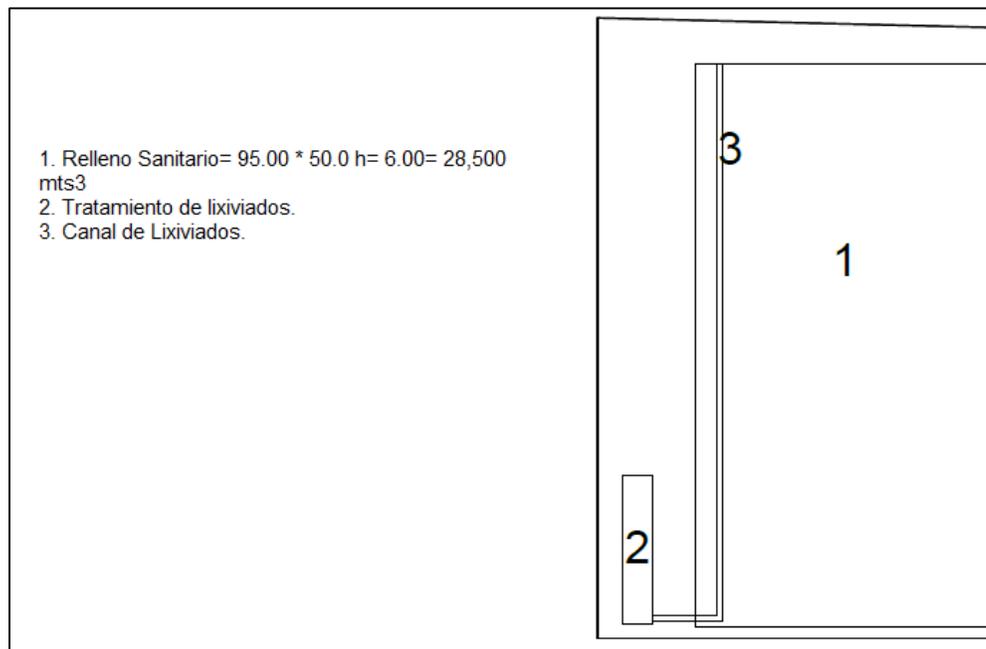


Figura No.22 Relleno sanitario

Fuente: Escobar, 2016.

2. Áreas de compostaje.

El material orgánico debe de estar separado del inorgánico para un buen proceso de descomposición y calidad del abono, el área a utilizar para la construcción de aboneras es de 1,250 m³, esta debe de contar con lámina transparente que permita la entrada de luz solar de manera gradual, el piso debe ser liso y lavable. Su diseño como propuesta son 3 módulos o fases que describen a continuación.

En cada módulo se acumularán los desechos orgánicos de una semana inoculando estos el día siete y se realizarán volteos semanales para su adecuada oxigenación, manejando mensualmente un total de cuatro cargas, de desechos orgánicos inoculados y en proceso de fermentación.

El proceso de maduración, compostaje desde su inoculación será de doce semanas obteniendo por lo tanto una cosecha semanal entre 10 y 20 quintales de abono orgánico embalado.

Los líquidos serán trasladados por medio de un drenaje francés a una caja recolectora o tanque de lixiviados donde se les dará un tratamiento adecuado.

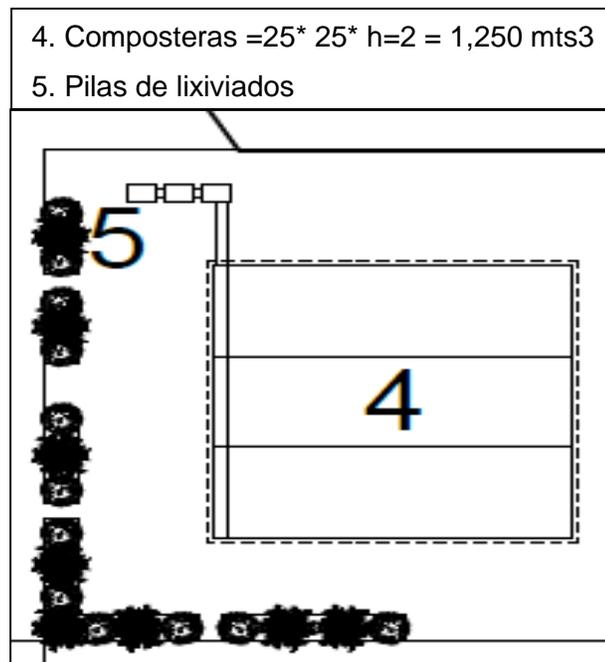


Figura No.23 Área de compostaje.

Fuente: Escobar, 2016

3. Bodegas de material reciclable

El material reciclable debe ser almacenado según su tipo y comercialización como: PET, plástico duro y soplado, aluminio, chatarra, vidrio, cartón y papel, cada tipo de material en su respectivo espacio.

Las bodegas deben de estar techadas y separadas con capacidad de almacenamiento de uno a dos meses, para que el material sea comercializado.

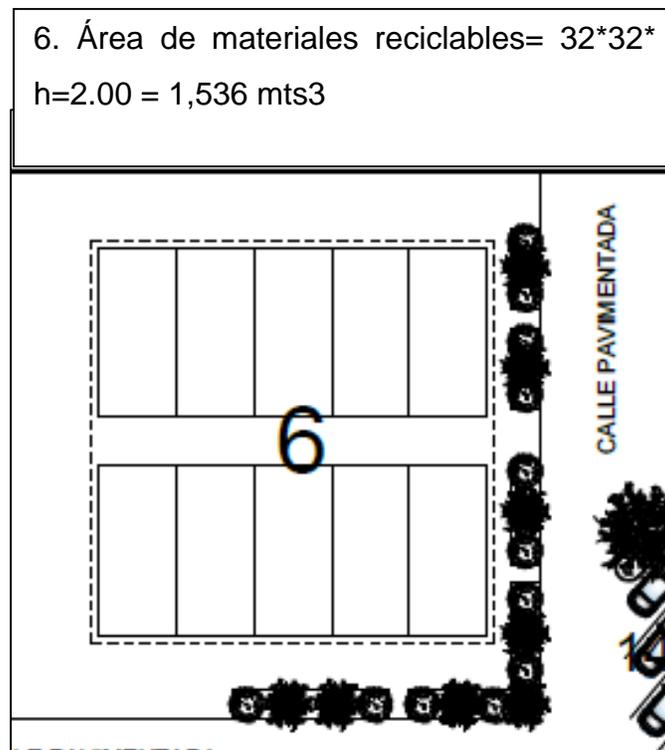


Figura No. 24 Área de material reciclable

Fuente: Escobar, 2016.

VIII. Conclusiones

1. Se propuso un modelo de gestión integral de residuos y desechos sólidos del casco urbano del municipio de San Andrés Semetabaj, departamento de Sololá en donde se evaluó la recolección de los desechos desde el almacenamiento, transporte y disposición final por medio de entrevistas, visitas de campo, revisiones de literatura, caracterizaciones e intercambios de experiencia con la finalidad de obtener un modelo efectivo y viable.
2. Se determinaron las características cualitativas de los desechos sólidos del casco urbano del municipio de San Andrés Semetabaj, donde se obtuvo la producción semanal de una muestra comprendida por 119 usuarios que generan 2,873.81 kg/semanales de material orgánico, 204.45 kg/semanales de material reciclable y 1,019.68 kg/semanales de material no reciclable. Para obtener los datos se realizó la clasificación de los desechos y peso de los mismos durante cuatro días de la semana comprendida del lunes 27 de junio al domingo tres de julio.
3. Utilizando los datos de peso por estrato domiciliario y servicios municipales se obtuvo la producción per cápita del casco urbano del municipio de San Andrés Semetabaj, la cual es de 0.4172 kg/habitante/día así mismo se obtuvo la densidad de los desechos según sus cualidades físicas utilizando una caja con un volumen conocido.
4. La cobertura del servicio de recolección de desechos sólidos del casco urbano del municipio de San Andrés Semetabaj cubre un 20% de los usuarios por lo que se considera ineficiente ya que este solo tiene 180 usuarios activos de los 862 totales del casco urbano. Esto se debe a problemas socioculturales del pago por servicios de limpieza y poco interés de las personas por dar un manejo adecuado a sus desechos.

5. Se identificaron las fases de tratamiento y se propusieron las siguientes disposiciones: Relleno sanitario, el cual debe contar con todos los lineamientos fitosanitarios, legales y dimensiones establecidas con la proyección de la producción per cápita. Área de compostaje, destinada a la descomposición y proceso del material orgánico para su respectiva venta y aprovechamiento como abono orgánico. Bodegas de almacenamiento de materiales reciclados, los que se deberán separar según el tipo de desecho (color, composición física entre otros) y como propuesta se presentó un diseño de planta de tratamiento de desechos sólidos.

IX. Recomendaciones

1. Fomentar por medio de campañas de sensibilización el pago de tarifas de servicios de limpieza y ornato municipales así como la importancia del manejo de los desechos sólidos.
2. Realizar un estudio de mercado de desechos reciclables con distintas empresas que comercialicen el material a nivel local, regional y nacional, para lograr la comercialización de los materiales reciclables.
3. Mejorar las condiciones del servicio de recolección con la compra de equipo de protección personal para operarios y herramientas de trabajo.
4. Capacitar al personal del tren recolector para incentivar un buen trato a los usuarios así como recomendaciones para el transporte de los desechos punzocortantes.
5. Incentivar a los grupos sociales organizados de aldeas y caseríos para el manejo adecuado de los desechos sólidos y el pago de un servicio de tren de aseo.

X. Bibliografía

1. Alvarado C., E.J. 2010. Evaluación y propuesta de mejora de la situación actual del manejo de los desechos sólidos en el municipio de Palencia, Departamento de Guatemala. Tesis de la Facultad de Ingeniería Mecánica Industrial. USAC. Facultad de Ingeniería. (Documento en línea). Consultado el 29 de marzo del 2016. Disponible en: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_2170_IN.pdf
2. AMSCLAE. 2015. Estudio de Factibilidad para la construcción del Centro de Manejo de desechos Sólidos de San Andrés Semetabaj Sololá. (Documento Digital). Consultado el 10 de marzo del 2016.
3. Capacitación para el reciclado de residuos orgánicos fuente de sustratos, abonos y acondicionadores de suelos degradados. s.f. (Documento en digital). Consultado el 8 de marzo del 2016.
4. De la Cruz, R. (1976). Clasificación de zona de vida de Guatemala basada en el sistema Holdridge. Unidad de Evaluación y Promoción. Instituto Nacional Forestal. Guatemala. (Documento digital). Consultado el 10 de marzo del 2016.
5. Desechos Sólidos. s.f. Panorama del medio ambiente Guatemala. Capítulo II. (Documento en línea). Consultado el 8 de marzo del 2016. Disponible en: http://www.infoiarna.org.gt/dmdocuments/1_pu_pro_per_04Perfam_2G%20-%20Desechos%20solidos.pdf
6. Escobar, J. 2016. Diseño y presupuesto de planta de tratamiento de desechos sólidos. San Andrés Semetabaj, Sololá, Guatemala.

7. Fileni, E.; Pomés, A. 2000. Manual operativo de valorización de residuos sólidos urbanos para medianos y pequeños asentamientos de Argentina. (Documento en línea). Consultado el 29 de marzo del 2016. Disponible en: http://www.ambiente.gov.ar/archivos/web/DCA/File/manual_operativo_valorizacion.pdf88
8. Glynm, H. 1999. Ingeniería Ambiental. 2ª. Ed. México, DF. Pearson Prentice Hall. (Documento digital). Consultado el 10 de marzo del 2016.
9. González C., M. A. 2014. Elaboración y evaluación de compost a partir de la fracción orgánica de residuos municipales. Distrito de José Crespo y Catillo, Perú. (Documento en línea). Consultado el 8 de marzo del 2016. Disponible en: [de_residuos_biodegradables._practicas_preprofesionales._Aucayacu](#)
10. INAB (Instituto Nacional de Bosques). 2005. Programa de hidrogeología forestal. Guatemala. (Documento en línea). Consultado el 30 de marzo del 2016. Disponible en: File:///D:/Downloads/430_ProgramaHidrogeliaForestalINAB.pdt
11. INSIVUMEH. (Instituto de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología). 1980. Zonas climáticas de Guatemala. (Documento en línea). Consultado el 29 de marzo del 2016. Disponible en: <http://www.insivumeh.gob.gt/meteorologia/zonas%20climaticas.htm>
12. Jaramillo, J. 1999. Gestión integral de residuos sólidos municipales. (Documento en línea). Consultado el 10 de mayo del 2016. Disponible en: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/acodal/viii.pdf>

13. Lagares B., P.; Puerto A., J. 2001. Población y muestra. Técnicas de muestreos. (Documento en Línea). Consultado el 10 de mayo del 2016. Disponible en http://optimierung.mathematik.unikl.de/mamaeusch/veroeffentlichungen/ver_texte/sampling_es.pdf
14. MARN. (Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales). 2005. Indicadores Ambientales Municipales. Guatemala. (Documento Digital). Consultado el 10 de mayo del 2016.
15. Mankatitlán. 2007. Diagnóstico Ambiental del Municipio de San Andrés Semetabaj, Sololá, Guatemala. (Documento Digital). Consultado el 10 de marzo del 2016.
16. Penido, J.; Mansur, G. 2006. Manual de Gestión integrada de Residuos Sólidos municipales en ciudades de América Latina y el Caribe. IBAM. Río de Janeiro. (Documento en línea). Consultado el 9 de mayo del 2016. Disponible en: http://www.ibam.org.br/media/arquivos/estudos/girs_esp.pdf
17. Programa para la Descentralización y Desarrollo Municipal de la GTZ. Instituto de Incidencia Ambiental. 2005. Indicadores Ambientales Municipales. Manual para determinar el estado de gestión de los desechos sólidos y el agua a nivel local en la República de Guatemala. (Documento Digital).
18. Reyes, L. 2001. Muestra de aleatorio simple y matemático, técnica y métodos de investigación. (Documento en línea). Consultado el 10 de marzo del 2016. Disponible en: reyesestadistica.blogspot.com/2011/07/muestreo-simple-aleatorio.html

19. Román, P.; Martínez, M.; Pantoja, A. 2013. Manual de compostaje del agricultor experiencias en América Latina. FAO. (Documento en línea). Consultado el 9 de mayo del 2016. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-i3388s.pdf>
20. Simmons, Ch.S.; Táran T., J.M.; Pinto Z., J.H., 1959. Clasificación de reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala. Guatemala. (Documento Digital). Consultado el 9 de mayo del 2016.
21. Soluciones Ambientales. 2007. Gestión de Residuos. (Documento en línea). Consultado el 10 de marzo del 2016. Disponible en: <http://tostost.blogspot.com/2007/12/gestin-de-residuos-slidos-domiciliarios.html>
22. Tchobanoglous, G.; Theissen, H.; Eliassen, R. 1982. Desechos sólidos principios de ingeniería y administración. Venezuela. (Documento en línea). Consultado el 9 de mayo del 2015. Disponible en: <http://www.bvsde.paho.org/acrobat/desechos.pdf>


Vo.Bo. Licda. Ana Teresa de González
Bibliotecaria CONSUROC.



XI. Anexos.

11.1 Croquis del municipio de San Andrés Semetabaj

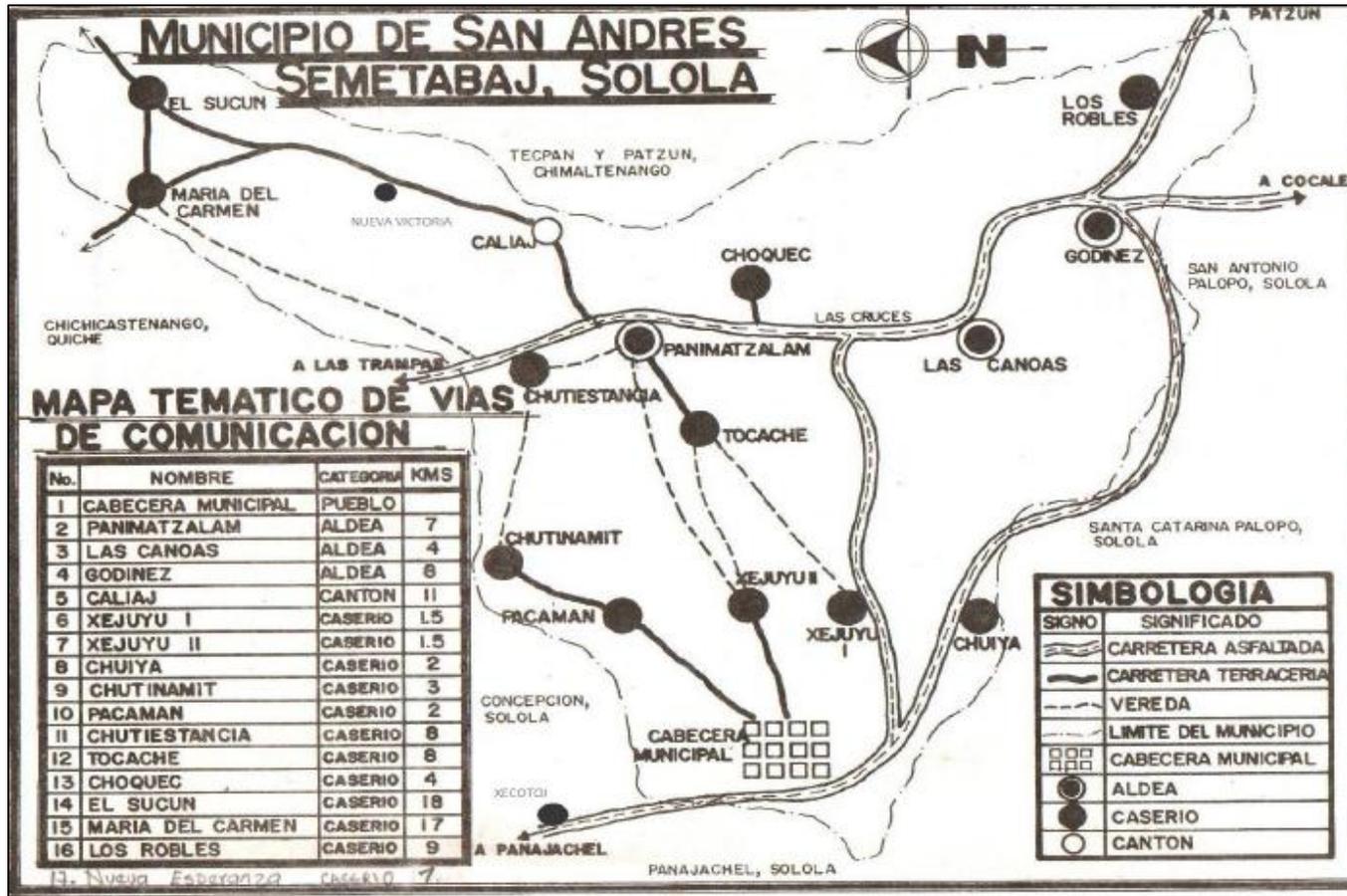


Figura No 25. Mapa temático del municipio de San Andrés Semetabaj

Fuente: Fuente: Xep Cumes, 2016

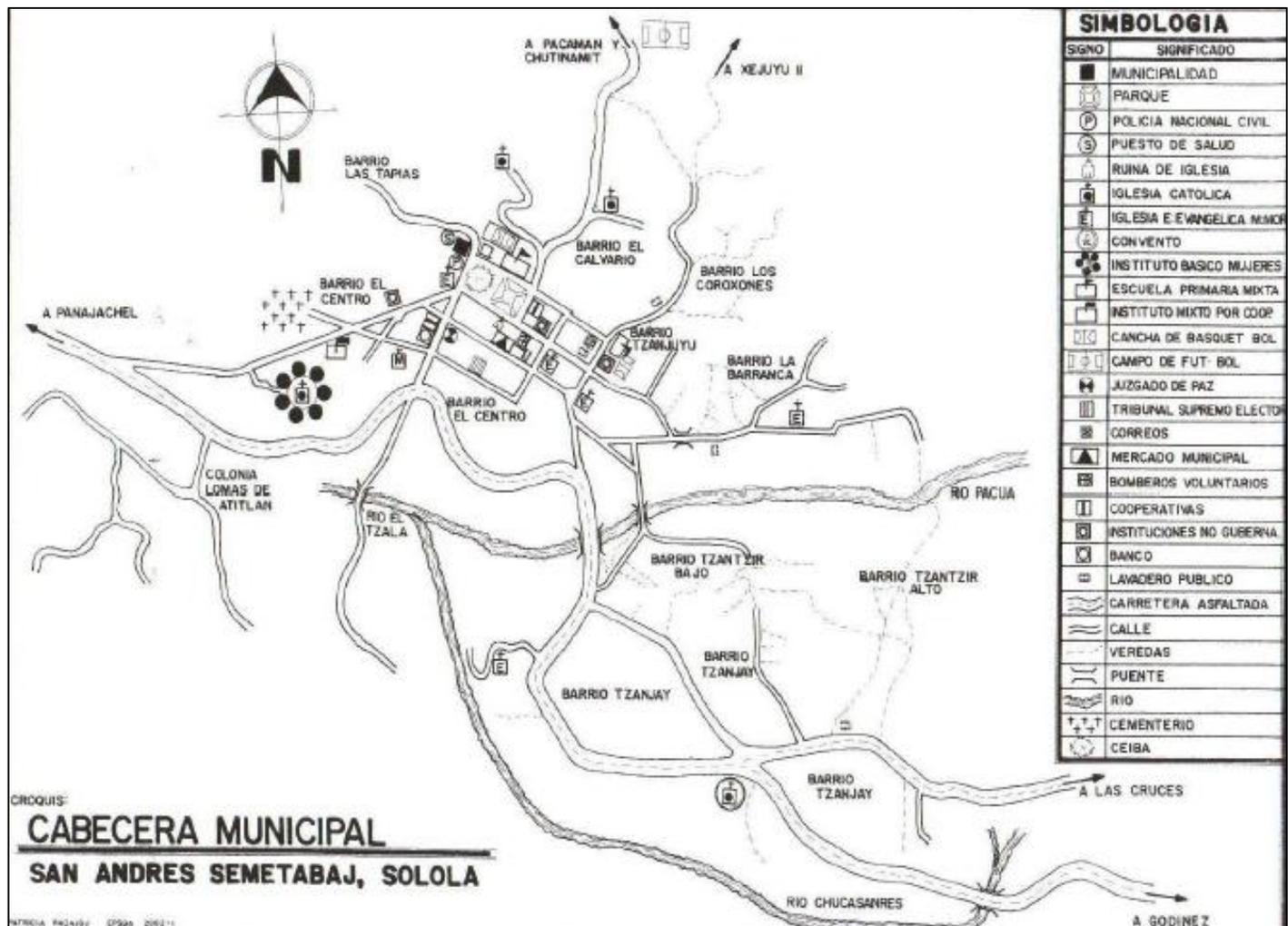


Figura No 26. Mapa del casco urbano del municipio de San Andrés Semetabaj
Fuente: Fuente: Xep Cumes, 2016

11.2 Entrevista realizada a usuarios sobre el manejo de los residuos sólidos domiciliarios.

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE SUR OCCIDENTE CUNSUROC
INGENIERIA EN GESTIÓN AMBIENTAL LOCAL**

**MANCOMUNIDAD DE MUNICIPIOS DE KAQCHIKEL CHICHOY ATITLÁN,
MANKATITLÁN**

GUÍA DE ENCUESTA

1. ¿Cuántas personas viven en esta casa?

2. ¿Cuál es el nivel de escolaridad de los miembros de su domicilio?

- NINGUNO
PRIMARIO
BÁSICO
DIVERSIFICADO
UNIVERSITARIO

3. ¿Cuántos días a la semana pasa el camión de la basura a su vivienda?

1	2	3	4	5	6	7	NINGUNA
---	---	---	---	---	---	---	---------

4. ¿Cuánto paga por el servicio de recolección de desechos sólidos?

5. ¿Separa su basura?

Si no

¿Cómo la separa? _____

6. ¿Qué tipo de recipiente utiliza para almacenar su basura?

7. ¿A qué hora pasa el camión recolector?

Por la mañana

Por la tarde

Por la noche

8. ¿Servicios que disponen?

Energía eléctrica

Agua potable

Cable

8. ¿Cómo califica el servicio de recolección de desechos?

Excelente	Bueno	Regular	Malo
-----------	-------	---------	------

¿Por qué?

9. ¿El personal que se encarga de recoger los desechos sólidos utiliza equipo de protección personal?

SI

NO

¿Qué tipo? _____

10. Si no utiliza el tren de aseo, ¿Qué manejo le da a sus desechos?

La quema

La tira en la calle

Entierra

La tira en algún barranco

Otra: _____

11. ¿Sabe usted como debe separarse la basura?

SI NO

¿Cómo? _____

12. ¿Sabe que es reciclaje?

SI NO

13. ¿Estaría dispuesto en participar en una campaña de reciclaje?

SI NO

14. ¿Qué problemas considera que pueda causarle a usted y familia los desechos sólidos?

Mencione: _____

15. ¿De qué actividad vive la Familia?

Empleo formal

Empleo informal

16. ¿Qué tipo de material tiene el piso de su vivienda?

Tierra

Cemento

Cerámico

11.3 Números aleatorios

Cuadro No. 17 números aleatorios

48	49	50	51	50	46	47	56	47	38
53	50	47	46	48	47	48	46	46	50
42	51	51	49	47	51	48	47	42	49
46	48	50	47	48	47	51	56	45	49
45	54	61	46	48	46	46	47	50	34
46	46	51	39	53	55	52	49	47	46
33	40	52	46	44	52	44	54	41	33
48	49	52	42	42	49	47	47	38	48
44	43	44	40	44	45	49	44	43	42
49	49	48	41	51	51	52	42	40	47
37	48	45	46	50	45	47	53	43	47
44	40	46	46	45	48	47	42	47	46
52	53	47	49	46	47	49	42	43	42
43	38	52	50	44	52	44	53	43	45
41	57	47	48	52	53	40	49	40	50
45	42	44	53	57	46	62	47	50	47
45	51	43	45	39	39	41	44	35	41
54	48	51	53	54	42	48	51	37	38
42	37	52	50	45	55	51	46	38	43
53	43	42	39	46	52	53	39	51	40

Fuente: Reyes, L., 2011.

11.4 Entrevista a personal del tren de aseo

1. ¿Utiliza equipo de protección personal? tales como: guantes, botas hule, mascarilla y gabacha?

SI NO

Observaciones: _____

2. ¿Tienen las herramientas necesarias para ejercer su trabajo? tales como: machete, pala, etc.

SI NO

Observaciones:

3. ¿Se han lastimado en sus labores con algún objeto punzocortante?

SI NO

Si su respuesta es afirmativa ¿Ha recibido asistencia médica en el momento de sufrir algún accidente?

SI NO

Observaciones: _____

4. ¿Qué material punzocortante es más frecuente encontrar en los residuos sólidos? _____

11.5 Mapas del casco urbano del municipio de San Andrés Semetabaj

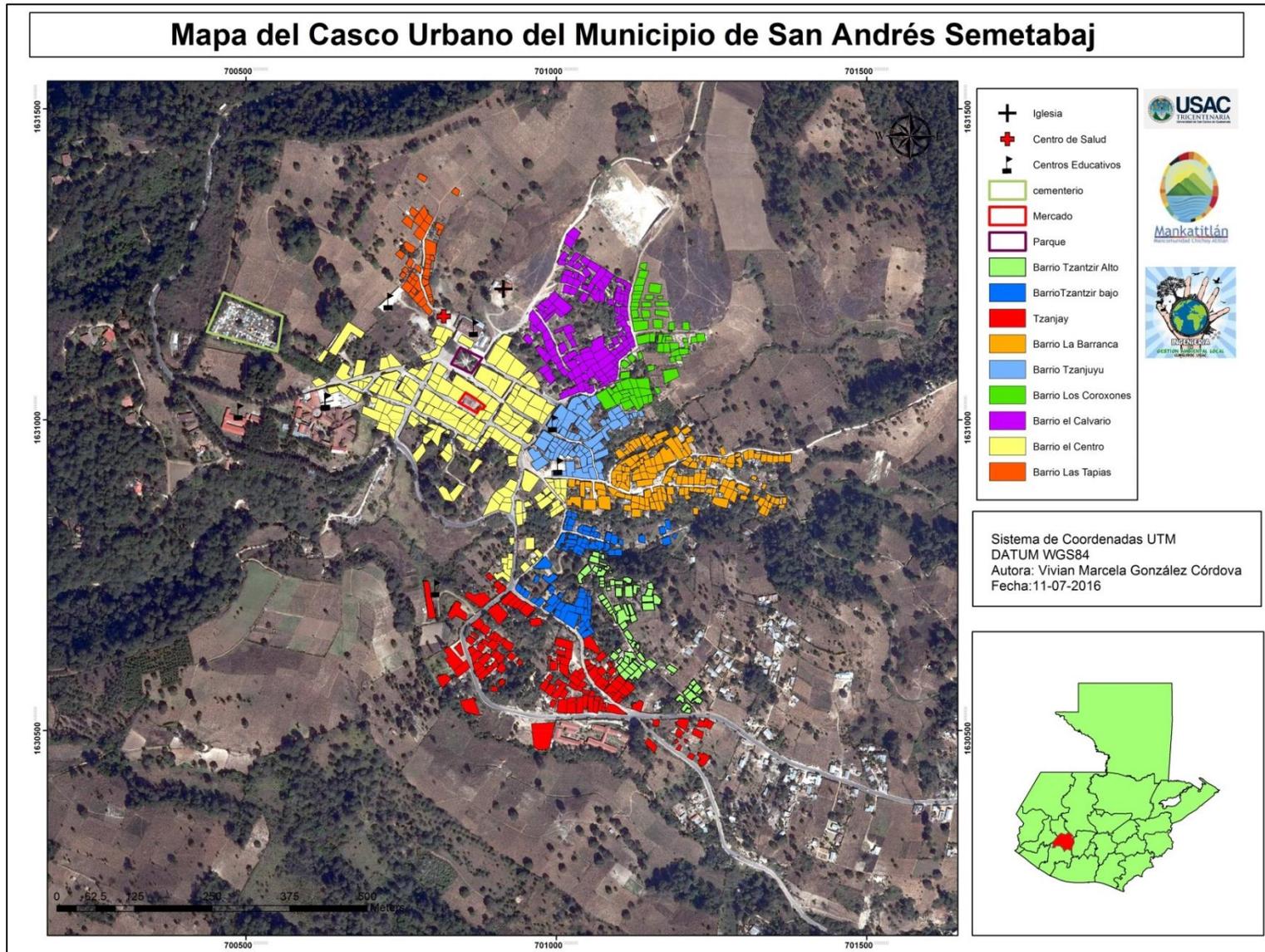


Figura No. 27 Casco urbano del municipio de San Andrés Semetabaj

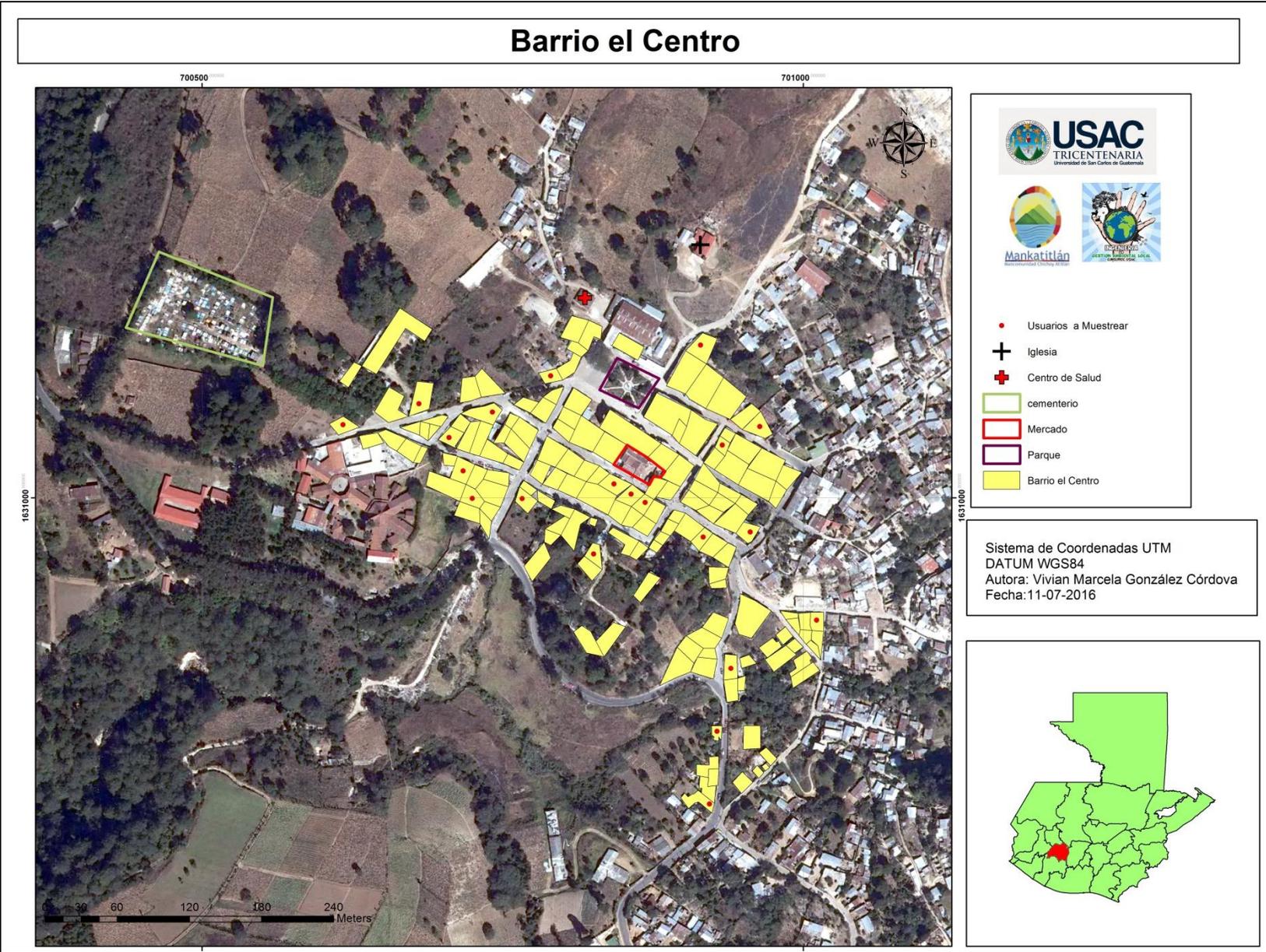


Figura No. 28 Mapa de barrio el Centro

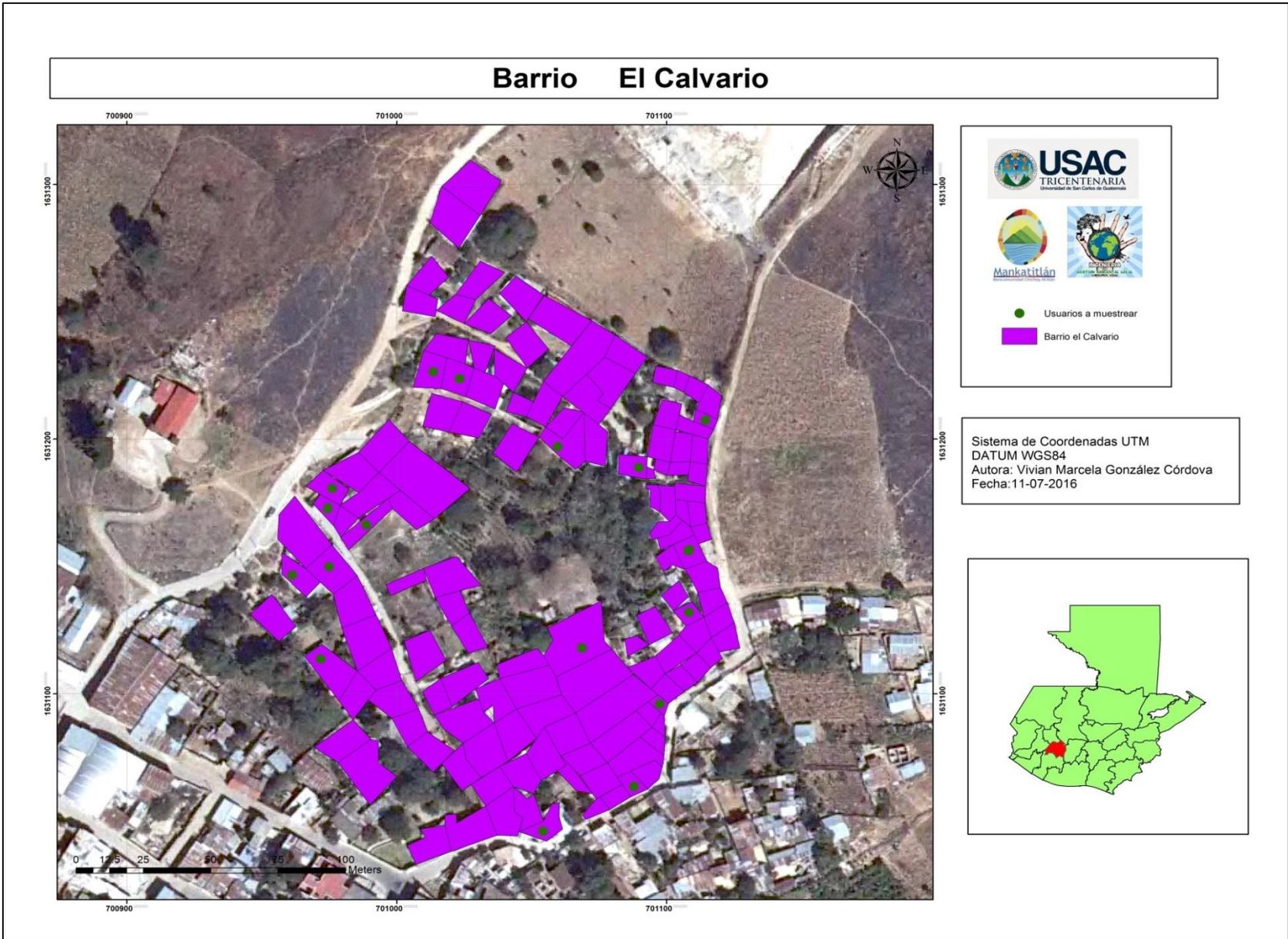


Figura No. 29 Mapa de barrio el Calvario

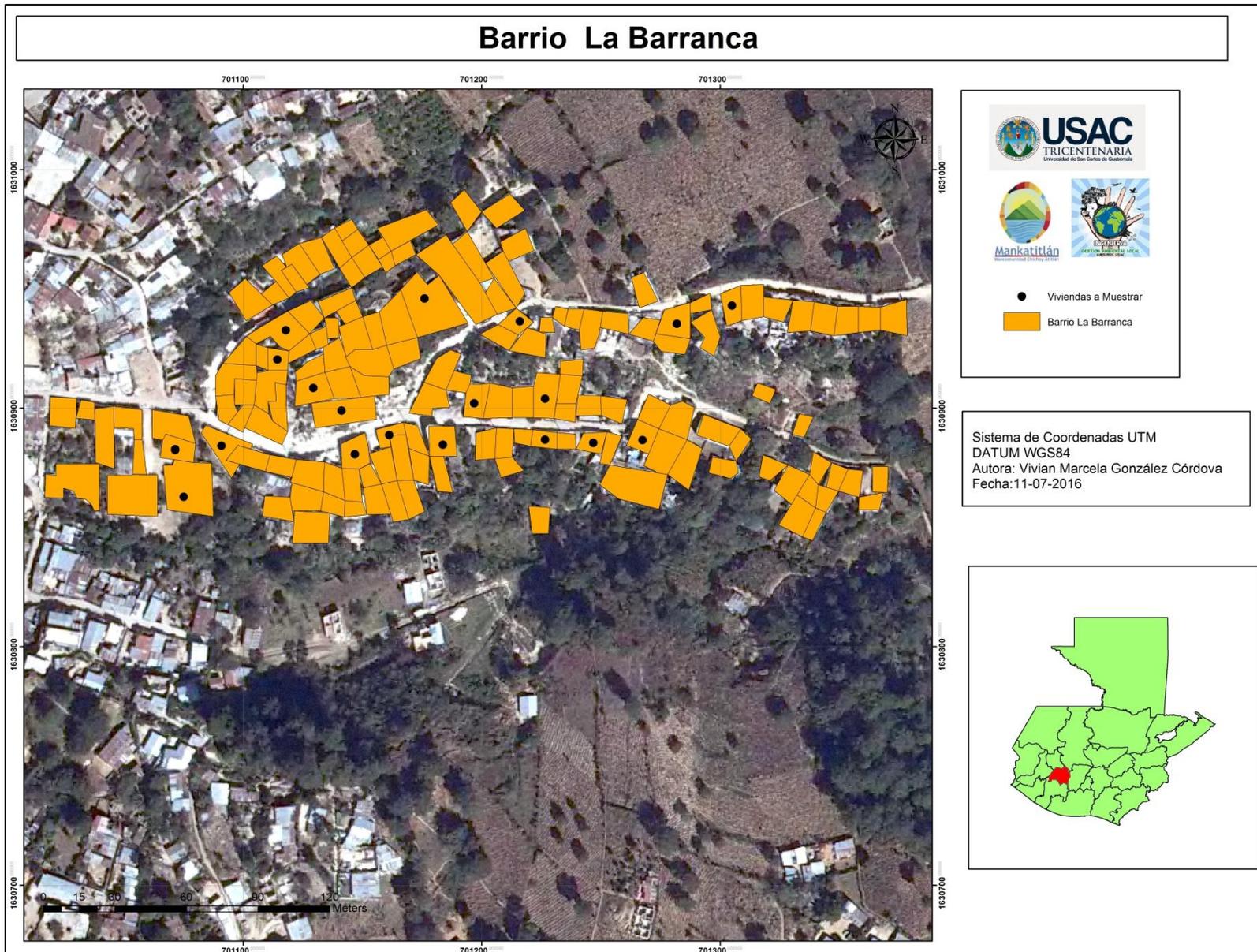


Figura No. 30 Mapa de barrio la Barranca

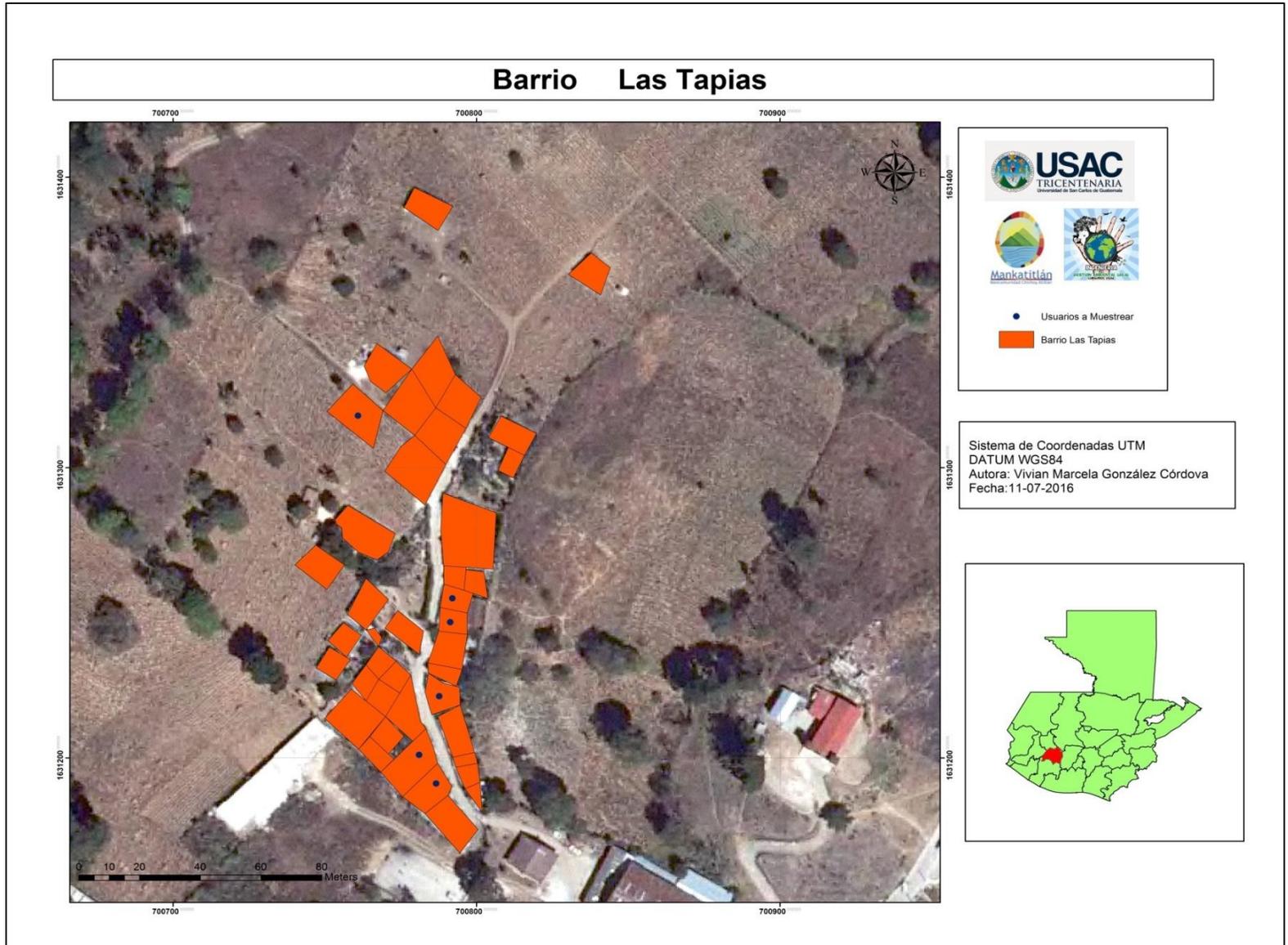


Figura No. 31 Mapa de barrio las Tapias

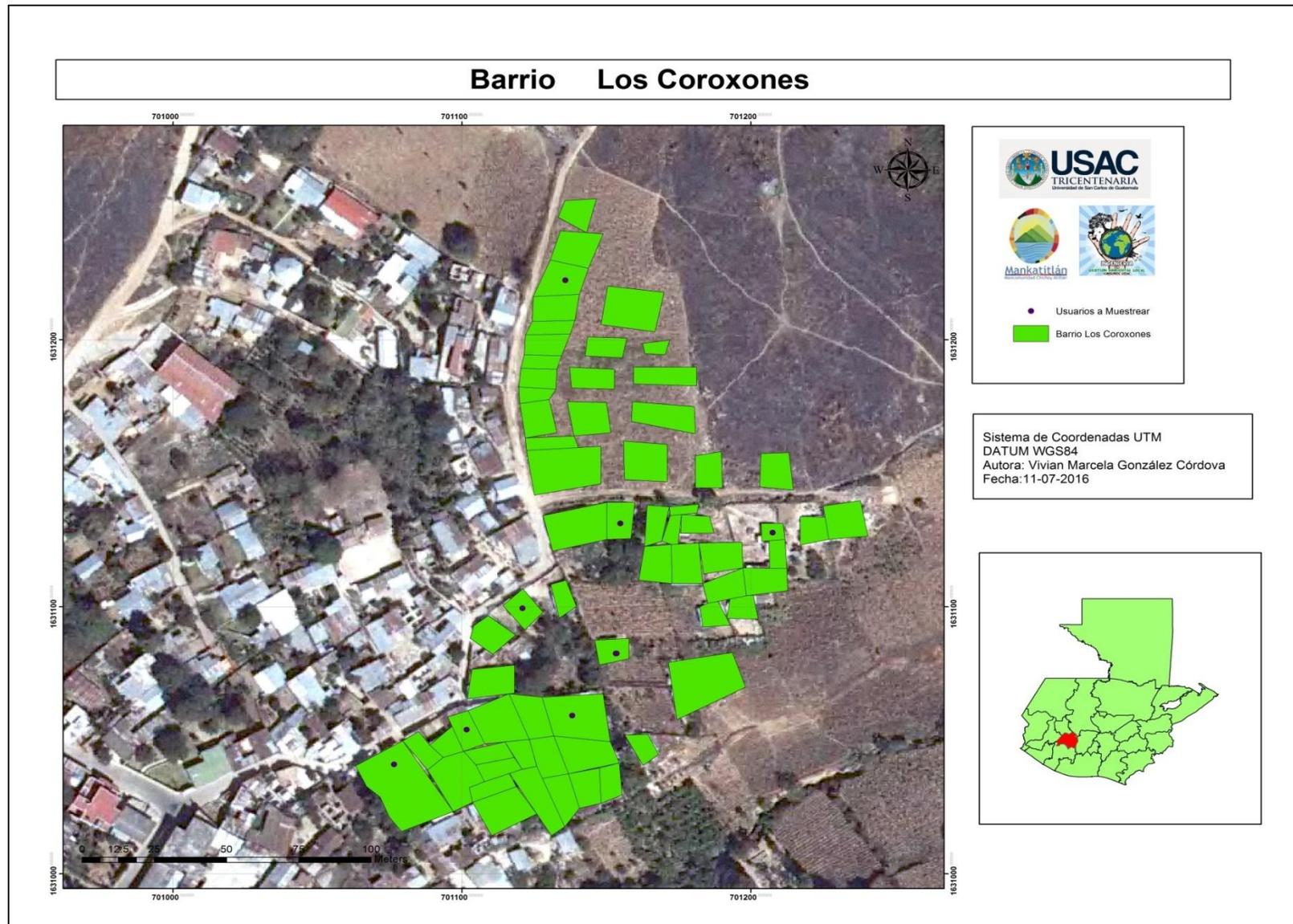


Figura No. 32 Mapa de barrio Coroxones

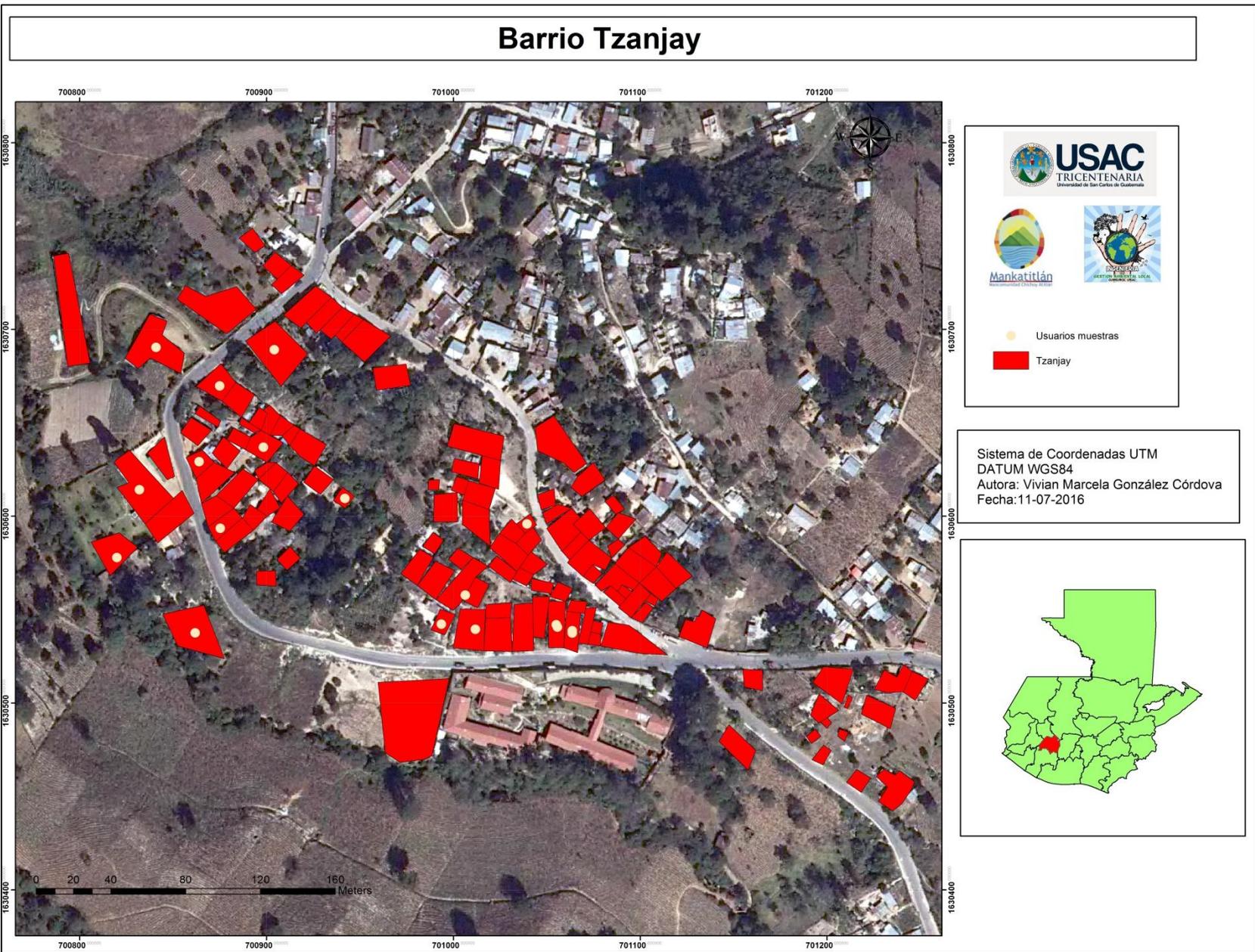


Figura No. 33 Mapa de barrio Tzanjay

Barrio Tzanjuyu

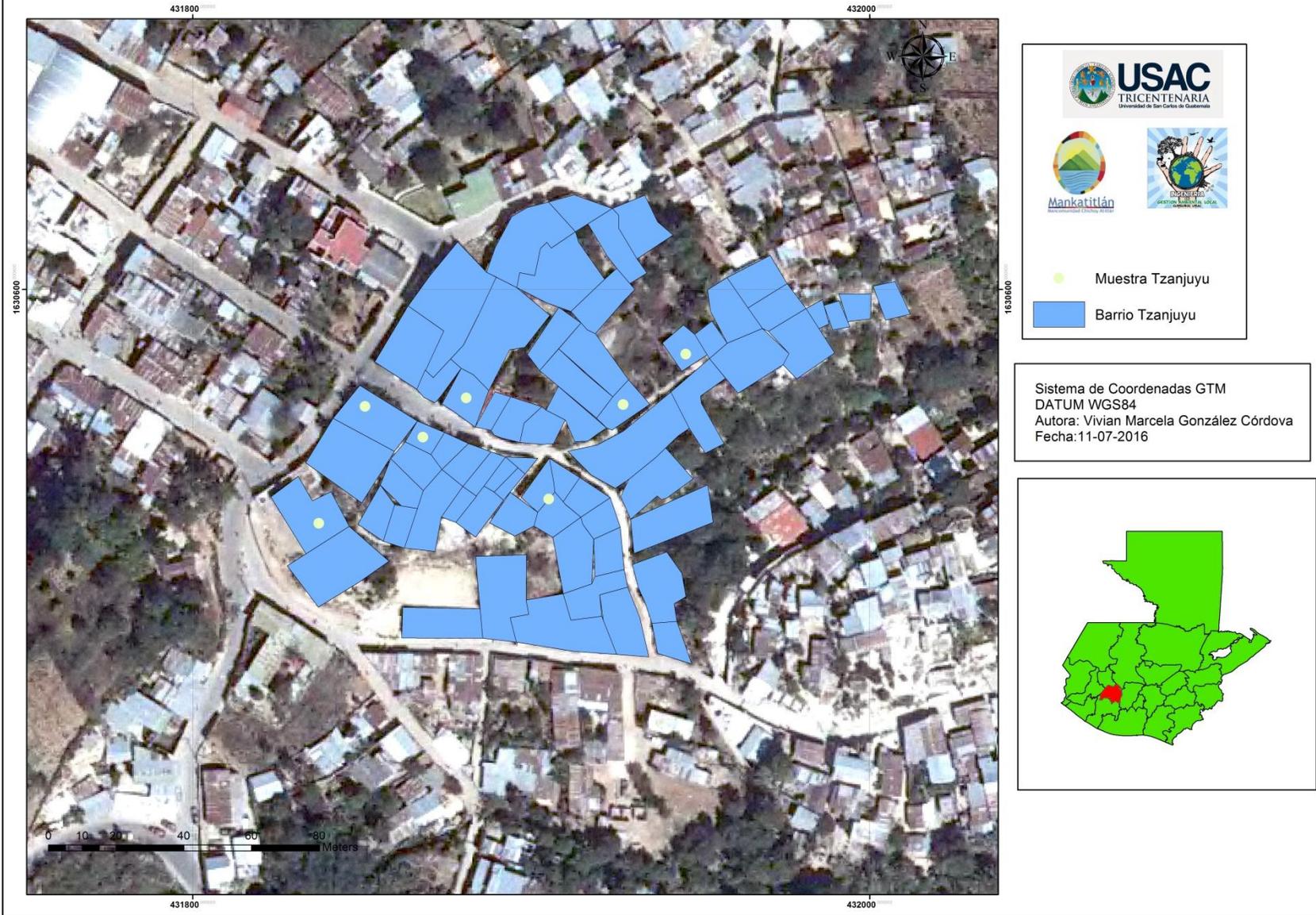


Figura No. 34 Mapa de barrio Tzanjuyu.

Barrio Tzantzir Alto

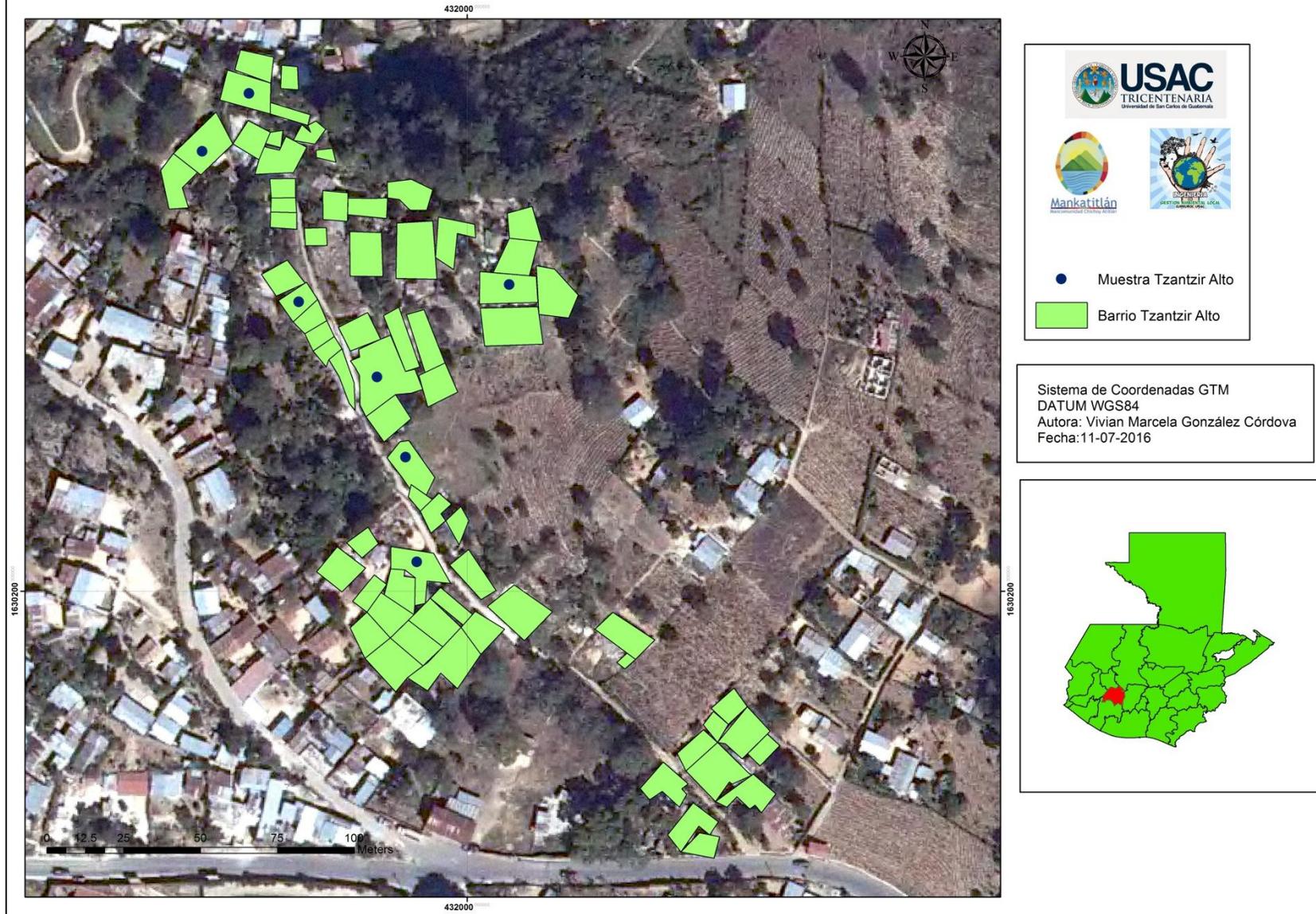


Figura No. 35 Mapa de barrio Tzantzir Alto

Barrio Tzantzir bajo

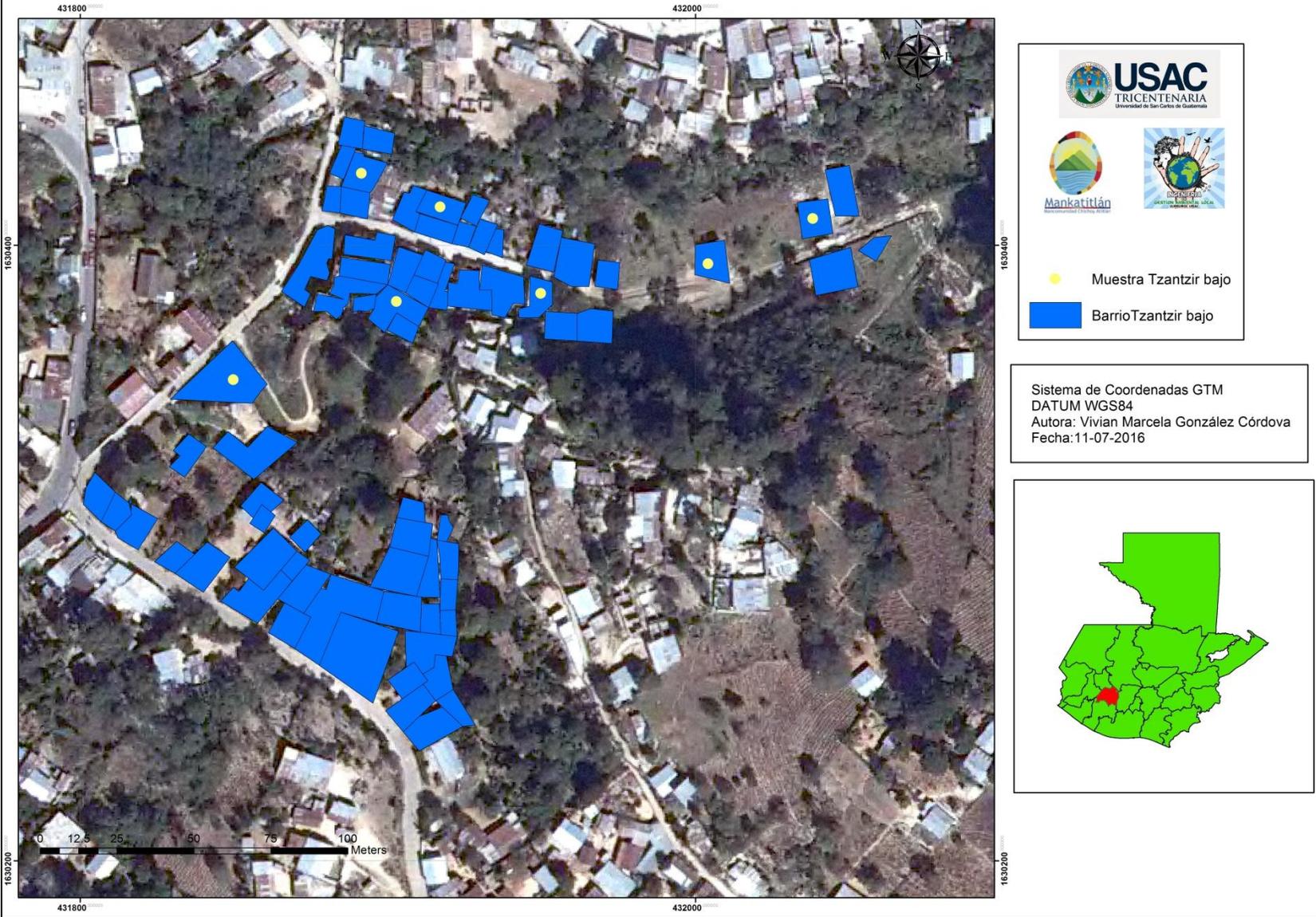


Figura No. 36 Mapa de barrio Tzantzir Bajo

11.6 Diseño planta de tratamiento de desechos sólidos, municipio de San Andrés Semetabaj Sololá

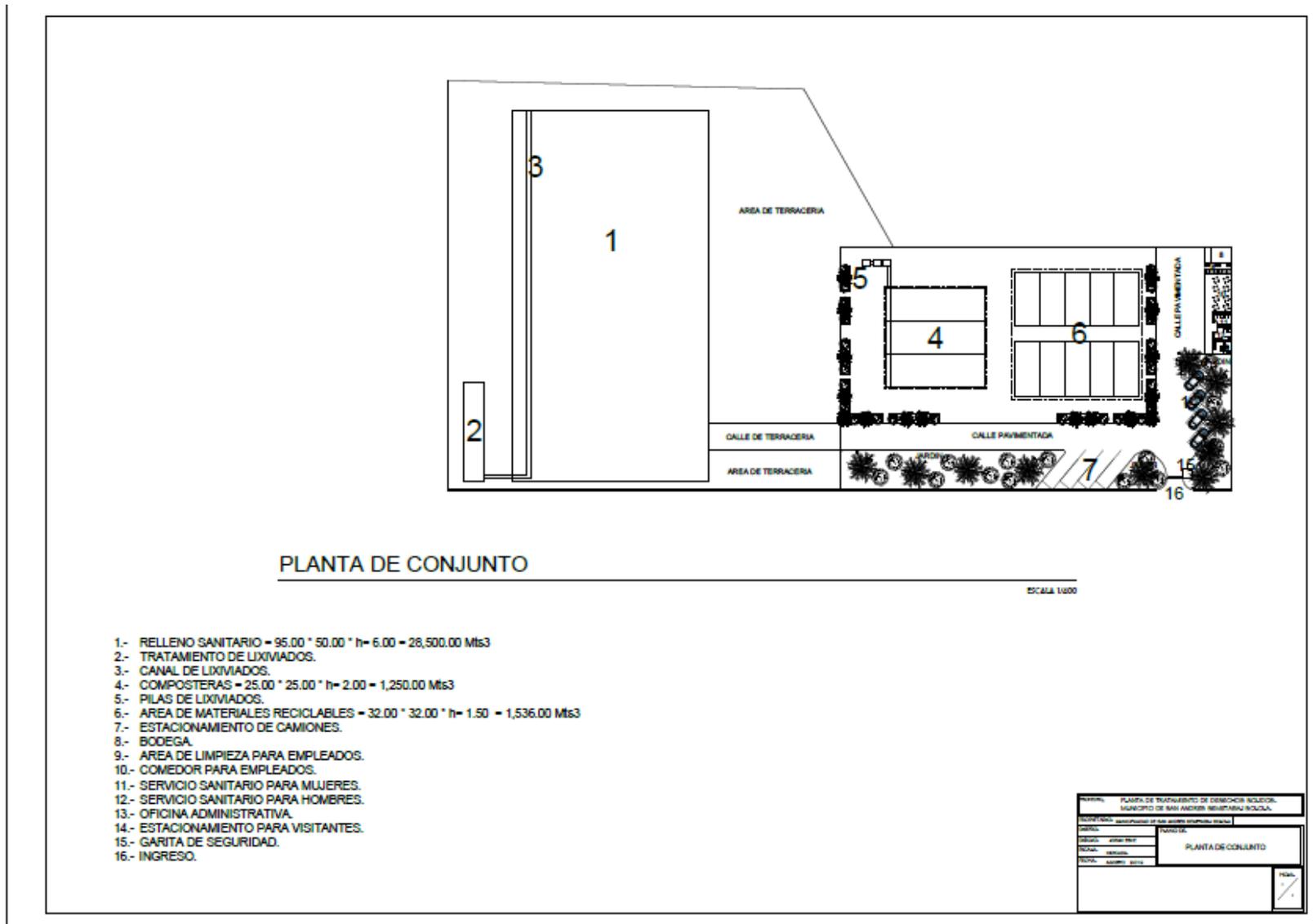


Figura No. 37 Diseño de planta de tratamiento de desechos sólidos.

Fuente: Elaborado por Escobar Jorge, 2016.

11.7 Presupuesto para planta de tratamiento de desechos sólidos del municipio de San Andrés Semetabaj.

Cuadro no.18 Presupuesto para planta de tratamiento de desechos sólidos, municipio de san Andrés Semetabaj Sololá.

LUGAR: SAN ANDRÉS SEMETABAJ SOLOLÁ

MUNICIPIO: SAN ANDRÉS SEMETABAJ

DEPARTAMENTO: SOLOLÁ

No.	REGLON	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO Q	TOTAL Q
1	Relleno sanitario	28500.00	Mts3	3.00	85,500.00
2	Tratamiento de lixiviados	125.00	Mts2	800.00	100,000.00
3	Área techada de compostaje.	625.00	Mts2	600.00	375,000.00
4	Pila de lixiviados	3.00	UNIDAD	800.00	2,400.00
5	Área techada de materiales reciclables	1024.00	Mts2	600.00	614,400.00
6	Oficina administrativa	23.47	Mts2	1,900.00	44,593.00
7	Servicios sanitarios	49.27	Mts2	2,000.00	98,540.00
8	Comedor	65.40	Mts2	1,500.00	98,100.00
9	Área de limpieza para empleados	18.22	Mts2	1,800.00	32,796.00
10	Bodega	27.98	Mts2	1,800.00	50,364.00
11	Área pavimentada de calles y estacionamientos	1385.63	Mts2	500.00	692,815.00
12	Área jardinizada	1100.00	Mts2	200.00	220,000.00
13	Muro perimetral	2191.00	Mts2	600.00	1,314,600.00
14	Bordillo	221.00	MtsL	190.00	41,990.00
TOTAL DEL PROYECTO:					3,771,098.00

Fuente: Elaborado por Escobar J, 2016.

11.8 Fotografías de la caracterización de desechos sólidos.



Figura No.38. Recolección de desechos del mercado



Figura No.39. Pesaje de desechos del mercado



Figura No.40. Descarga de desechos a caracterizar



Figura No.41. Recolección de costales con desechos domiciliarios.

Fuente: Elaborado por Iztupe, 2016



Figura No.42. Método de densidad de los desechos domiciliars.

Fuente: Elaborado por Iztupe, 2016



Figura No.43. Georreferenciación de viviendas.

Fuente: Elaborado por Iztupe, 2016



Figura No.44. Charla de clasificación de los desechos con usuarios participantes.

Fuente: Elaborado por Chopen, 2016

Mazatenango, Suchitepéquez 20 de abril del año 2017

Inga. Agra. Iris Yvonnee Cárdenas Sagastume.
Coordinadora de la Carrera
Ingeniería en Gestión Ambiental Local -IGAL-
Centro Universitario del Suroccidente

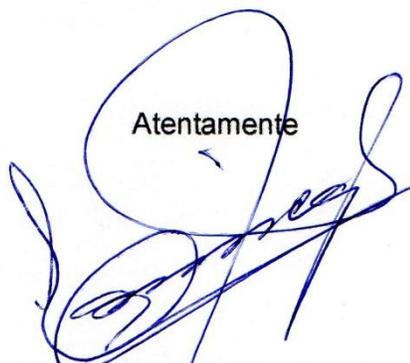
Respetable Inga. Cárdenas

Muy respetuosamente me dirijo a usted, para presentarle el informe final de investigación inferencial titulado: "MODELO DE GESTIÓN INTEGRAL DEL MANEJO DE LOS DESECHOS Y RESIDUOS SÓLIDOS DEL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE SAN ANDRÉS SEMETABAJ, SOLOLÁ". Presentado por la estudiante: Vivian Marcela González Córdova, quien se identifica con número de carné 201240534, dentro del programa de Ejercicio Profesional Supervisado de la carrera de ingeniería en Gestión Ambiental Local- EPSIGAL-.

Este documento se presenta para que de acuerdo con el artículo seis, inciso 6.4 del normativo de Trabajo de Graduación, pueda a través de sus buenos oficios darse el procedimiento para poder ser considerado como Trabajo de Graduación, para la obtención del título de ingeniera en Gestión Ambiental Local.

Respetuosamente, se despide de usted.

Atentamente



MSc. Celso González Morales
Supervisor EPSIGAL
Ingeniería en Gestión Ambiental Local
CUNSUROC

Mazatenango, Suchitepéquez 3 de Mayo del año 2017

Inga. Agra. Iris Yvonnee Cárdenas Sagastume.
Coordinadora de la Carrera
Ingeniería en Gestión Ambiental Local -IGAL-
Centro Universitario del Suroccidente

Respetable Inga. Cárdenas

De la manera más atenta, me dirijo a usted, para informarle que de acuerdo al artículo 9 del normativo de trabajo de Graduación de la carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental Local, he realizado la revisión y observaciones de la investigación titulada: "MODELO DE GESTIÓN INTEGRAL DEL MANEJO DE LOS DESECHOS Y RESIDUOS SÓLIDOS DEL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE SAN ANDRÉS SEMETABAJ, SOLOLÁ". Presentada por la estudiante: Vivian Marcela González Córdova, quien se identifica con número de carné 201240534.

Por lo tanto, en mi calidad de revisora le informo que después de realizar el proceso, para lo cual fui asignada como revisora y después de verificar la incorporación de las observaciones por parte de la estudiante a la investigación procedo a dar visto bueno al documento para que continúe con el proceso de mérito.

Respetuosamente,

Atentamente



Inga. Agra. Mirna Lucrecia Vela Armas
Revisora de Trabajo de Graduación
Ingeniería en Gestión Ambiental Local
CUNSUROC

Mirna Lucrecia Vela A.
Ingeniera Agrónoma
Col. No. 3,944

Mazatenango 25 de mayo 2017

Dr. Guillermo Vinicio Tello Cano
Director
Centro Universitario del Suroccidente

Respetable Señor Director:

De la manera más atenta, me dirijo a usted para referirle el Informe Final de Trabajo de Graduación titulado "**Modelo de gestión integral de los desechos y residuos sólidos del casco urbano de San Andrés Semetabaj, Sololá**", de la estudiante **Vivian Marcela González Córdova** con carné número **201240534**, de la Carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental Local.

Con base en el dictamen favorable emitido y suscrito por la Ingeniera Mirna Lucrecia Vela Amas, revisora del informe, el cual fue corregido de acuerdo a las recomendaciones indicadas.

Por lo tanto, en mi calidad de Coordinadora de la Carrera, me permito solicitarle el **IMPRÍMASE** respectivo para que la estudiante continúe con el proceso de mérito y pueda presentarlo en el Acto Público de Graduación.

Sin otro particular



Inga. Agra. Iris Yvonnee Cardenas Sagastume
Coordinadora de Carrera
Ingeniería en Gestión Ambiental Local
CUNSUROC





UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DEL SUR OCCIDENTE
MAZATENANGO, SUCHITEPEQUEZ
DIRECCIÓN DEL CENTRO UNIVERSITARIO

CUNSUROC/USAC-I-04-2017

DIRECCION DEL CENTRO UNIVERSITARIO DEL SUROCCIDENTE,
Mazatenango, Suchitepéquez, el veintiocho de julio de dos mil diecisiete-----

ENCONTRÁNDOSE AGREGADOS AL EXPEDIENTE LOS DICTÁMENES DEL ASESOR Y REVISOR, SE AUTORIZA LA IMPRESIÓN DEL TRABAJO DE GRADUACIÓN TITULADO: **“MODELO DE GESTIÓN INTEGRAL DEL MANEJO DE LOS DESECHOS Y RESIDUOS SÓLIDOS DEL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE SAN ANDRÉS SEMETABAJ, SOLOLÁ”**, DE LA ESTUDIANTE: VIVIAN MARCELA GONZÁLEZ CÓRDOVA, CARNÉ **201240534** DE LA CARRERA INGENIERÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL LOCAL.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


Dr. Guillermo Vinicio Tello Can
Director



/gris