

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
CENTRO UNIVERSITARIO DEL NORTE  
CARRERA DE INGENIERÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL LOCAL**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN**



**PLAN DE MANEJO DE RESIDUOS Y DESECHOS SÓLIDOS  
PRODUCIDOS EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE SAN  
JUAN CHAMELCO ALTA VERAPAZ**

**LESLIE MADELINE GARCÍA NOVALES**

**COBÁN, ALTA VERAPAZ, OCTUBRE DE 2018**

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
CENTRO UNIVERSITARIO DEL NORTE  
CARRERA DE INGENIERÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL LOCAL

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PLAN DE MANEJO DE RESIDUOS Y DESECHOS SÓLIDOS  
PRODUCIDOS EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE SAN  
JUAN CHAMELCO ALTA VERAPAZ

PRESENTADO AL HONORABLE CONSEJO DIRECTIVO DEL  
CENTRO UNIVERSITARIO DEL NORTE

POR

LESLIE MADELINE GARCÍA NOVALES  
CARNÉ 201245653

COMO REQUISITO PREVIO A OPTAR POR EL TÍTULO DE  
INGENIERA EN GESTIÓN AMBIENTAL LOCAL

COBÁN, ALTA VERAPAZ, OCTUBRE 2018

## **AUTORIDADES UNIVERSITARIAS**

### **RECTOR MAGNÍFICO**

Ing. *MSc* Murphy Olympo Paiz Recinos

### **CONSEJO DIRECTIVO**

PRESIDENTE: Lic. Zoot. Erwin Gonzalo Eskenasy Morales  
SECRETARIA: Lcda. T.S. Floricelda Chiquin Yoj  
REPRESENTANTE DOCENTES: Ing. Geól. César Fernando Monterroso Rey  
REPRESENTANTE EGRESADOS: Lic. Abg. Not. Edwin Alcides Barrios Sosa  
REPRESENTANTES ESTUDIANTILES: PEM. Disraely Dárin Mandredy Jom Hernández  
Br. Karla Vanessa Barrera Rivera

### **COORDINADOR ACADÉMICO**

Ing. Ind. Francisco David Ruíz Herrera

### **COORDINADOR DE LA CARRERA**

Ing. Agr. Julio Oswaldo Méndez Morales

### **COMISIÓN DE TRABAJOS DE GRADUACIÓN**

COORDINADOR: Ing. Agr. M.A. Marcos Rafael Flores Delgado  
SECRETARIA: Ing. Qco. Karen Elizabeth Vásquez Villeda  
VOCAL: Ing. Agr. Julio Oswaldo Méndez Morales

### **REVISORA DE REDACCIÓN Y ESTILO**

Ing. Agr. Víctor Manuel Lobos Morales

### **REVISOR DEL TRABAJO DE GRADUACIÓN**

Ing. Ambiental Joel Aníbal Meléndez Chinchilla

### **ASESOR**

Ing. Servio Danilo Sierra López

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



**CENTRO UNIVERSITARIO  
DEL NORTE (CUNOR)  
CARRERA IGAL**

Código Postal 16001 – Cobán, Alta Verapaz  
PBX: 79 566600 Ext. 224  
Finca Sachamach, Km. 110.5 Ruta Cobán, A.V.  
Guatemala, C. A.  
c. e.: [igal\\_cunor@hotmail.com](mailto:igal_cunor@hotmail.com)

Ref. No. 15-IGAL-038-2018

Cobán, 15 de mayo 2018

Señores Miembros  
Comisión de Trabajos de Graduación  
Carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental Local  
Centro Universitario del Norte –CUNOR-  
Cobán Alta Verapaz

Respetables señores:

Atentamente hago de su conocimiento, que he revisado el trabajo de graduación titulado: *PLAN DE MANEJO DE RESIDUOS Y DESECHOS SÓLIDOS PRODUCIDOS EN EL AREA URBANA DEL MUNICIPIO DE SAN JUAN CHAMELCO ALTA VERAPAZ* elaborado por la estudiante Leslie Madelyne García Novales, carné número 201245653 .

Atentamente.

"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Servio Danilo Sierra López  
Asesor principal

c. c. Archivo.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



**CENTRO UNIVERSITARIO  
DEL NORTE (CUNOR)  
CARRERA IGAL**

Código Postal 16001 – Cobán, Alta Verapaz  
PBX: 79 566600 Ext. 224  
Finca Sachamach, Km. 110.5 Ruta Cobán, A.V.  
Guatemala, C. A.  
c. e.: [igal\\_cunor@hotmail.com](mailto:igal_cunor@hotmail.com)

Ref. No. 15-IGAL-116-2018

Cobán, 04 de octubre 2018

Señores Miembros  
Comisión de Trabajos de Graduación  
Carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental Local  
Centro Universitario del Norte –CUNOR–  
Cobán Alta Verapaz

Respetables señores:

Atentamente hago de su conocimiento, que he revisado el Informe Final de graduación titulado: *PLAN DE MANEJO DE RESIDUOS Y DESECHOS SÓLIDOS PRODUCIDOS EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE SAN JUAN CHAMELCO ALTA VERAPAZ*. Elaborado por la estudiante Leslie Madeline García Novales, carné número 201245653.

Tomando en cuenta que se cumplió con revisión; respetuosamente solicito darle el trámite correspondiente, para los efectos consiguientes.

Atentamente.

"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Joel Aníbal Meléndez Chirchilla  
Docente Revisor

c. c. Archivo.



**USAC**  
TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala

CENTRO UNIVERSITARIO DEL NORTE  
-CUNOR-  
CARRERA IGAL  
Código Postal 16001 – Cobán, Alta Verapaz  
Teléfono 7956-6600 Ext. 224  
Finca Sachamach, Km 110.5 Ruta Cobán, A.V  
Guatemala, C.A  
E-mail: lgal\_cunor@hotmail.com

Ref. 15-IGAL-143-2018  
Cobán, A.V., 26 de OCTUBRE 2018

Señores Miembros  
Comisión de Trabajos de Graduación  
Carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental Local  
Centro Universitario del Norte –CUNOR-  
Cobán, Alta Verapaz

Respetables señores.

Atentamente hago de su conocimiento, que he finalizado la revisión en cuanto a redacción y estilo del trabajo de graduación titulado: **PLAN DE MANEJO DE RESIDUOS Y DESECHOS SOLIDOS PRODUCIDOS EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE SAN JUAN CHAMELCO, ALTA VERAPAZ**, elaborado por la estudiante **LESLIE MADELINE GARCIA NOVALES**, carné número 201245653.

El trabajo en mención cumple con los requisitos establecidos por el Centro Universitario del Norte de la Universidad de San Carlos de Guatemala, por tanto, se remite a esa instancia para que continúe con el trámite correspondiente.

Atentamente

*"ID Y ENSEÑAD A TODOS"*

  
Ing. Agr. Víctor Manuel Lobos Morales  
Comisión Redacción y Estilo

c.c. Archivo

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



CENTRO UNIVERSITARIO  
DEL NORTE (CUNOR)  
CARRERA IGAL

Código Postal 16001 – Cobán, Alta Verapaz  
PBX: 79 566600 Ext. 224  
Finca Sachamach, Km. 110.5 Ruta Cobán, A.V.  
Guatemala, C. A.  
c. e.: [igal\\_cunor@hotmail.com](mailto:igal_cunor@hotmail.com)

Ref. No. 15-IGAL-141-2018

Cobán, 26 de octubre 2018

Licenciado  
Lic. Zoot. Erwin Gonzalo Eskenasy Morales  
Director del CUNOR  
Cobán Alta Verapaz

Licenciado Eskenasy:

Luego de conocer los dictámenes favorables del asesor, revisor de trabajos de graduación y del revisor de redacción y estilo; esta Comisión da el visto bueno al trabajo de graduación titulado: *PLAN DE MANEJO DE RESIDUOS Y DESECHOS SÓLIDOS PRODUCIDOS EN EL AREA URBANA DEL MUNICIPIO DE SAN JUAN CHAMELCO ALTA VERAPAZ* elaborado por la estudiante Leslie Madeline García Novales, carné número 201245653, previo a optar al título de Ingeniero en Gestión Ambiental Local.

Atentamente.

**"D y Enseñad a Todos"**

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'M. A. Flores Delgado'.

Ing. Agr. M. A. Marcos Rafael Flores Delgado  
Coordinador Comisión de Trabajos de Graduación



c. c. archivo.

## HONORABLE COMITÉ EXAMINADOR

En cumplimiento a lo establecido por los estatutos de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a consideración de ustedes el trabajo de graduación titulado "Plan de manejo de residuos sólidos producidos en el área urbana del municipio de San Juan Chamelco Alta Verapaz", como requisito previo a optar al título profesional de Ingeniera en Gestión Ambiental Local.

A handwritten signature in blue ink, consisting of several overlapping loops and a long horizontal stroke extending to the right.

Leslie Madeline García Novales  
Carné 201245653

## **RESPONSABILIDAD**

“La responsabilidad del contenido de los trabajos de graduación es: Del estudiante que opta al título, del asesor y del revisor; la Comisión de Redacción y Estilo de cada carrera, es la responsable de la estructura y forma”.

Aprobado en punto SEGUNDO, inciso 2.4, subinciso 2.4.1 del Acta No. 17-2012 de Sesión extraordinaria de Consejo Directivo fecha 18 de julio del año 2012.

## **ACTO QUE DEDICO**

**A**

**MI PADRE**

Leonel Augusto García Barrientos quien siempre fue desde el primer día mi motivación para obtener este título. Que con mucho amor y esfuerzo cuidó de cuatro niños estando solo, siendo un padre ejemplar, de quien aprendí lo siguiente:

A amar y servir a un Dios cuya fidelidad veo cada momento en mí

.

A aceptar la perfecta voluntad de Dios en mi vida

Aprendí también lo capaz que es un ser humano de ser fuerte y valiente ante la más dura adversidad.

Y su última enseñanza fue que la esperanza es lo último que muere, esta me hizo vivirla en carne propia.

Recordado por su personalidad alegre, divertida, y por su entereza y firmeza para sostener un hogar donde faltó mi amada madre, que en gloria este.

## **AGRADECIMIENTOS**

**A**

**DIOS**

Por su grande fidelidad, su maravilloso amor y su perfecta voluntad manifiesta en mi vida. Quien me ha acogido con amor y ha sido mi sostén todos estos años, guiándome con amor cual padre a su hija, inclinando su oído a los anhelos de mi corazón.

**MIS PADRES**

Leonel y Yolanda que en paz descansen, quienes dándome la vida, me dieron la oportunidad de ver cumplida hoy esta meta, ser una profesional.

**MIS HERMANOS**

Marlon, Harlan, Darlene, Verónica, Jorge y Celeste quienes además de su papel de hermanos, cumplieron el papel de padres. Asimismo por su amor y apoyo incondicional.

**JOSÚE AJCÁ LÓPEZ**

Por su amor y apoyo desmedido, luchando cada día a mi lado acompañándome en este proceso, brindándome palabras de ánimo, en los momentos más difíciles. Y por creer siempre en mí.

**SERGIO IBARRA**  
**WINTER**

Por su sincera amistad y apoyo desinteresado. Además por estos seis años de compañerismo luchando juntos animándonos el uno al otro hasta ver cumplida nuestra meta.

**JULIO MÉNDEZ**  
**MORALES**

Por su entrega total en la labor de coordinación de la carrera de IGAL, su amistad y apoyo incondicional durante mi formación académica.

**MARCOS RAFAEL**  
**FLORES DELGADO**

Por su ayuda constante dándome el ejemplo de un docente capacitado profesionalmente y a la vez, empático con el alumno.

**MI FAMILIA**

Tíos y primos, de quienes recibí palabras de motivación y apoyo en cada prueba que se presentaba a mi vida.

**AMIGOS**

Mario Paredes Rubio, Carlos Coy, Gerson Ramos y Madelyne Mendoza, quienes con su disposición y apoyo fueron parte de este proceso de graduación.

**A LOS DOCENTES DE LA CARRERA**

Por compartir sus conocimientos dejados en cada período de clase con profesionalismo y dedicación.

**A LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

Por ser la casa de estudios quien abrió sus puertas y me formó como profesional, enseñándome con la dura prueba, la satisfacción de pertenecer a ella.

## ÍNDICE GENERAL

	<b>Página</b>
LISTADO DE ABREVIATURAS	i
RESUMEN	iii
INTRODUCCIÓN	1
<b>CAPÍTULO I EL CONTEXTO</b>	
1.1 Situación nacional	3
1.2 Regional	4
1.3 Local y actual	5
<b>CAPÍTULO II METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN</b>	
2.1 Características del área de investigación	7
2.1.1 Ubicación geográfica de San Juan Chamelco	7
2.1.2 Extensión territorial	7
2.1.3 Colindancias	7
2.1.4 Vías de acceso	8
2.1.5 Clima	8
2.1.6 Recursos naturales	8

a. Suelo	8
b. Bosques	9
c. Hidrografía	9
2.2 Aspectos metodológicos	10
2.2.1 El problema	10
2.2.2 Objetivos	12
a. General	12
b. Específicos	12
2.2.3 El método	13
2.2.4 La muestra	13
2.2.5 Los instrumentos: variables, indicadores y su medición	15
a. Fuentes de información	15
2.2.6 Análisis estadístico: técnicas cualitativas y cuantitativas	16
2.2.7 Personas objeto de estudio	16

### **CAPÍTULO III MARCO TEÓRICO**

3.1 Antecedentes	17
3.2 Revisión de literatura	18
3.2.1 Residuo	18
3.2.2 Clasificación de los residuos según su origen	19
a. Domiciliares	19
b. Industriales	19
c. Municipales	19
d. Hospitalarios	19
e. De construcción o escombros	20
f. Residuos peligrosos	20
3.2.3 Clasificación de los residuos según su composición	20
a. Papel 25%	20
b. Vidrios 8%	21

c. Metal 3%	21
d. Plástico 9%	21
3.2.4 Impactos de los residuos en el medio ambiente	21
a. Contaminación en fuentes hídricas	21
b. Contaminación del suelo	22
c. Contaminación del aire	22
3.2.5 Gestión de residuos sólidos	22
3.2.6 Etapas de la gestión de residuos solidos	23
a. Generación	23
b. Almacenamiento	23
c. Recolección	23
d. Transporte	23
e. Aprovechamiento y valorización	24
f. Tratamiento	24
g. Disposición final	24
3.3 Marco legal	25
3.3.1 Pacto Ambiental 2016 – 2020	25
3.3.2 Plan Katun 32	25
3.3.3 Constitución Política de la República de Guatemala	25
3.3.4 Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente de 1986 (Decreto 68-86)	26
3.3.5 Código Municipal (Decreto 12-2002)	26
3.3.6 El Código de Salud, Decreto número 90-97	26
3.3.7 Política Nacional para la Gestión Integral de Residuos y Desechos Sólidos Acuerdo Gubernativo 281-2015	27

## **CAPÍTULO IV ANÁLISIS DE RESULTADOS**

4.1 Diagnóstico de la situación actual de los residuos sólidos urbanos del municipio de San Juan Chamelco, A.V.	29
4.1.1 Aspectos vinculados a la salud de las personas	29
a. Morbilidad por enfermedades respiratorias y gastrointestinales en el municipio de San Juan Chamelco, Alta Verapaz	29
b. Aspectos vinculados al medio ambiente	33
4.1.2 Aspecto social y económico	36
4.1.3 Manejo actual de los residuos sólidos	37
a. Manejo actual de los residuos a nivel municipal	37
b. Almacenamiento de residuos sólidos en el hogar	38
c. Recolección y transporte	39
d. Cobertura del servicio de recolección	38
e. Frecuencia de recolección	40
f. Costo de tarifa por servicio de recolección	40
g. Barrido de calles y áreas publicas	41
h. Manejo de los residuos sólidos hospitalarios	41
i. Rastro municipal	42
j. Aprovechamiento y valorización	42
k. Tratamiento	43
l. Disposición final	43
4.2 Caracterización de los residuos sólidos del municipio de San Juan Chamelco, Alta Verapaz	44
4.2.1 Socialización y encuestas	44
4.2.2 Equipo utilizado para caracterización de los residuos	46
4.2.3 Período de muestreo	46
a. Recolección de las muestras	47

b. Transporte	49
c. Pesaje	51
d. Cuarteo	51
e. Clasificación	51
f. Volumen	52
g. Densidad	52
h. Disposición final de los residuos utilizados durante la caracterización	53
i. Determinación del potencial Hidrógeno (pH)	53
j. Determinación del porcentaje de humedad	56
k. Determinación del porcentaje de cenizas	58
l. Determinación de la carga contaminante	59
m. Composición de los residuos sólidos	61
4.3 Producción per cápita de residuos sólidos	66
4.3.1 Producción diaria de residuos sólidos en libras, para el municipio de San Juan Chamelco, Alta Verapaz	67
4.3.2 Volumen diario de residuos sólidos en metros cúbicos, para el municipio de San Juan Chamelco, Alta Verapaz	68
4.3.3 Densidad diaria de residuos sólidos en lb/m <sup>3</sup> , para el municipio de San Juan Chamelco, Alta Verapaz	68
4.4 Elaboración de una proyección de producción de residuos sólidos para el año 2020 del municipio de San Juan Chamelco, Alta Verapaz	71

## **CAPÍTULO V LA PROPUESTA**

5.1 La fase de Identificación y diseño del proyecto	76
5.1.1 Recopilación de datos	78
a. Identificación de las necesidades	78
b. Tipos de datos (descripción del entorno del proyecto)	80
c. Identificación de los <i>stakeholders</i>	80
d. Ventajas para la comunidad	81
e. Entorno biológico/físico	82
f. Redes organizacionales	82
g. Condiciones sociales y culturales	82
5.1.2 Identificación de la lógica de intervención del proyecto	83
a. Construcción del marco lógico	83
b. Análisis de estado futuro (construcción de escenarios)	85
5.1.3 Identificación de la lógica de intervención del proyecto	87
a. Construcción del marco lógico	87
b. Interpretación de la matriz de marco lógico	89
5.2 Perfil del proyecto	90
5.2.1 Descripción del proyecto	90
5.2.2 Criterios para la selección del sitio de disposición final de residuos sólidos	91
5.2.3 Mejora en las etapas de manejo	93
5.3 Diseño	94
5.3.1 Separación y clasificación	94
5.3.2 Procesamiento para cada material	95
a. Materiales reciclables	95
b. Compostaje	96
5.3.3 Disposición final	96
5.4 Impacto	97
5.4.1 Generación de ingresos	97

5.5	Capacidad de la planta de tratamiento de residuos sólidos	97
-----	---	----

<b>CONCLUSIONES</b>	103	<b>ÍNDICE DE</b>
<b>RECOMENDACIONES</b>	105	
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	107	
<b>ANEXOS</b>	109	

## CUADROS

1	Variables e indicadores	110
2	Enfermedades respiratorias más comunes en San Juan Chamelco	30
3	Enfermedades gastrointestinales más comunes en San Juan Chamelco A.V.	30
4	Basureros clandestinos	33
5	Análisis comparativo de ph	55
6	Construcción del marco lógico	88
7	Datos generales	90
8	Criterios para la selección del sitio	92
9	Previo al tratamiento y disposición final	93
10	Durante el tratamiento y disposición final	94
11	Porcentaje de carga contaminante de los residuos solidos	117

## ÍNDICE DE TABLAS

1	Distribución de grupos para recolección de muestras	47
2	Porcentaje de la carga contaminante	60
3	Composición de los residuos sólidos muestra del cuarteo 1	61
4	Composición de los residuos sólidos muestra total 1	62
5	Composición de los residuos sólidos muestra del cuarteo 2	63
6	Composición de los residuos sólidos muestra total 2	64
7	Promedio de composición de los residuos sólidos	65
8	Resumen de producción de residuos sólidos en el municipio de San Juan Chamelco, Alta Verapaz	69

9 Estimación de población total para el municipio de San Juan Chamelco, Alta Verapaz	71
10 Proyección de producción de residuos sólidos para el año 2020 del municipio de San Juan Chamelco, Alta Verapaz	72
11 Precio de Venta De Materiales Reciclables	95
12 Volumen de residuos municipales por año	98
13 Volumen de residuos municipales en m <sup>3</sup>	99
14 Área de módulos de almacenamiento en m <sup>2</sup>	99
15 Área de módulos de almacenamiento	100

## ÍNDICE DE GRÁFICAS

1 Anuencia de las personas a pagar más por el servicio de basura	37
2 Composición de los residuos sólidos según porcentaje de peso	65
3 Producción de residuos sólidos al año	70
4 Estimación de población total para el municipio de San Juan Chamelco, Alta Verapaz	71
5 Estimación de proyección de residuos sólidos para el municipio de San Juan Chamelco, Alta Verapaz	73

## ÍNDICE DE DIAGRAMAS

1 Teoría De Cambio Sobre El Manejo De Residuos Sólidos en el Municipio De San Juan Chamelco	77
2 Triangulación de Necesidades Según la Clasificación Bradshaw	79
3 Árbol de Problemas Sobre el Manejo Inadecuado de Residuos Sólidos	84
4 Construcción de Escenarios Sobre la Implementación de una Planta de Tratamiento de Residuos Sólidos	86

## ÍNDICE DE IMÁGENES

1 Tabla de Números Aleatorios	14
-------------------------------	----

## ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

1 Ubicación de basureros clandestinos	34
2 Clasificación de residuos	49
3 Determinación de volumen de muestras	52
4 Pesaje de muestras	54
5 Toma de Ph	56
6 Determinación del % de humedad	57
7 Determinación del % de cenizas	58
8 Ubicación de basureros clandestinos	130
9 Clasificación de residuos	130
10 caracterización de residuos	131
11 Clasificación de residuos	131
12 Proceso de diagnóstico	132
13 Método de cuarteo	132

## **INDICE DE MAPAS**

1 Mapa de localización y ubicación de basureros clandestinos	35
2 Mapa de muestras	45
3 Mapa de localización y ubicación de puntos de acopio	48
4 Mapa de ruta del camión recolector	50

## LISTADO DE ABREVIATURAS

A.V.	Alta Verapaz
cm	Centímetros
CO	Dióxido de carbono
CO <sub>2</sub>	Monóxido de carbono
Hab.	Habitantes
IARNA	Instituto de agricultura, recursos naturales y ambiente
ITERN	Instituto técnico en recursos naturales
kg	Kilogramos
lb	Libras
m <sup>3</sup>	Metros cúbicos
mm	Milímetros
pH	Potencial hidrogeno
PMD Pro	Gestión de proyectos para el desarrollo de profesionales del desarrollo
PPC	Producción precipita



## **RESUMEN**

Un plan de manejo de residuos sólidos es un conjunto de acciones orientadas a darle un destino adecuado a los desechos sólidos según sus características, a través de cada una de las etapas correspondientes tales como generación, almacenamiento, recolección, transporte, aprovechamiento, valorización, tratamiento y disposición final.

El código municipal refiere en su artículo 68 inciso a: que la recolección, tratamiento y disposición de desechos sólidos, limpieza y ornato del municipio son propias de la municipalidad. Es por ello que se elaboró un plan de manejo de residuos sólidos para el municipio de San Juan Chamelco, Alta Verapaz.

Se empleó la metodología de los ingenieros Rommel Josué Raudales Osorto y Marvin Ovidio Grádiz Cáceres de la Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos utilizada para establecer un Modelo de Gestión Integral de Residuos Sólidos en el Área Urbana del Municipio de Santa Catarina Pínula realizada en el año 2012. El procedimiento que se utilizó según la metodología fue: realización de diagnóstico de la situación actual de los residuos sólidos en el municipio, caracterización de los mismos, determinación de la producción per cápita, proyección de producción de residuos para el año 2020 y elaboración de la propuesta de manejo.

Las personas objeto de estudio fueron los usuarios del servicio de recolección de basura, quienes forman parte del área urbana del municipio, son en total 1 068. Se utilizó una muestra de 300 personas para la caracterización de residuos sólidos. Es importante mencionar que este grupo actualmente corresponde únicamente al 45% de la población total, es decir hay un 55% de viviendas que aún no pagan por el servicio de basura.

De acuerdo a los resultados obtenidos, se evidenció que el municipio de San Juan Chamelco no le da un manejo adecuado a sus desechos sólidos, para lo cual se propuso el establecimiento de una planta de tratamiento de residuos sólidos, al tener el conocimiento, que este proyecto requiere de una inversión muy grande, la propuesta se elaboró como un modelo de gestión de proyectos para ser financiado por organizaciones donantes de proyectos ambientales y de desarrollo.

Para tales fines se utilizó la Guía PMD Pro que por sus siglas en ingles significa “Gestión de proyectos para el desarrollo de profesionales del desarrollo”, que establece un modelo de proyectos por fases siendo estas: identificación y diseño del proyecto; puesta en marcha del proyecto; planificación; implementación y transición del proyecto. Al desarrollar esta propuesta se abordó únicamente la primera fase identificación y diseño del proyecto.

## INTRODUCCIÓN

En la Política nacional para el manejo de los Residuos y Desechos Sólidos, se define la falta del manejo de los residuos en Guatemala año 2005, como uno de los principales indicadores de contaminación. Y esta crece en el país de forma evidente y alarmante, pues los residuos están dispersos en cualquier área de nuestra nación.

En cuanto al manejo de residuos y desechos sólidos a nivel departamental, no existe un marco legal ambiental para todos los municipios de Alta Verapaz. Solamente la municipalidad de Cobán y San Pedro Carchá cuentan con regulación sobre el tema de los desechos, poseen un reglamento. El municipio de San Juan Chamelco únicamente tiene un acuerdo de concejo municipal para la aprobación del Reglamento para la administración y funcionamiento del servicio municipal de recolección, manejo y disposición final de desechos sólidos.

Al considerar lo anteriormente expuesto, fue necesario realizar un diagnóstico de gestión de residuos urbanos sólidos producidos en el área urbana del municipio de San Juan Chamelco, donde se consideraron aspectos físicos como el peso, volumen, densidad y aspectos químicos como el (pH), el porcentaje de humedad, el porcentaje de cenizas y la carga contaminante de los residuos.

Posterior a esta caracterización, se realizó una propuesta de manejo de desechos sólidos para el municipio de San Juan Chamelco, con relación a los porcentajes en peso y volumen obtenidos mediante la investigación. Para lo cual se propuso una planta de tratamiento de desechos sólidos.



# CAPÍTULO I

## EL CONTEXTO

### 1.1 Situación nacional

De acuerdo al Perfil Ambiental del Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente IARNA, para el año 2008 en el país diariamente se generan residuos en un promedio de 116.6 millones de toneladas anuales, que corresponde mayormente a residuos orgánicos, con un promedio anual de 64.70%, residuos metálicos con 0.03%, residuos estabilizados 0.35%, estiércol 0.69%, residuos biológico-infecciosos 0.71%, residuos no metálicos 1.34%, lodos con 19.6% minerales con un 12.5% y otros residuos 0.16%.

Al hablar únicamente del área urbana, la ciudad capital es quien tiene mayor producción de residuos con un 47.36%, otros departamentos con mayor producción son Quetzaltenango con 6.43% y Escuintla con un 4.80%.

Según el perfil ambiental del IARNA, los departamentos que presentan altos porcentajes de municipios que vierten sus desechos en barrancos son San Marcos, Sacatepéquez y El Progreso. Solo en el departamento de San Marcos ocho municipios provocan contaminación directa a ríos.

Veintiún municipios depositan su basura en barrancos tales como San Pedro Carchá, A.V. San Juan Chamelco, A.V., San Marcos, Guatemala.

“La solución del problema todavía representa un gran reto para el país porque más de un tercio de la basura recolectada termina en las vertientes de agua”. Conviene indicar que para Guatemala es indispensable contar con una legislación estricta que defina las responsabilidades y obligaciones de los entes encargados del manejo de residuos.

## 1.2 Regional

Como lo describe el perfil ambiental 2010 del IARNA, Alta Verapaz tiene una producción de residuos y desechos sólidos alrededor de 35.3% a nivel nacional.

Según la Agenda de Desarrollo Turístico 2001 no existen regulaciones municipales respecto al tema ambiental. En 2001 con la contribución de Cooperación Técnica Alemana Plan Ambiental Regional para Centro América Sistema de Áreas Protegidas de Centro América, Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo Proyecto Verapaz GTZ PROVERAPAZ,

En cuanto al manejo de desechos sólidos, no existe un marco legal ambiental específico que los regule, la mayoría de municipios que componen esta región excepto para el municipio de Cobán, Alta Verapaz, no cuentan con regulación sobre el tema. El municipio de Cobán cuenta con un reglamento de desechos sólidos, sin embargo este no es conocido por la población.

Ningún municipio de la región cuenta con un relleno sanitario o un vertedero controlado.

### **1.3 Local y actual**

En cuanto a la situación actual del manejo de los residuos sólidos municipales, el municipio de San Juan Chamelco tiene un acuerdo de Concejo Municipal según acta No. 06-2011 para aprobar el Reglamento para la administración y funcionamiento del servicio municipal de recolección, manejo, recolección y disposición final de desechos sólidos. Actualmente no cuenta con un sitio para depositar sus desechos, por un convenio previo, entre San Pedro Carchá y San Juan Chamelco existe un botadero que utilizan para la disposición final de los desechos sólidos, pero este pertenece al municipio de San Pedro Carchá.

El proceso de gestión de los residuos municipales en San Juan Chamelco consiste en un tren de aseo municipal que recolecta los desechos, estos son transportados hasta el botadero ubicado en el municipio de San Pedro Carchá. Únicamente el 45% de la población del área urbana paga a la municipalidad por el servicio de recolección de basura. No tienen una técnica de manejo adecuada, pues no existe separación, reducción y reciclaje en la fuente generadora, tampoco una disposición adecuada. Hay un 55% restante que actualmente no está pagando por el servicio de basura, según los datos proporcionados en la oficina de desechos sólidos de dicha municipalidad.

No existe ninguna política municipal que regule el manejo de los desechos sólidos dentro del municipio de San Juan Chamelco A.V.



## **CAPÍTULO II**

### **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **2.1 Características del área de investigación**

##### **2.1.1 Ubicación geográfica de San Juan Chamelco**

Según datos de la municipalidad, San Juan Chamelco, es un municipio cercano a la cabecera departamental se sitúa a 7 km, de la misma y a 219 km de la ciudad capital ruta a la carretera CA-14. Con coordenadas geográficas latitud de 15°25'20" y longitud de 90°19'45".

##### **2.1.2 Extensión territorial**

Según datos de la municipalidad de San Juan Chamelco Constituye el 0.92% del territorio departamental de Alta Verapaz, con 80 km<sup>2</sup>.

##### **2.1.3 Colindancias**

Al norte con San Pedro Carchá, al sur con Tamahú y San Miguel Tucurú, al este con Senahú y al oeste con Cobán.

#### **2.1.4 Vías de acceso**

Las vías de comunicación hacia el interior del municipio son de terracería la mayoría de ellas transitables todo el año por vehículos pequeños y de mediana carga, sin embargo en regiones más lejanas el acceso es más difícil en épocas lluviosas, debido a deslaves y pequeños derrumbes pues no les dan mantenimiento a las vías.

#### **2.1.5 Clima**

“El clima es variado y determinado por su formación geológica y presenta una altura de 1,388 msnm. Predomina el clima templado lluvioso, muy húmedo y con estación seca ocho meses de lluvia al año y una precipitación pluvial de 1 217 mm. Una temperatura oscilante entre 18.7 a 23 grados centígrados”.<sup>1</sup>

#### **2.1.6 Recursos naturales**

##### **a. Suelo**

Según Curley, Marco Antonio y Marco Tulio Urizar en el año 2005 la profundidad del suelo fértil es de 35 centímetros, está clasificado como franco arcillo limoso de color café claro. Con un (pH) de 5.0 a 5.5, clasificado en la región de tierras altas sedimentarias, se caracteriza por tener pliegues, fallas y procesos erosivos que han creado un paisaje de colinas paralelas, topografía kárstica, anticlinales y sinclinales sumergidos.

---

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Estadística –INE-. *XI Censo de Población y VI Censo de Habitación*, Guatemala, (9 de septiembre 2016).

## **b. Bosques**

En el municipio de San Juan Chamelco, se identifican dos principales bosques según Holdridge:

### **1) Bosque muy húmedo subtropical (frío) bmh-S (f)**

El régimen de lluvias es de larga duración, lo que tiene una influencia directa en la vegetación.

### **2) Bosques pluvial montano bajo subtropical bp-MP**

El patrón de lluvias puede sobre pasar los 4 100 mm de precipitación anual.

## **c. Hidrografía**

El sistema hidrográfico del municipio cuenta con las siguientes zonas importantes.

### **1) Sub-cuenca río Chicoy**

Se ubicada en la parte oeste del municipio, comprende los ríos Chilax y Chío, al unirse forman el río Chicoy y este drena al río Cahabón.

### **2) Sub-cuenca río Tzunutz**

Se ubica en la parte central del municipio, comprende los ríos Santa Teresa, Tzunutz y la quebrada Julján, este drena al río Cahabón.

### **3) Sub-cuenca río Cucanjá**

Se ubica al este del municipio, formado por las quebradas Satolox, Sacquil y Tzuyul, drenan al río Polochic.

## **2.2 Aspectos metodológicos**

### **2.2.1 El problema**

La generación de residuos se presenta como consecuencia de toda actividad realizada por el hombre, viviendo en una sociedad consumista, que produce grandes cantidades de residuos y desechos, procedentes de una amplia variedad de actividades de tipo comercial, industrial, doméstico agrícola y hospitalario. El incremento de los mismos es acelerado, esto propicia una problemática que afecta a los capitales: natural, social y económico de nuestro país.

Actualmente los residuos y desechos del municipio de San Juan Chamelco, Alta Verapaz son depositados en el botadero del municipio de San Pedro Carchá, Alta Verapaz con coordenadas geográficas longitud 90°19'12", latitud 15°26'45", colindante al Norte con Tzacaniha, al Sureste con Saquiha y al Oeste con Sacanilla según un acuerdo hablado entre ambos municipios.

Con base a la información obtenida por el gerente de la oficina de planificación municipal, la municipalidad ha referido que el botadero será reubicado, por lo que la municipalidad de San Juan Chamelco, no cuenta actualmente con un terreno para la disposición final de sus desechos y residuos.

Previo a definir un plan de manejo de residuos y desechos sólidos urbanos para el municipio es importante saber que la inadecuada disposición de los mismos genera alteraciones al ambiente, dentro de los impactos directos se encuentran:

La contaminación de fuentes hídricas superficiales o subterráneas sucede por el vertido, infiltración o escorrentía de residuos líquidos, lixiviados, sólidos en nacimientos y ríos. Trae como consecuencia el incremento de la carga orgánica y disminución del oxígeno disuelto, esto da lugar a la eutrofización de fuentes de agua. Así como también aguas contaminadas que posteriormente pueden causar enfermedades gastrointestinales al ser ingeridas sin tratamiento.

La contaminación del recurso suelo se debe a la descarga de lixiviados, compuestos mayormente por nitrato, nitrógeno amoniacal, nitrógeno orgánico, fósforo total, sobre el terreno donde sean dispuestos los residuos. Lo cual provoca la alteración fisicoquímica y biológica de los suelos por sustancias tóxicas.

Según Xavier Elías Castells en su libro Reciclaje de residuos industriales 2000 la contaminación de la atmosfera por generación de gases tales como: dióxido y monóxido de carbono  $\text{CO}_2$  y  $\text{CO}$ , óxidos de nitrógeno, metano y dióxido de azufre, dioxinas y furano, liberados en la descomposición de los desechos colocados en un botadero a cielo abierto y por la quema de los mismos, deja a la población susceptible de contraer infecciones respiratorias e irritaciones en ojos y nariz.

La contaminación visual causante del deterioro del paisajismo, debido al mal aspecto que genera el lugar donde está el botadero y basureros clandestinos, aunado a esto el deterioro de la flora y fauna del lugar.

Según la página consultada Nombres científicos de animales comunes. La proliferación de cucarachas (*Periplaneta americana*) ratas (*Rattus rattus*), moscas (*Musca domestica*) que propician la transmisión de enfermedades desde simples diarreas hasta problemas más graves como una tifoidea.

## **2.2.2 Objetivos**

### **a. General**

Elaborar un plan de manejo de residuos y desechos sólidos producidos en el área urbana del municipio de San Juan Chamelco, Alta Verapaz.

### **b. Específicos**

Realizar un diagnóstico de la situación actual de los residuos y desechos sólidos urbanos del municipio de San Juan Chamelco, Alta Verapaz.

Elaborar una proyección de la generación de desechos sólidos en el municipio de San Juan Chamelco para los siguientes 10 años, en función del índice de crecimiento poblacional que presenta el municipio, según estadísticas del Instituto Nacional de Estadística INE.

### **2.2.3 El Método**

En la realización de este estudio se utilizó la metodología de los ingenieros Rommel Josué Raudales Osorto y Marvin Ovidio Grádiz Cáceres de la Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos ERIS utilizada para establecer un Modelo de Gestión Integral de Residuos Sólidos en el Área Urbana del municipio de Santa Catarina Pínula realizada en el año 2012. Misma que fue presentada al coordinador de la Unidad de Gestión Ambiental Municipal, fue aprobada por motivo de la solicitud que se hizo por parte de la municipalidad para contribuir en la elaboración de un Sistema de Gestión Integral de Residuos, mediante el oficio No. 019-2017 DMP- ref. Admp. /mcaal. en septiembre 11 de 2017.

### **2.2.4 La muestra**

Para calcular el total de la muestra se aplicó la fórmula de muestreo aleatorio simple y en la determinación de los hogares a muestrear, se utilizó una tabla de números aleatorios de 5 dígitos, se empleó el método de búsqueda de izquierda a derecha y de arriba hacia abajo.



De acuerdo al análisis estadístico se determinó una muestra de 300 usuarios del servicio de recolección de basura a encuestar de un total de 1 068 usuarios.

## **2.2.5 Los instrumentos: variables, indicadores y su medición**

### **a. Fuentes de información**

#### **1) Primarias**

Entrevistas y encuestas realizadas a personas relacionadas con el servicio de recolección de desechos (pepenadores, trabajadores directos del servicio, empleados municipales), boletas de observación en campo, realizada en las instalaciones del botadero actual y actividades de los operarios del servicio; registro fotográfico durante todo el proceso de investigación.

#### **2) Secundarias**

Análisis bibliográfico sobre investigaciones y estudios realizados sobre planes de gestión de residuos sólidos, tales como: Manual de Gestión Integrada de Residuos Sólidos Municipales en Ciudades de América Latina y el Caribe, de Río de Janeiro, Brasil; Plan de Manejo de Residuos Sólidos en OSINERGMIN 2016 de Lima, Perú; Manual Elemental de Servicios Municipales, Recolección y Tratamiento de desechos Sólidos, Nicaragua.

### **2.2.6 Análisis estadístico: técnicas cualitativas y cuantitativas**

De acuerdo a la naturaleza de la información que se recolectó para responder a la investigación a desarrollar esta es descriptiva. Esta describe el estado, características y procedimientos a seguir en cuanto al manejo de desechos sólidos. A través de ella se hizo el análisis e interpretación de resultados, con enfoque cuantitativo al medir el peso, volumen, densidad y porcentaje de los residuos. El método estadístico utilizado es el muestreo aleatorio simple.

### **2.2.7 Personas objeto de estudio**

Al proponer un plan de manejo de residuos y desechos sólidos urbanos, la población meta fue 1 068 personas del área urbana pertenecientes a la microrregión central, se abarcaron los hogares de las zonas 1, 2, 3, 4, 5 que forman parte del área urbana del municipio.

## **CAPÍTULO III**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **3.1 Antecedentes**

Durante los últimos años San Juan Chamelco ha dispuesto sus residuos en el botadero de San Pedro Carchá, no realizan ningún tratamiento pues es únicamente un botadero a cielo abierto donde suelen quemar la basura luego de que los pepenadores clasifican la basura que les interesa. Con la importancia que representa el medioambiente en estos tiempos y la responsabilidad que se le adjudica a cada municipio de tratar sus desechos urbanos según el Código Municipal.

El municipio de San Pedro Carchá, mejorará las condiciones de su botadero con intenciones de implementar una planta de tratamiento de desechos sólidos por lo que se trasladara a otro sitio. Esta situación no es favorecedora para San Juan Chamelco, pues el municipio ahora debe dar una solución para el manejo de los desechos que generan, el incremento poblacional actualmente del 2.0% anual sigue en aumento y estando inmersos en una sociedad consumista, la cantidad de desechos se incrementa año con año, según la municipalidad de San Pedro Carchá a partir del año 2003 ha aumentado un 40% generando 21 millones de toneladas de basura.

Implementar un sistema de gestión integral de residuos sólidos en San Juan Chamelco, es necesario, este debe tener como complemento un programa de educación y concientización dirigido a la población.

ir acompañado de un programa de educación y concientización dirigido a la población.

La Universidad de Florida junto al Instituto Técnico en Recursos Naturales Renovables ITERN Instituto Técnico de Educación en Recursos Naturales trajo en diciembre del 2011 un proyecto llamado “2011 *solid waste capstone proyect: Guatemala*” que traducido al español significa 2011 residuos sólidos proyecto *capstone* en Guatemala. Proyecto que pretendía realizar un diagnóstico y caracterización de los residuos

Se obtuvieron escasos o nulos resultados, la municipalidad no cuenta con datos concisos del trabajo realizado por lo que básicamente ellos no tienen cuantificada y clasificada la generación de sus residuos y desechos, tampoco las características de los mismos.

Otro proyecto con relación al manejo de residuos sólidos llevado a cabo en el municipio consistió en una serie de capacitaciones impartidas al área rural en las 5 subregiones del municipio Paapa, Chamil, Chamisun, Central y Saquil se educó a la población sobre la disposición adecuada de basura en sus hogares y se les enseñó sobre la elaboración de abono orgánico con restos de comida.

## **3.2 Revisión de literatura**

### **3.2.1 Residuo**

“Entendemos por residuo a cualquier producto en estado sólido, líquido o gaseoso procedente de un proceso de extracción, transformación o utilización, que carece de valor para su propietario si este decide abandonarlo.”<sup>2</sup>

---

<sup>2</sup>Gestión manejo y tratamiento adecuado para los *Residuos Urbanos*. <http://www2.uned.es/biblioteca/rsu/pagina1.htm>. (10 de abril 2017).

### **3.2.2 Clasificación de los residuos según su origen**

Según la página consultada acerca de cómo se clasifican los residuos se enlistan los siguientes:

#### **a. Domiciliares**

Resultan de las actividades diarias que se llevan a cabo en un hogar y comúnmente los llaman basura, aquí se desecha todo tipo de material desde restos de comida hasta otros con mayor peligrosidad como insecticidas caseros. Aquí también pueden incluirse los residuos de oficinas.

#### **b. Industriales**

Se componen de materiales descartados dentro del proceso industrial como por ejemplo la fabricación de alimentos, sin incluir actividades administrativas.

#### **c. Municipales**

Pueden generar de la limpieza de las calles y en ocasiones limpieza de ferias o podas en parques o jardines municipales y mercados dentro del municipio.

#### **d. Hospitalarios**

Son de tipo especial producto de actividades desarrolladas en centros de asistencia médica, se pueden mencionar material quirúrgico, elementos corto punzantes, restos de tejido humanos entre otros.

**e. De construcción o escombros**

Se producen en actividades como construcción de edificios o viviendas, sin embargo no representan un gran riesgo desde el punto de vista sanitario, pues son elementos inertes, esto si hablamos de restos tales como *block*, piedras, tierra, etc.

**f. Residuos peligrosos**

Las llantas pueden ser incluidas dentro de esta clasificación por sus componentes peligrosos y de riesgo para la salud de las personas, son comúnmente quemadas en los botaderos a cielo abierto, sin embargo son material reciclable, altamente aprovechable. Dentro de esta clasificación también podemos mencionar el asbesto que es “silicato cálcico magnésico CaO que constituye una variedad impura del amianto.” Ya que autoridades médicas han demostrado que la relación asbesto/amianto provoca cáncer con una elevada mortalidad.

**3.2.3 Clasificación de los residuos según su composición****a. Papel 25%**

Aquí se incluyen folletos, facturas, envases de cartón, periódico. Sin embargo no todo tipo de papel es reciclado como por ejemplo: papel celofán, papel fax, carbón, de fotos y papel usado en la cocina.

**b. Vidrios 8%**

El material es reciclable totalmente, se desecha en los hogares mayormente en botellas de bebidas, envases de alimentos, espejos, vasos, lentes, etc.

**c. Metal 3%**

Suele ser considerado chatarra, se desecha en utensilios empleados en la cocina, en herramientas de trabajo, en latas de bebida. Puede ser fácilmente reciclable.

**d. Plástico 9%**

Existen muchos tipos de plástico, es muy abundante en los residuos, muy utilizado por las personas en su consumo diario. Los dos más utilizados son el PET (politereftalato de etileno) en botellas de bebidas, vasos y cubiertos desechables, sillas y mesas. El PS (poliestireno) más conocido como *duroport* este es muy utilizado en utensilios de cocina desechables vasos, platos y tazas.

**3.2.4 Impactos de los residuos en el medio ambiente****a. Contaminación en fuentes hídricas**

El inadecuado manejo de los residuos ha provocado la contaminación de fuentes de agua superficial y subterráneo. La contaminación superficial es provocada por la inconciencia de las personas que tiran sus desechos en ríos, lagos o nacimientos. Y la subterránea se presenta por la inadecuada disposición final que se le da a los desechos pues estos producen lixiviados que se infiltran hasta los mantos acuíferos.

## **b. Contaminación del suelo**

El suelo es afectado directamente por los desechos dispuestos sobre él, de forma inadecuada. Los lixiviados que los residuos generan, tienen un movimiento vertical y horizontal.

El vertical afecta fuentes de agua subterránea mediante la infiltración, pero el movimiento horizontal hace que el lixiviado se esparza por el suelo afectando la calidad de este, de tal modo que puede afectar zonas de cultivo si para esto fuere utilizado el suelo, afectaría más en zonas con basureros clandestinos.

## **c. Contaminación del aire**

Los desechos al descomponerse generan gases y malos olores y si hay poblados cerca pueden afectar a la salud de las personas y provocarles enfermedades de tipo respiratorio.

Los gases que los desechos emiten son metano CH<sub>4</sub> y dióxido de carbono CO<sub>2</sub> la emisión de estos gases incrementa el efecto invernadero ya que aumenta la temperatura.

### **3.2.5 Gestión de residuos sólidos**

“No es más que la simple eliminación o aprovechamiento, a través de métodos seguros, de los residuos generados, es tratar de encarar la causa fundamental del problema a fin de cambiar los patrones no sustentables de producción y consumo, esto implica el uso del ciclo vital que ofrece la oportunidad única de conciliar el desarrollo con la protección del medio ambiente”.<sup>3</sup>

---

<sup>3</sup> Enrique Pinedo Monteiro, Et. Al. *Manual de Gestión integrada de Residuos Sólidos Municipales en Ciudades de América Latina y el Caribe*. (Brasil, Rio de Janeiro: IBAM, 2006).

### **3.2.6 Etapas de la gestión de residuos solidos**

#### **a. Generación**

Es la producción de todos los residuos desde su origen, domiciliar, industrial, comercial, etc. Generalmente a esta etapa se le llama generación en la fuente.

#### **b. Almacenamiento**

Abarca desde el momento en el que las personas disponen en un bote de basura los residuos, hasta el momento en el que los presentan al camión recolector, esta etapa también es llamada presentación.

#### **c. Recolección**

Es el momento en el que el camión recolector hace su recorrido por las calles del municipio y recoge las bolsas de basura dispuestas en las banquetas por los vecinos.

#### **d. Transporte**

Una vez recolectados los desechos estos son transportados hasta el lugar de su destino final. Lo ideal es usar camiones cerrados o cubiertos para evitar el escape de malos olores y botar basura en las calles.

**e. Aprovechamiento y valorización**

Esta es una parte importante en la gestión de residuos, pues aquí se le da un aprovechamiento a esos desechos que las personas consideraron que ya no tenían utilidad por ejemplo botellas PET y de vidrio, cartón, papel y latas. Generalmente se busca un mercado para estos productos.

**f. Tratamiento**

Dentro de los residuos hay una porción alta de desechos orgánicos, de acuerdo al nivel de ingresos y las costumbres de las personas. Es aquí donde los residuos orgánicos reciben tratamiento, es muy útil como abono orgánico.

**g. Disposición final**

Luego de la separación de los elementos que aún pueden ser aprovechados, queda una porción de ellos que no es aprovechable, estos deben ser dispuestos de modo que no afecten la salud de las personas ni al medio ambiente.

### 3.3 Marco legal

#### 3.3.1 Pacto Ambiental 2016 – 2020

“Establece dentro de la agenda ambiental como uno de sus temas prioritarios limpiar el país de desechos sólidos, contando con un apartado de acciones estratégicas a implementar donde una de las principales es la definición e implementación de sistemas de manejo”.<sup>4</sup>

#### 3.3.2 Plan Katun 32

“En su apartado tres, subtítulo recursos naturales hoy y para el futuro, tema desechos sólidos y líquidos tratando la problemática a la que se enfrenta el país aportando importantes estadísticas y antecedentes sobre el manejo de los residuos sólidos en el país.”<sup>5</sup>

#### 3.3.3 Constitución Política de la República de Guatemala

Según la Constitución Política de la República de Guatemala en su artículo 97 Medio Ambiente y Equilibrio Ecológico El Estado, las municipalidades y los habitantes del territorio nacional están obligados a propiciar el desarrollo social, económico y tecnológico que prevenga la contaminación del ambiente y mantenga el equilibrio ecológico.

---

<sup>4</sup> *Pacto ambiental 2016*. <http://www.marn.gob.gt/Multimedios/2547.pdf> (28 de febrero 2016).

<sup>5</sup> Consejo Nacional de Desarrollo Urbano y Rural. *Plan katún 32*. <http://www.gt.undp.org.tPNDKatun2032.pdf> (28 de febrero 2016).

### **3.3.4 Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente de 1986 (Decreto 68-86)**

En su artículo 16, inciso b:

“La descarga de cualquier tipo de sustancias que puedan alterar la calidad física, química o mineralógica del suelo o del subsuelo que le sean nocivas a la salud o a la vida humana, la flora, la fauna y a los recursos o bienes”.<sup>6</sup>

### **3.3.5 Código Municipal (Decreto 12-2002)**

Según el Código Municipal año 2002 que refiere en su artículo 68 las competencias propias municipales y en el inciso a: “recolección, tratamiento y disposición de desechos sólidos; limpieza y ornato (del municipio)”.

### **3.3.6 El Código de Salud, Decreto número 90-97**

Según el Código de Salud que establece en el artículo 102 la competencia de las municipalidades en la prestación de los servicios de limpieza o recolección, tratamiento y disposición de los desechos sólidos de acuerdo con las leyes específicas y en cumplimiento de las normas sanitarias aplicables.

---

<sup>6</sup> Congreso de la República de Guatemala. *Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente Decreto 68-86*. (Guatemala, Guatemala: Ayala Jiménez Sucesores 2002)

### **3.3.7 Política Nacional para la Gestión Integral de Residuos y Desechos Sólidos Acuerdo Gubernativo 281-2015**

“En respuesta a la problemática que generan los residuos y desechos sólidos y más aún la capacidad de gestión por parte de las instancias responsables que deben dar respuesta inmediata a los procesos productivos y de consumo que generan desechos y residuos sólidos”.<sup>7</sup>

---

<sup>7</sup> Congreso de la República de Guatemala. 3.3.7 *Política Nacional para la Gestión Integral de Residuos y Desechos Sólidos Acuerdo Gubernativo 281-2015*. (Guatemala, Guatemala:2015).



## **CAPÍTULO IV**

### **ANÁLISIS DE RESULTADOS**

#### **4.1 Diagnóstico de la situación actual de los residuos sólidos urbanos del municipio de San Juan Chamelco, A.V**

El municipio de San Juan Chamelco no le da un tratamiento adecuado a los residuos sólidos, no cuenta con un manejo aceptable de los desechos sólidos, se afrontan problemas de contaminación tan graves que sus cuerpos de agua se ven amenazados. La legislación ambiental en cuanto a la gestión de los residuos es carente por lo que en las autoridades dirigentes del municipio, según informes del Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente de la Universidad Rafael Landívar del año 2008.

Cabe destacar que un mal manejo de residuos sólidos, genera impactos negativos tanto para la salud de las personas como para el ambiente.

##### **4.1.1 Aspectos vinculados a la salud de las personas**

###### **a. Morbilidad por enfermedades respiratorias y gastrointestinales en el municipio de San Juan Chamelco, Alta Verapaz**

La salud de las personas puede verse afectada, si los residuos sólidos no reciben un manejo adecuado, debido a que puede producirse una proliferación de vectores tales como ratas (*Rattus rattus*), cucarachas (*Periplaneta americana*) y moscas (*Musca domestica*); estos a su vez pueden transmitir enfermedades infectocontagiosas.

A continuación se presenta un cuadro de morbilidad debida a enfermedades respiratorias y gastrointestinales más comunes afectando principalmente al grupo de niños de 3 a 7 años de edad de las comunidades más cercanas al botadero, registradas hasta diciembre del año 2017.

**CUADRO 2**  
**ENFERMEDADES RESPIRATORIAS MÁS COMUNES**  
**EN SAN JUAN CHAMELCO A.V.**

NOMBRE DE LAS ENFERMEDADES	%
Rinofaringitis aguda (resfriado común)	45.52
Infección aguda en vías respiratorias superior	24.25
Infección aguda no especificada de las vías respiratorias inferiores	14.55
Bronquitis aguda	3.39
Rinofaringitis aguda	1.87
Neumonía	10.42

**Fuente:** Centro de Salud San Juan Chamelco. Año 2017.

**CUADRO 3**  
**ENFERMEDADES GASTROINTESTINALES MÁS**  
**COMUNES EN SAN JUAN CHAMELCO A.V.**

ENFERMEDADES	%
Shigelosis	27.98
Amebiasis	14.9
Giardiasis	25.75
Diarrea y gastroenteritis	27.98
Tricomoniasis	3.39

**Fuente:** Centro de Salud San Juan Chamelco A.V. Año 2017.

Estas tablas muestran como la salud de las personas se ve afectada en cuanto a enfermedades respiratorias y gastrointestinales, esto se relaciona con los desechos sólidos, estos no tienen un manejo correcto pueden dar paso a la proliferación de vectores que al llegar a los hogares estos contaminen los alimentos. Así mismo al quemar la basura del botadero el humo que se genera llega hasta los hogares y puede ser el causante de enfermedades respiratorias en la población.

## **b. Aspectos vinculados al medioambiente**

### **1) Problemática generada al medioambiente**

El municipio de San Juan Chamelco arrenda al municipio de San Pedro Carchá el botadero a cielo abierto, dentro de sus características se podría mencionar: está cercado perimetralmente de forma parcial, no cuenta con una caseta de vigilancia únicamente hay una persona encargada del control de acceso de las personas al botadero, este no cuenta con sanitarios y dentro del botadero hay presencia de recolectores.

Dentro del botadero hay presencia de malos olores, no cuenta con un sistema de manejo de lixiviados, queman la basura que ingresa y existe un nacimiento de agua que se ubica a más 500 m de distancia, esto según entrevista hecha a personas que trabajan dentro del botadero. Estos datos permiten saber que el medioambiente está siendo afectado:

- La basura al ser quemada, genera gases a la atmosfera, causantes del efecto invernadero, como por ejemplo dióxido de carbono CO<sub>2</sub> y monóxido de carbono CO.

- La presencia de malos olores, producto de la descomposición de la materia orgánica, afecta la calidad del aire al mismo tiempo que genera proliferación de vectores.
- El lixiviado que se genera de la materia en descomposición contamina de dos formas: se infiltra al suelo y contamina fuentes de agua subterránea o es arrastrado por las lluvias.
- La disgregación de los residuos por todo el terreno crea contaminación visual, este botadero no está cercado en su totalidad y se encuentra situado a un costado de la carretera que conduce de San Pedro Carchá a San Juan Chamelco, Alta Verapaz. Por lo que las personas que transitan por ahí perciben este problema.

## **2) Número de basureros clandestinos**

Los basureros clandestinos resultan un problema, pues si bien los residuos recolectados por el servicio de basura del municipio, no tiene un manejo adecuado, estos al menos permanecen en un lugar más alejado a los poblados. Sin embargo al existir basureros clandestinos estos, no solo no reciben ningún tipo de manejo, sino que generan vectores y al permanecer más cerca de los hogares, esto genera un riesgo para la población.

A continuación se presenta un listado de basureros clandestinos ubicados en el municipio de San Juan Chamelco, Alta Verapaz.

### CUADRO 4 BASUREROS CLANDESTINOS

No.	Dirección o referencia de la ubicación	Coordenadas UTM
1	Barrio Chio	X 785627 Y 1707373
2	A un costado del parque central	X 786424 Y 1706446
3	Mercado	X 786534 Y 1706919
4	Barrio San Agustín	X 787108 Y 1707878
5	Barrio Chitubtu	X 786820 Y 1706993
6	Puente salida a San Pedro Carchá, Alta Verapaz	X 786665 Y 1707446
7	Barrio la Asunción	X 786580 Y 1706220

**Fuente:** Investigación de campo. Año 2017.

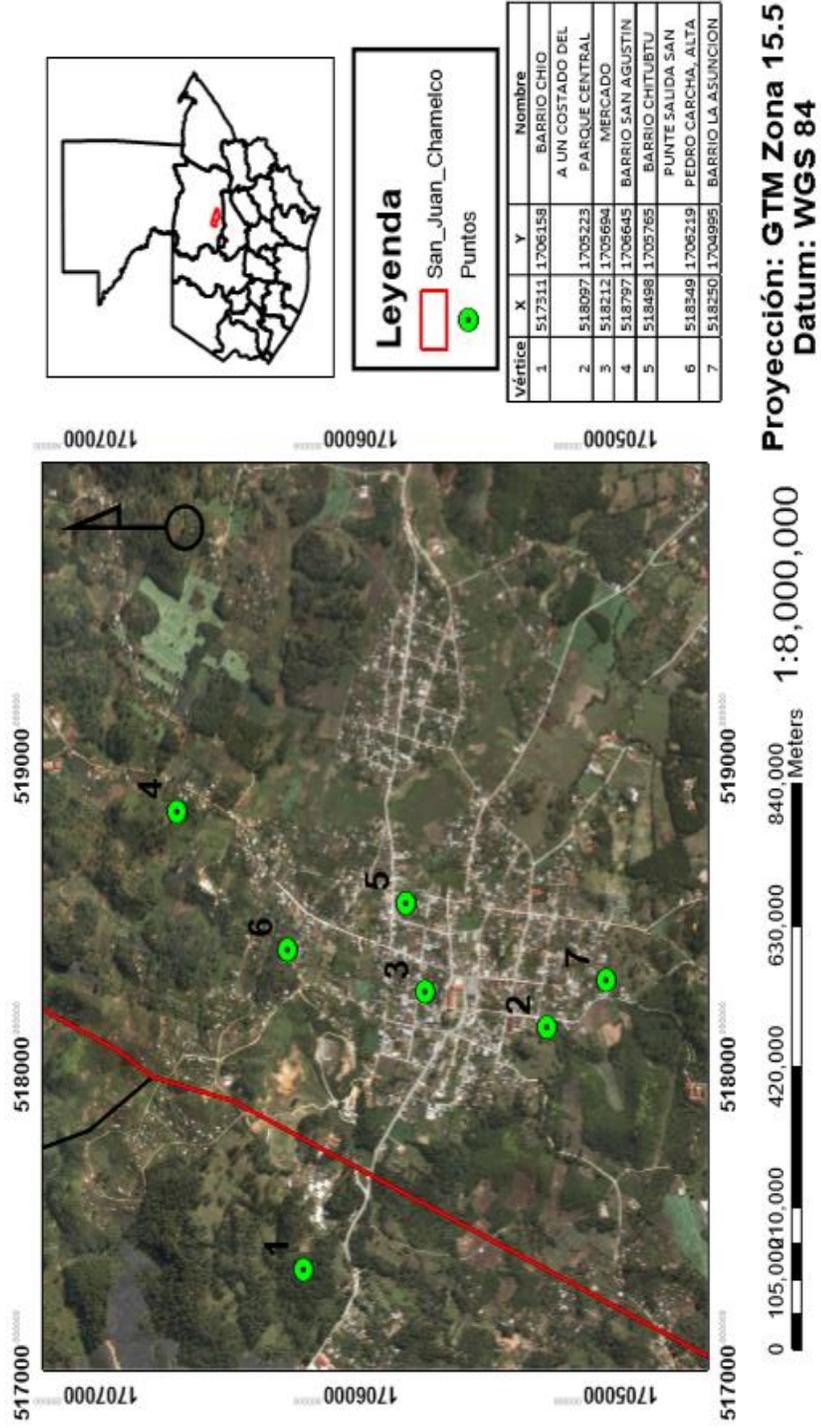
## FOTOGRAFÍA 1 BASURERO CLANDESTINO



**Tomada por:** Leslie García. Año 2017.

# MAPA 1

## LOCALIZACIÓN Y UBICACIÓN DE BASUREROS CLANDESTINOS



Fuente: Elaboración propia. Año 2018.

#### 4.1.2 Aspecto social y económico

Con relación a la aceptación que los vecinos tuvieron ante la elaboración de un diagnóstico del manejo de residuos sólidos para su municipio, se puede deducir que la población lo aceptaría de manera positiva, en primer lugar por el interés que tienen en que su municipio se vea beneficiado, considerando esto como una oportunidad de desarrollo; en segundo lugar para contribuir en la reducción de la contaminación y en tercer lugar porque perciben que esta acción va en pro del medio ambiente. Esto según resultados obtenidos de la encuesta.

Las preguntas hechas en las encuestas permitieron conocer la anuencia de las personas respecto a pagar un costo más elevado por el servicio de recolección de basura, una vez exista un plan de manejo de residuos sólidos, según las encuestas se obtuvieron estos resultados:

En su mayoría las personas opinaron que si pagarían por el servicio una vez se cumplan las siguientes premisas:

Estarían dispuestos a pagar siempre y cuando la municipalidad cumpla con el trabajo que esto conlleva.

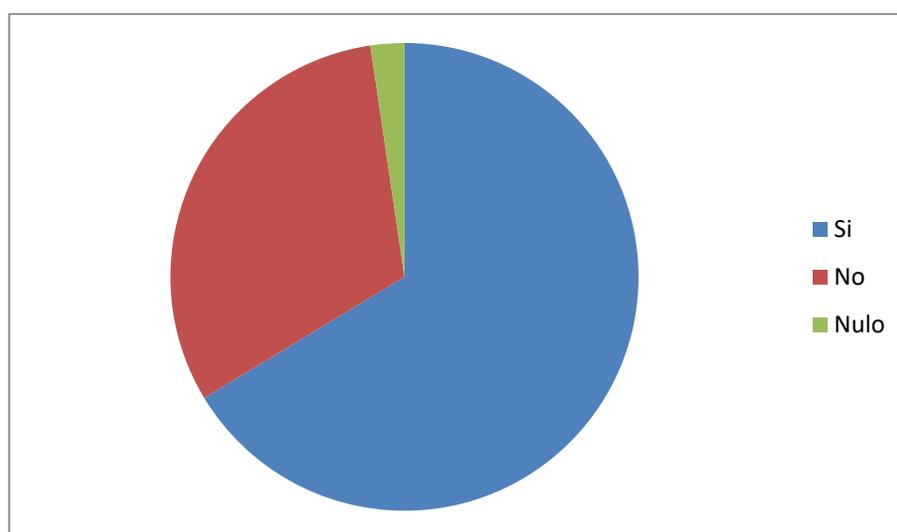
Una vez mejore el servicio de recolección de basura.

Y una pequeña parte opino que no pagaría más por las siguientes razones: No porque no generan mucha basura en su hogar y porque no cuentan los recursos económicos para hacerlos.

Por la cantidad de personas que opinó que sí (65%), podemos decir que en su mayoría las personas están anuentes a que incremente el

costo del servicio, siempre y cuando este mejore. El 24% opinó que no y el restante 11% voto nulo.

### **GRÁFICA 1 ANUENCIA DE LAS PERSONAS A PAGAR MAS POR EL SERVICIO DE BASURA**



**Fuente:** Trabajo de campo. Año 2018.

#### **4.1.3 Manejo actual de los residuos sólidos**

##### **a. Manejo actual de los residuos a nivel municipal**

El servicio de recolección de basura es municipal y está a cargo de la unidad de servicios públicos a través de su unidad de desechos sólidos, quienes se encargan de hacer la recolección de desechos.

Esta unidad presta los siguientes servicios:

Se recolecta la basura de los usuarios del servicio de recolección de basura.

Se barren las calles y bordillos

Se barren el mercado y el parque municipal

Se lava la concha acústica

Se lavan las señales de tránsito ubicadas en el municipio

Para la unidad de desechos sólidos hay 20 personas trabajando y se desglosa de la siguiente forma:

7 Barrenderos de Ruta.

5 Barrenderos de Turno (uno para cada zona ya que el área urbana cuenta con 5 zonas).

3 Recolectores.

1 Encargado del mercado Chamil.

1 Encargado del mercado Chamisun.

2 Pilotos municipales (rotativos cada semana).

1 Encargado de la Unidad de Desechos Sólidos.

#### **b. Almacenamiento de residuos sólidos en el hogar**

La forma que los usuarios del servicio de recolección de basura utilizan para almacenar los residuos, previo a ser recogidos es en bolsas de *nylon*, botes plásticos y cajas de cartón. Cuando el camión recolector visita los hogares estos residuos son colocados en bolsas negras para basura que posteriormente serán subidas al camión de la basura.

Según la ficha técnica aplicada para esta etapa del manejo actual de los residuos se determinó que la mayoría de los usuarios no clasifica su basura y no existe ningún tipo de reciclaje para la misma.

### **c. Recolección y transporte**

La forma de recolección de los residuos es que con el tiempo el servicio de recolección de basura ha establecido centros de acopio para algunas rutas, entonces los usuarios proceden a colocar sus bolsas de residuos en estos lugares para que el camión recolector pase llevándoselas. Sin embargo para las rutas que no cuentan con un centro de acopio, el camión hace el recorrido de la ruta establecida y los empleados del sistema de recolección van de casa en casa recogiendo las bolsas colocadas en las banquetas o frente a las puertas de cada casa.

Esto último supone un problema, pues si los empleados recolectores no se apresuran con la recolección de las bolsas los perros (*Canis lupus familiaris*) rompen las bolsas en búsqueda de alimentos y disgregan la basura por el lugar. Atrayendo posteriormente moscas (*Musca domestica*) y también los mosquitos (*Culicidae*).

Para efectuar la recolección la municipalidad cuenta con 2 camiones recolectores uno es de volteo y el otro es de carga. Este hace su recorrido de 7:30 a.m. a 4 p.m. y 4 empleados encargados de realizar la recolección. Para realizar este trabajo a los empleados se les dota de chaleco, gabacha, casco, guantes y botas de hule. (ver página 47, mapa de ruta de muestreo)

### **d. Cobertura del servicio de recolección**

Actualmente hay 1 068 usuarios que pagan el servicio de basura distribuidos de la siguiente forma:

Zona 1 290  
Zona 2 287  
Zona 3 193  
Zona 4 148  
Zona 5 150

Se tiene un aproximado del 45% de personas que si pagan el servicio de recolección de basura y el otro 55% no cuentan con este servicio.

#### **e. Frecuencia de recolección**

La recolección la efectúan de lunes a domingo, entre semana el recorrido es el siguiente:

Mercado día viernes  
Zona 1 días lunes y jueves  
Zona 2 días lunes y jueves  
Zona 3 días martes y viernes  
Zona 4 días martes y viernes  
Zona 5 día miércoles

El día domingo se recolecta solo la basura del centro.

#### **f. Costo de tarifa por servicio de recolección**

Cada usuario del servicio de recolección de basura paga mensualmente por el servicio un costo de Q 25.00 a pesar de que el costo no es elevado no todos los usuarios están solventes en el pago por el servicio.

### **g. Barrido de calles y áreas publicas**

La municipalidad se encarga del barrido de las calles principales del municipio, estos residuos son llevados en las carretas y toneles a puntos específicos, que posteriormente son descargados al camión recolector de la municipalidad y llevados hasta el botadero general.

Para realizar esta labor hay 12 personas trabajando. Existen 3 turnos durante el día, estos dan inicio a las 8 de la mañana y finalizan a las 4 de la tarde. A estos empleados se les dota de implementos tales como: gabacha, guantes, mascarillas, botas, capa y herramientas como tonel, carretilla, escoba, pala y machete. El personal ha sido capacitado en ocasiones por el Centro de Salud, el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales y por practicantes que llegan a la municipalidad.

### **h. Manejo de los residuos sólidos hospitalarios**

El municipio de San Juan Chamelco, posee un centro de salud que brinda atención a la población del municipio. Todas las actividades que realiza este centro dan lugar a la generación de residuos sólidos comunes y peligrosos, estos últimos requieren de un manejo especializado. Por lo que este centro brinda los servicios de la empresa Ecotermo, que cada lunes recoge y transporta los residuos peligrosos. Mientras que los residuos comunes o los de oficina, son llevados por el camión recolector de basura de la municipalidad los días lunes y jueves.

El centro de salud no cuenta con una fosa séptica donde almacenen residuos como por ejemplo las placentas, por lo que

están expuestos al contacto con las personas, esto es de alto riesgo para la salud de las personas. Así mismo no cuenta con un lugar específico circulado para el almacenamiento de los residuos bioinfecciosos en lo que son recogidos por Ecotermo.

#### **i. Rastro municipal**

Los residuos generados en el rastro municipal son recolectados cada 3 días por los vehículos de la municipalidad, esto solo los residuos comunes, pues los residuos orgánicos propiamente generados por el rastro como cachos y tripas son depositados diariamente en una zanja; mientras que la sangre y los ojos son arrojados al río.

Esta zanja tiene dos metros de profundidad y cada tres días se aplica un insecticida para el control de vectores que puedan transmitir una enfermedad. El estiércol no es depositado en esta zanja pues es convertido en abono.

Aunque existen encargados de la limpieza, cada persona que destaza limpia el lugar. Hay dos empleados que cumplen turnos de 24 horas debido a que el destace inicia desde la 1 a.m.

#### **j. Aprovechamiento y valorización**

Los usuarios del servicio de basura no separan sus residuos por lo tanto estos llegan unificados al botadero tanto orgánicos como inorgánicos. La única oportunidad de aprovechamiento que reciben los residuos es cuando los llamados pepenadores presentes en el basurero separan componentes de la basura que puedan ser vendidos a una recicladora. Estos elementos son

perchados en pequeñas champas dentro del área perimetral del botadero, para su posterior venta.

Se buscó obtener información mediante la entrevista a una de las personas que laboran dentro del botadero, según lo indicaba la ficha técnica 3 de los anexos, la información es la siguiente: Las personas venden botellas plásticas, nylon, metal, vidrio y papel. El nylon lo venden por quintal a Q 20.00; las botellas de plástico las venden por colores y cada color tiene un precio diferente. Los elementos anteriormente mencionados, también son vendidos por quintal.

#### **k. Tratamiento**

Los desechos sólidos del área urbana del municipio de San Juan Chamelco, no reciben ningún tipo de tratamiento estos son recogidos de los hogares y banquetas y son transportados hasta el botadero general, tanto orgánicos como inorgánicos.

#### **l. Disposición final**

Los desechos de este municipio son recibidos en el botadero de San Pedro Carcha de conformidad con el Acta Número (022-2016) de sesión Ordinaria de Concejo Municipal de San Pedro Carchá, Alta Verapaz. Donde acuerdan autorizar la deposición de los desechos sólidos del municipio de San Juan Chamelco, siempre y cuando se paguen Q 3 000.00 mensuales a la municipalidad de San Pedro Carchá.

Este es un botadero a cielo abierto, parcialmente circulado, donde la basura es tirada al barranco y quemada. El camión llega a dejar basura los días lunes, martes y viernes, los días que el

camión no va al botadero, este almacena la basura dentro el camión situado a un costado del parque central de San Juan Chamelco. A personas particulares que no pagan un servicio de basura les cobran Q 15.00 por permitirles el ingreso de sus residuos.

## **4.2 Caracterización de los residuos sólidos del municipio de San Juan Chamelco, Alta Verapaz**

### **4.2.1 Socialización y encuestas**

La socialización del estudio se realizó durante 3 días consecutivos, contando con el apoyo de la alcaldía municipal y la colaboración de los alumnos del Instituto Técnico en Recursos Naturales, quienes participaron activamente encuestando a los usuarios del servicio de basura, así mismo participaron en la visita de los hogares y comercios a muestrear para entregar la respectiva bolsa de basura rotulada para que se colocara la muestra de residuos. Durante este período se realizaron las siguientes actividades:

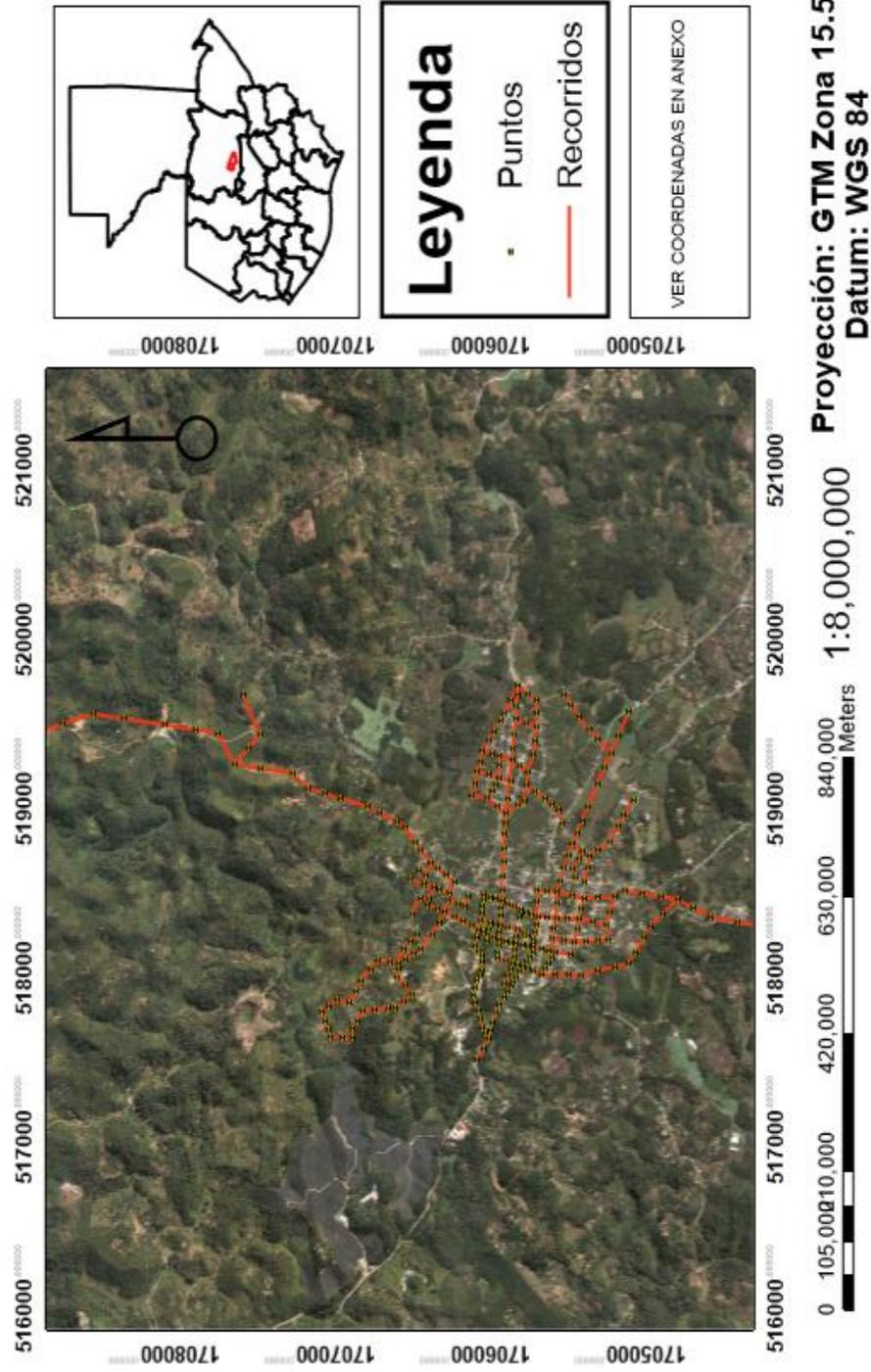
Identificación de viviendas.

Socialización del estudio de caracterización con los usuarios del servicio de basura.

Aplicación de la encuesta.

Entrega de bolsas plásticas para recolección de muestras.

## MAPA 2 LOCALIZACIÓN Y UBICACIÓN DE MUESTRAS



Fuente: Elaboración propia. Año 2018.

#### **4.2.2 Equipo utilizado para caracterización de los residuos**

La unidad de Desechos Sólidos y la unidad de Gestión Ambiental municipal, brindaron todo el apoyo necesario para la recolección y transporte de las muestras durante los días de caracterización. Los recursos empleados fueron:

- Camión de carga
- Balanzas
- Bolsas plásticas de basura
- Sticker* identificadores
- Palas
- Nylon*
- Recipientes plásticos
- Tonel
- Guates
- Botas

#### **4.2.3 Período de muestreo**

Las labores de muestreo se realizaron durante un día completo. Para asegurar la veracidad de los resultados se dispuso previamente hacer dos repeticiones del proceso de caracterización, en semanas diferentes utilizando los días jueves, viernes y sábado para que las personas depositaran sus desechos y recorrerlos posterior a ello . Con una muestra total de 300 bolsas el 18 de octubre 2017 y 300 el 28 de octubre 2017.

### a. Recolección de las muestras

Se iniciaron los procesos de recolección de casa en casa desde las 7:00 a.m. con el camión recolector, un grupo de empleados municipales y un grupo de alumnos del ITERN. Se distribuyó a los alumnos en cada uno de los barrios donde había muestras que recoger con el objetivo de hacer pequeños centros de acopio, para que posterior a eso el camión recolector pasara a recoger las muestras.

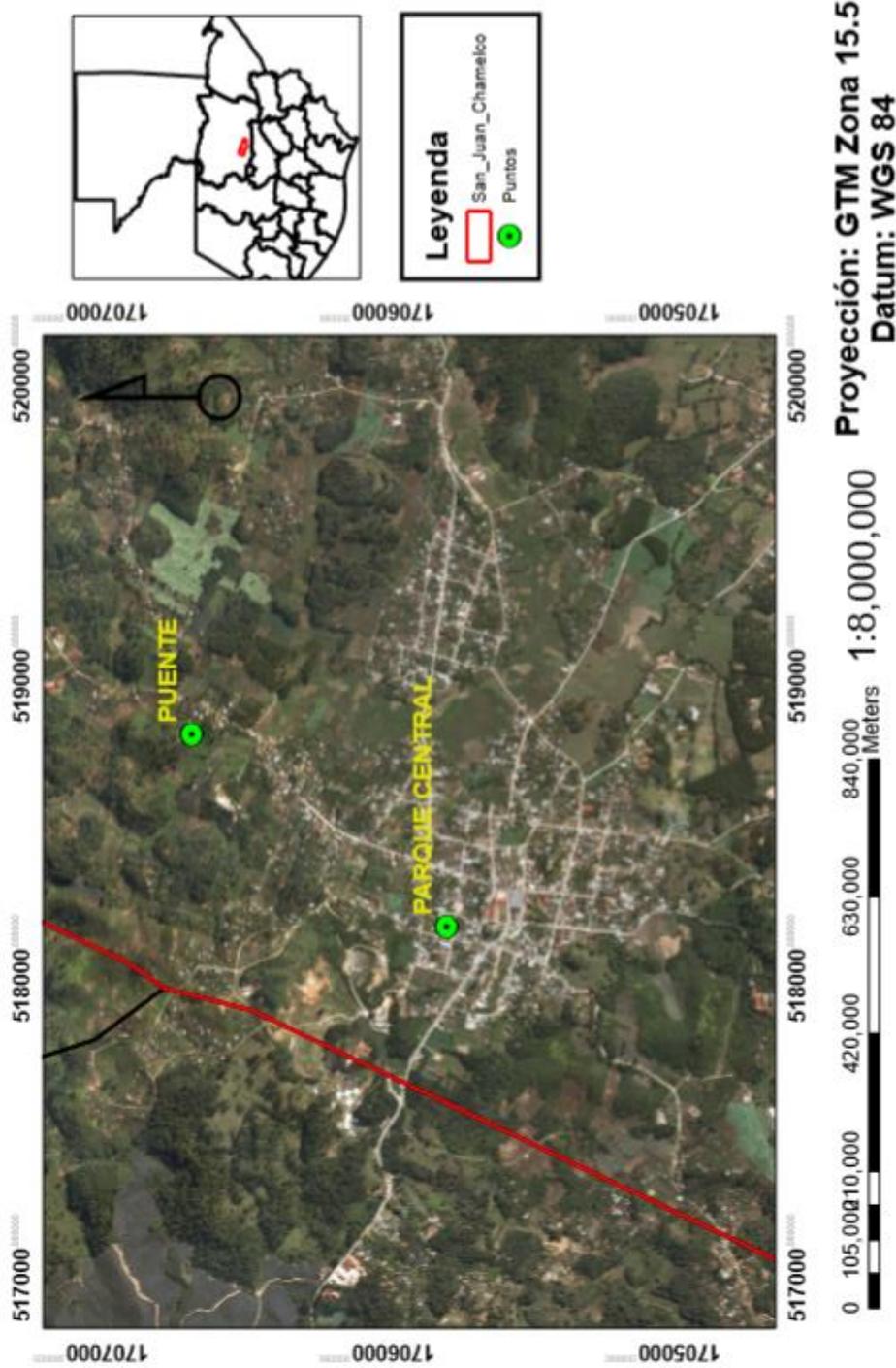
Los grupos establecidos fueron identificados por colores, para la recolección de las muestras, hubieron grupos formados por 2 y 3 personas esto debido a la cercanía de barrios a donde se tenía que asistir a recoger las bolsas.

**TABLA 1  
DISTRIBUCIÓN DE GRUPOS PARA RECOLECCIÓN  
DE MUESTRAS**

COLOR	BARRIOS	PERSONAS/GRUPO
Amarelo	Barrios Chitubtu y Resurrección	3
Azul	Barrios Resurrección y Santa Catalina	3
Marrón	Barrios Santa Catalina y Chio	3
Blanco	Barrios Santo Domingo y San Agustín	3
Rojo	Barrio San Luis	2
Verde claro	Barrios Chichun, San Luis y Sesibché	3
Verde	Barrios Concepción y San Juan	3
Púrpura	Barrio San Juan	2
Azul claro	Barrio San Juan	2
Marrón	Barrios Dolores, Santa Elena y Santa Ana	3
Lila	Barrio la Esperanza	3

**Fuente:** Trabajo de campo. Año 2017.

### MAPA 3 UBICACIÓN DE PUNTOS DE ACOPIO



Fuente: Elaboración propia.

## b. Transporte

El camión recolector pasó a cada uno de los puntos de acopio a recoger las muestras recolectadas en cada vivienda por los alumnos y empleados municipales. Una vez subidas todas las bolsas al camión este se condujo hasta el campo de futbol de la finca municipal Chipar, para descargar los residuos y empezar los procesos de caracterización. (ver mapas de rutas en anexos)

### FOTOGRAFÍA 2 CENTRO DE ACOPIO ESTABLECIDO PARA EL PROCESO DE CARACTERIZACIÓN



Tomada por: Leslie García. Año 2017.



### c. Pesaje

Al llegar al lugar donde se haría la caracterización se procedió a bajar cada una de las bolsas a muestrear para obtener el peso de las mismas, se hicieron tres grupos y cada grupo peso 100 muestras. Haciendo peso promedio de 1 007.88 kg Este dato posteriormente fue utilizado para determinar la producción per cápita para cada una de las viviendas.

### d. Cuarteo

El cuarteo constó de una serie de pasos descritos a continuación:

- 1) Se preparó una superficie plana con suficiente área para manipular las muestras, recubierta con *nylon*.
- 2) Se rompieron las bolsas y se depositaron los residuos sobre la superficie plana.
- 3) Se mezclaron todos los residuos hasta hacer una muestra homogenizada.
- 4) Se dividió la mezcla en cuatro partes y se unieron los extremos opuestos, descartando los dos restantes.
- 5) Se mezcló nuevamente hasta obtener una muestra de 50 kilogramos. Para proceder a clasificar.

### e. Clasificación

Fue realizada de forma manual, los residuos se separaron en categorías siendo estas: papel y cartón, plástico, pet, orgánico, aluminio, duroport, textil, vidrio y productos sanitarios. Una vez terminada la clasificación los componentes de la muestra de

residuos fueron depositados en un recipiente para determinar el peso de los mismos y así obtener la composición porcentual de los residuos por categorías.

#### f. Volumen

En un recipiente de medidas conocidas se colocaron los residuos por categorías, estos fueron colocados sin ejercer presión sobre ellos para obtener la altura del recipiente, posterior a ello se utilizó la fórmula  $V= \pi \times r^2 (h)$ .

### FOTOGRAFÍA 3 DETERMINACIÓN DE VOLUMEN DE MUESTRAS



Tomada por: Leslie García. Año 2017.

#### g. Densidad

Se colocaron los residuos del mismo modo que en la determinación de volumen, sin ejercer presión y dejando caer el recipiente al suelo desde una altura de 10 centímetros con el fin de llenar los espacios que pudiesen quedar vacíos. Se toma el peso de los residuos y el volumen.

#### **h. Disposición final de los residuos utilizados durante la caracterización**

Una vez terminado el proceso de caracterización los residuos fueron nuevamente embolsados y subidos al camión recolector para que este los transportara al final del día al botadero general. Por lo que hubo que cerciorarse de no dejar ningún tipo de residuos en la cancha de la finca municipal Chipar, los residuos fueron levantados del suelo con pala y con las manos, debidamente protegidas con guantes.

#### **i. Determinación del potencial Hidrógeno pH**

- 1) Se pesaron 10 gramos de la muestra de residuos sólidos triturados, teniendo en cuenta el porcentaje de los distintos componentes y eliminando los materiales inorgánicos como metal, vidrio, ladrillos, tierra, etc., y colocarla en un vaso de precipitado.
- 2) Se diluyeron los 10 gramos de residuos con 30 centímetros cúbicos de agua destilada.
- 3) Se agitó vigorosamente la muestra y se dejó en reposo durante 30 minutos.
- 4) Entonces se midió el pH de los residuos sólidos, en el laboratorio del Centro Universitario del Norte. Procedimiento obtenido de la metodología empleada en este documento, mencionada en el capítulo II metodología de la investigación.

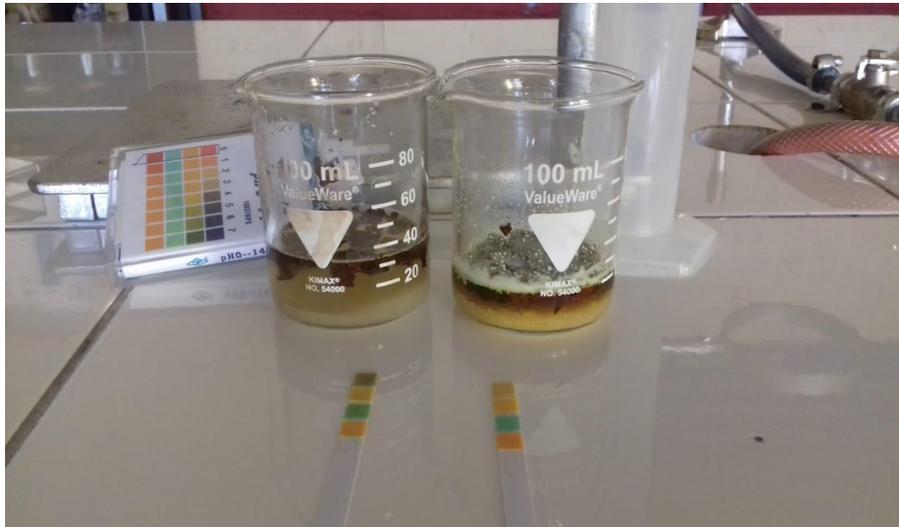
El resultado obtenido fue un pH de 3, lo que significa bastante ácido, esto debido a que era materia orgánica en descomposición.

La materia orgánica, tendrá un lixiviado que acidificara el suelo al entrar en contacto con este y a su vez contaminara el agua subterránea al infiltrarse grandes cantidades de este lixiviado. A su vez permite ver si la materia orgánica puede presentar cierto grado de descomposición al momento de ser recolectada y determinar el tiempo máximo que los residuos pueden permanecer en el hogar.

Se siguió este mismo procedimiento para hacer un análisis comparativo que genere más valor a la investigación, midiendo el pH de una muestra de residuos tomada en el botadero y otra muestra tomada del camión durante el tiempo de almacenamiento de la basura en el lugar que esta permanece los días que no acude el camión al botadero.

#### **FOTOGRAFÍA 4**

### **TOMA DE PH DE RESIDUOS ORGÁNICOS EN EL BOTADERO SAN PEDRO CARCHÁ VRS. MUESTRA ALMACENADA EN EL CAMIÓN DE BASURA**



**Tomada por:** Leslie García. Año 2018.

Los resultados obtenidos para estas muestras arrojan datos muy importantes en cuanto al manejo de desechos, pues en base a su acidez estos deben ser tratados. El análisis comparativo se presenta en el cuadro siguiente, que el grado de acidez más severo lo tiene la muestra del botadero, por lo que se sugiere que esta materia orgánica no sea expuesta al suelo sin llevar un proceso de tratamiento como por ejemplo el compostaje.

**CUADRO 5**  
**ANÁLISIS COMPARATIVO DE pH**

Tipo de muestra	pH	Análisis comparativo
Tomada de las bolsas de basura durante la caracterización	4	La muestra aún no está en descomposición por lo tanto su grado de acidez es bajo
Tomada del camión recolector durante un día en el lugar de almacenamiento	3	Al estar almacenada y no depositada en el lugar donde será tratada, entra en estado de descomposición por lo tanto no es adecuado que permanezca expuesta a la población, debe ser llevada de inmediato al botadero.
Tomada del botadero de San Pedro Carchá	1	El pH de esta muestra es muy ácido debido a que ya tiene mucho tiempo en descomposición, dato que debe ser tomado en cuenta pues la acidez de la materia orgánica puede contaminar fuentes hídricas y el suelo. Por lo que debe ser tratada y aprovechada la materia orgánica.

**Fuente:** Investigación de campo. Año 2018.

## FOTOGRAFÍA 5 TOMA DE PH DE RESIDUOS ORGÁNICOS EN SAN JUAN CHAMELCO



Tomada por: Leslie García. Año 2018.

### j. Determinación del porcentaje de humedad

Se utiliza el método de secado al horno, en el laboratorio del Centro Universitario del Norte.

- 1) Se pesaron 50 gramos de muestra triturada teniendo en cuenta el porcentaje de los distintos componentes o subproductos de los residuos sólidos y eliminando los materiales inorgánicos. Se introdujeron los materiales pesados y triturados en la cápsula sin comprimir el material. Se pesó la cápsula que contenía la muestra triturada de basura P1, gramos.
- 2) Se introdujo la cápsula así preparada en un horno a 120 grados centígrados durante 2 horas, con el fin de eliminar toda la humedad de la muestra. Al cabo de este tiempo se enfría y se pesa hasta peso constante P2, gramos.

- 3) Se calculó el porcentaje de humedad de la basura utilizando la fórmula  $\% \text{ Humedad} = \frac{P1-P2}{P1-PO} \times 100$

$$\text{El resultado obtenido fue } \% \text{ Humedad} = \frac{25 - 10.28}{25} \times 100$$

Dando un resultado de 58.88% de humedad. Esto significa que más de la mitad del peso de los residuos era humedad debido a que la muestra fue tomada tal y como salió de las bolsas de basura esta no sufrió un proceso de secado a fin de determinar la humedad presente en ella.

### **FOTOGRAFÍA 6 DETERMINACIÓN DEL % DE HUMEDAD DE RESIDUOS ORGÁNICOS EN SAN JUAN CHAMELCO**



**Tomada por:** Leslie García. Año 2018.

**k. Determinación del porcentaje de cenizas**

- 1) Utilizar la cápsula que contenía la muestra secada a 120 grados centígrados.
- 2) Meter la cápsula a la mufla durante 2 horas a 800 grados centígrados.
- 3) Al cabo de este tiempo se esperó a que enfriara y se pesó hasta peso constante P3, gramos.
- 4) Se calcula el porcentaje de cenizas de los residuos sólidos con la siguiente fórmula  $\% \text{ Cenizas} = \frac{P3-P0}{P2-P0} \times 100$

$$\text{El resultado obtenido fue } \% \text{ cenizas} = \frac{1.75}{10.28} \times 100$$

Dando un resultado de 17.02% de cenizas. Esto permite ver que el tratamiento de los residuos sólidos mediante técnicas de incineración sería bastante efectivo en la reducción del volumen, alargando la vida útil del sitio donde se dispongan los residuos. Esta medición fue realizada en el laboratorio del Centro Universitario del Norte.

**FOTOGRAFÍA 7**  
**DETERMINACIÓN DEL % DE CENIZAS DE**  
**RESIDUOS ORGÁNICOS EN SAN JUAN CHAMELCO**



**Tomada por:** Leslie García. Año 2018.

**I. Determinación de la carga contaminante**

- 1) Verificación de la tabla (ver anexos cuadro 11) que contiene los valores para cada elemento contenido en los componentes
- 2) Sumatoria de los valores
- 3) Determinación del porcentaje de la carga contaminante que posee el residuo sólido.

**TABLA 2**  
**PORCENTAJE DE LA CARGA CONTAMINANTE DE RESIDUOS**  
**EN SAN JUAN CHAMELCO**

<b>Comp.</b>	<b>Carb</b>	<b>Hidróg</b>	<b>Oxíg</b>	<b>Nitróg</b>	<b>Azuf</b>	<b>% Carga Contam.</b>
Papel y cartón	44.0	5.9	44.6	0.3	0.2	95.0%
Plástico	60.0	7.2	22.8	0.0	0.0	90.0%
Pet	60.0	7.2	22.8	0.0	0.0	90.0%
Orgánico	48.0	6.4	37.6	2.6	0.4	95.0%
Aluminio	4.5	0.6	4.3	0.1	0.0	9.5%
Duroport	60.0	7.2	22.8	0.0	0.0	90.0%
Textil	55.0	6.6	31.2	4.6	0.2	97.6%
Vidrio	0.5	0.1	0.4	0.1	0.0	1.1%
Productos Sanitarios	44.0	5.9	44.6	0.3	0.2	95.0%

**Fuente:** Ing. Marvin Grádiz e Ing. Rommel Raudales. Año 2018.

Cada residuo sin importar su origen o forma tiene una composición química específica, la cual indica su grado de contaminación (carga contaminante). En los resultados que muestra la tabla encontramos el textil con uno de los porcentajes mayores de carga contaminante 97.6%, se considera al textil como la segunda más contaminante del planeta debido a los materiales con que la tiñen, blanquean o estampan, estos compuestos químicos a la hora de desecharlos se desprenden del textil y filtran a aguas subterráneas y la incineración libera toxinas en el aire.

Mientras que por otro lado encontramos al vidrio con una carga contaminante de 1.1% la razón por la que este tiene una carga contaminante tan baja es porque su composición química proviene del medio ambiente, básicamente es arena, carbonato de sodio y caliza.

#### **m. Composición de los residuos sólidos**

La determinación de composición de los residuos sólidos, se realizó clasificándolos en las siguientes categorías, para la muestra del cuarteo y otra para la muestra total:

**TABLA 3**  
**COMPOSICIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS EN SAN**  
**JUAN CHAMELCO, MUESTRA DEL CUARTEO**  
**REALIZADA EL 18 DE OCTUBRE 2017**

CATEGORÍA	PESO (kg)	% DE PESO	VOLUMEN m <sup>3</sup>	% DE VOLUMEN	DENSIDAD kg/m <sup>3</sup>
Papel y Cartón	3.5	7	0.095	11.94	36.84
Plástico duro	5.5	11	0.205	25.78	26.82
Pet	1.5	3	0.063	7.92	23.80
Orgánico	29.5	59	0.191	24.02	154.45
Aluminio	4	7	0.057	7.16	70.17
Duroport	1	2	0.031	3.89	32.25
Textil	1.5	3	0.084	10.56	17.85
Vidrio	1	2	0.016	2.01	62.5
Papel de baño	1.5	3	0.037	3.99	40.54
Pañales / toallas sanitarias	1	2	0.021	2.66	47.61
<b>TOTAL</b>	50 Kg	100%	0.795 m <sup>3</sup>	99.94%	512.83 kg/m <sup>3</sup>

**Fuente:** Investigación de campo. Año 2017.

La tabla muestra la composición de los residuos sólidos en el municipio de San Juan Chamelco, tras la primera caracterización que se realizó con fecha 18 de octubre para la muestra tomada luego del cuarteo, dando resultados mayormente altos los desechos orgánicos con 59% y el plástico con 11% en peso.

**TABLA 4**  
**COMPOSICIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS**  
**EN SAN JUAN CHAMELCO, MUESTRA TOTAL**  
**REALIZADA EL 18 DE OCTUBRE 2017**

CATEGORÍA	PESO (kg)	% DE PESO	VOLU-MEN m <sup>3</sup>	% DE VOLU-MEN	DENSIDAD kg/m <sup>3</sup>
Papel y Cartón	71.37	7	1.93	11.94	36.97
Plástico	112.16	11	4.18	25.78	26.83
Pet	30.59	3	1.28	7.92	23.89
Orgánico	601.61	59	3.89	24.02	154.65
Aluminio	81.57	7	1.16	7.16	70.31
Duroport	20.39	2	0.63	3.89	32.36
Textil	30.59	3	1.71	10.56	17.88
Vidrio	20.39	2	0.32	2.01	63.71
Pape de baño	30.59	3	0.75	3.99	40.78
Pañales / toallas sanitarias	20.39	2	0.42	2.67	48.54
<b>TOTAL</b>	1,019.65 kg	100%	16.27 m <sup>3</sup>	99.94%	515.92 kg/m <sup>3</sup>

**Fuente:** Investigación de campo. Año 2017.

El contenido de esta tabla muestra la composición de los residuos sólidos en el municipio de San Juan Chamelco, tras la primera caracterización que se realizó con fecha 18 de octubre para la muestra total correspondiente a 300 bolsas, dando resultados mayormente altos los desechos orgánicos con 601.61 kg y el plástico con 112.16 kg. Sin embargo estos valores son corroborados en la segunda repetición.

**TABLA 5**  
**COMPOSICIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS**  
**EN SAN JUAN CHAMELCO, MUESTRA DEL CUARTEO**  
**REALIZADA EL 28 DE OCTUBRE 2017**

<b>CATEGORÍA</b>	<b>PESO (kg)</b>	<b>% DE PESO</b>	<b>VOLUMEN m<sup>3</sup></b>	<b>% DE VOLUMEN</b>	<b>DENSIDAD kg/m<sup>3</sup></b>
Papel y Cartón	4.5	9	0.138	17.27	32.60
Plástico	5.2	10.4	0.142	17.77	36.61
Pet	2.5	5	0.057	7.13	43.85
Orgánico	28.9	57.8	0.184	23.03	157.06
Aluminio	2.4	4.8	0.036	4.51	66.66
Duroport	0.9	1.8	0.029	3.63	31.03
Textil	1.05	2.1	0.042	5.26	25
Vidrio	0.85	1.7	0.012	1.50	70.83
Pape de baño	2.5	5	0.107	13.45	23.36
Pañales / toallas sanitarias	1.2	2.4	0.052	6.45	23.07
<b>TOTAL</b>	<b>50 kg</b>	<b>100 %</b>	<b>0.799 m<sup>3</sup></b>	<b>100 %</b>	<b>510.07 kg/m<sup>3</sup></b>

**Fuente:** Investigación de campo. Año 2017.

Tabla cuyo contenido muestra resultados de la segunda caracterización de la composición de desechos sólidos en San Juan Chamelco, corrobora que como lo indicó la tabla de la primera caracterización los valores más altos en peso son para desechos orgánicos y plástico, en esta repetición los valores cambia 57.8% y 10.4% respectivamente.

**TABLA 6**  
**COMPOSICIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS**  
**EN SAN JUAN CHAMELCO, MUESTRA TOTAL**  
**REALIZADA EL 28 DE OCTUBRE 2017**

CATEGORÍA	PESO (kg)	% DE PESO	VOLUMEN m <sup>3</sup>	% DE VOLUMEN	DENSIDAD kg/m <sup>3</sup>
Papel y Cartón	89.91	8.91	2.75	17.27	32.69
Plástico	103.90	10.39	2.83	17.77	36.71
Pet	49.95	4.99	1.13	7.13	44.20
Orgánico	577.46	57.79	3.67	23.03	157.34
Aluminio	47.95	4.79	0.71	4.51	67.53
Duroport	17.98	1.79	0.57	3.63	31.54
Textil	20.98	2.09	0.83	5.26	25.27
Vidrio	16.98	1.69	0.23	1.50	73.82
Pape de baño	45.20	4.52	1.93	12.16	23.41
Pañales / toallas sanitarias	28.73	2.87	1.23	7.74	23.35
<b>TOTAL</b>	999.04 kg	99.83%	15.88 m <sup>3</sup>	100 %	515.86 kg/m <sup>3</sup>

**Fuente:** Investigación de campo. Año 2017.

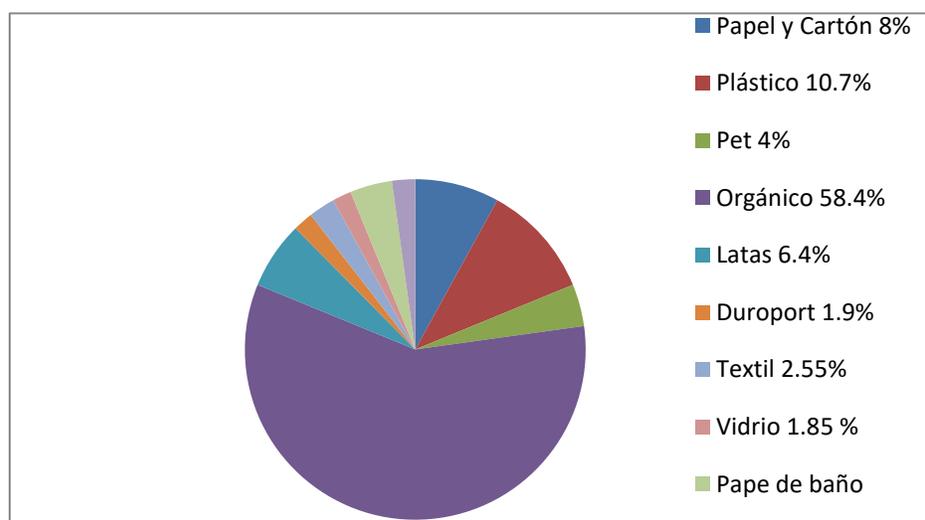
El contenido de esta tabla muestra la composición de los residuos sólidos en el municipio de San Juan Chamelco, tras la repetición que se realizó con fecha 28 de octubre para la muestra total correspondiente a 300 bolsas, dando resultados mayormente altos los desechos orgánicos con 577.46 kg y el plástico con 103.90 kg. Sin embargos estos valores son corroborados en la segunda repetición.

**TABLA 7**  
**PROMEDIO DE COMPOSICIÓN DE LOS RESIDUOS**  
**SÓLIDOS EN SAN JUAN CHAMELCO**

Categoría	Peso (kg)	Volumen (m <sup>3</sup> )	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )
Papel y Cartón	80.64	2.34	34.46
Plástico	108.03	3.50	30.86
Pet	40.27	0.44	91.52
Orgánico	589.53	3.78	155.96
Aluminio	64.76	0.93	69.63
Duroport	19.18	0.6	31.96
Textil	25.78	1.27	20.29
Vidrio	18.68	0.27	69.18
Pape de baño	37.89	1.34	28.27
Pañales / toallas sanitarias	24.56	1.46	26.02
<b>TOTAL</b>	<b>1,009.32 kg</b>	<b>15.93 m<sup>3</sup></b>	<b>558.15 kg/m<sup>3</sup></b>

**Fuente:** Investigación de campo. Año 2017.

**GRÁFICA 2**  
**COMPOSICIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS**  
**SEGÚN PORCENTAJE DE PESO EN SAN JUAN**  
**CHAMELCO**



**Fuente:** Investigación de campo. Año 2017.

Se puede observar que las cantidades mayores de residuos según su categoría son la materia orgánica, en segundo lugar el plástico y en tercer lugar el papel y cartón, tanto en la primera como en la segunda repetición.

#### **4.3 Producción per cápita de residuos sólidos**

La producción de residuos sólidos domiciliarios por habitante (PPC) en el municipio de San Juan Chamelco, Alta Verapaz, es de 0.45 kg/hab/día esta no es una cifra muy elevada en comparación con otros municipios.

Existen factores que pueden influir en la tasa de producción de residuos sólidos en el municipio estos son:

Existe alto grado de hacinamiento, en algunos casos hay más de dos familias en un mismo hogar.

Existe un alto grado de consumismo y esto provoca mayor producción de residuos.

El procedimiento que se siguió para determinar la PPC fue:

La cantidad de usuarios del servicio de basura es de 1 068 y la muestra fue de 300 usuarios.

Se determinó la cantidad de kilogramos de desechos sólidos por usuario mediante la sumatoria de kilogramos registrados

$$1\ 009.32\ \text{kg} / 300\ \text{usuarios} = 3.36\ \text{kg/usuario}$$

Se determinó la cantidad de habitantes por hogar, sacando promedio  
 $1\ 618\ \text{personas} / 300\ \text{usuario} = 5.39\ \text{personas/usuario}$  lo que es igual a decir 5 habitantes/hogar.

Se determinó la cantidad de kilogramos por habitante, dividiendo el total de kilogramos dentro del total de habitantes  $1\ 009.32\ \text{kg}/1\ 618\ \text{hab} = 0.62\ \text{kg/hab}$

La PPC se da por día, sin embargo en ese estudio la muestra fue tomada por 3 días, por lo que el resultado anterior hubo que dividirlo dentro de 3.  $0.62\ \text{kg/hab} / 3\ \text{días} = 0.20\ \text{kg/hab/día}$

#### **4.3.1 Producción diaria de residuos sólidos en libras, para el área urbana del municipio de San Juan Chamelco, Alta Verapaz**

Tomando en cuenta que cada familia que paga el servicio de basura está constituido por un promedio de 5 personas, entonces para determinar la cantidad de residuos en kilogramos que el municipio de San Juan Chamelco ingresa diariamente a un botadero, se multiplicó la cantidad de familias por el promedio de habitantes por hogar y este resultado se multiplicó por la PPC así:

$1\ 068\ \text{hogares} \times 5\ \text{habitantes} = 5\ 340\ \text{personas que producen basura.}$

$$5\ 340\ \text{peronas} \times 0.20\ \text{PPC} = 1\ 068\ \text{kg}$$

Los 1 068kg corresponden únicamente al 45% de la población que paga por el servicio pero existe aún un 55% de personas generando residuos en este municipio por lo tanto debe hacerse la siguiente operación:

45% de la población produce 1 068 kg y para averiguar cuanto produce el 55% debe hacerse lo siguiente:

$$55 \times 1068 = 88\ 440 / 1\ 305.3$$

$$1\ 305.33. \times 5 = 6\ 525.65\ \text{habitantes}$$

$$6\,525.65 \text{ habitantes} \times 0.20 = 1\,305.13 \text{ kg}$$

Esto hace un total de 2,373.13 kg/día de basura.

Se estima que para el área urbana del municipio de San Juan Chamelco diariamente se producen 2 373.13 kilogramos de residuos o lo que es igual a 2.38 toneladas diarias.

#### **4.3.2 Volumen diario de residuos sólidos en metros cúbicos, para el municipio de San Juan Chamelco, Alta Verapaz**

El volumen de residuos que el municipio produce diariamente se estimó de la siguiente manera:

$$V = \pi \times (r^2) \times (h)$$

$$V = \pi \times (0.26)^2 \times 19.65 = 4.17 \text{ m}^3 / 3 = 1.39 \text{ m}^3 / \text{día} \text{ para obtener el valor diario ya que la muestra contiene basura de 3 días}$$

Este valor corresponde a una muestra de 300 por lo que para determinar el volumen de residuos que generan todos los usuarios del servicio se debe aplicar una proyección mediante la multiplicación de 1.39 por 1,068 y este resultado se divide dentro de 300 así:

$$1.39 \text{ m}^3 \times 1,068 \text{ usuarios} = 1\,484.52 \text{ m}^3 / \text{usuario}$$

1 484.52 m<sup>3</sup>/usuario / 300 bolsas = 4.94 m<sup>3</sup>/día correspondientes al 45% que paga el servicio, más la suma del 55% (que corresponde a 6.03 m<sup>3</sup>/día)

$$4.94 \text{ m}^3 / \text{día} + 6.03 \text{ m}^3 / \text{día} = 10.97 \text{ m}^3 / \text{día}$$

#### **4.3.3 Densidad diaria de residuos sólidos en lb/m<sup>3</sup>, para el municipio de San Juan Chamelco, Alta Verapaz**

La densidad de los residuos se determinó dividiendo el peso total dentro del volumen de residuos así:

$$2\ 373.13\ \text{kg} / 10.97\ \text{m}^3 = 216.32\ \text{kg/m}^3$$

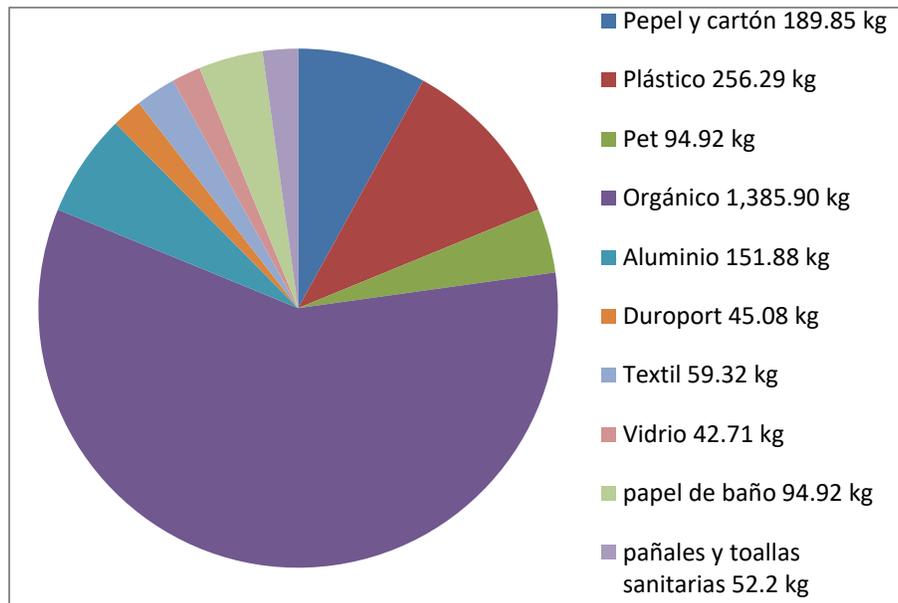
**TABLA 8**  
**RESUMEN DE PRODUCCIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS**  
**EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE SAN JUAN**  
**CHAMELCO, ALTA VERAPAZ**

DESCRIPCIÓN	VALORES
Producción diaria	2 373.13 kg
Producción mensual	71 193.9 kg
Producción anual	866 192.45 kg
Volumen diario	10.97 m <sup>3</sup> /día
Volumen mensual	329.1 m <sup>3</sup> /día
Volumen anual	4 004.05 m <sup>3</sup> /día
Densidad diaria	216.32 kg/m <sup>3</sup>
Densidad mensual	216.32 kg/m <sup>3</sup>
Densidad anual	216.32 kg/m <sup>3</sup>

**Fuente:** Investigación de campo. Año 2018.

Esta tabla muestra el resumen de promedios de producción expresado en Kg dando una producción diaria, mensual y anual para la producción de peso, volumen y densidad.

### GRÁFICA 3 PRODUCCIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS AL AÑO EN SAN JUAN CHAMELCO



**Fuente:** Elaboración propia. Año 2018.

La grafica muestra la producción de residuos al año expresada en Kg donde el mayor porción es ocupada por la materia orgánica con 1 385.90 kg. Y la menor correspondiente al vidrio con 42.71 kg.

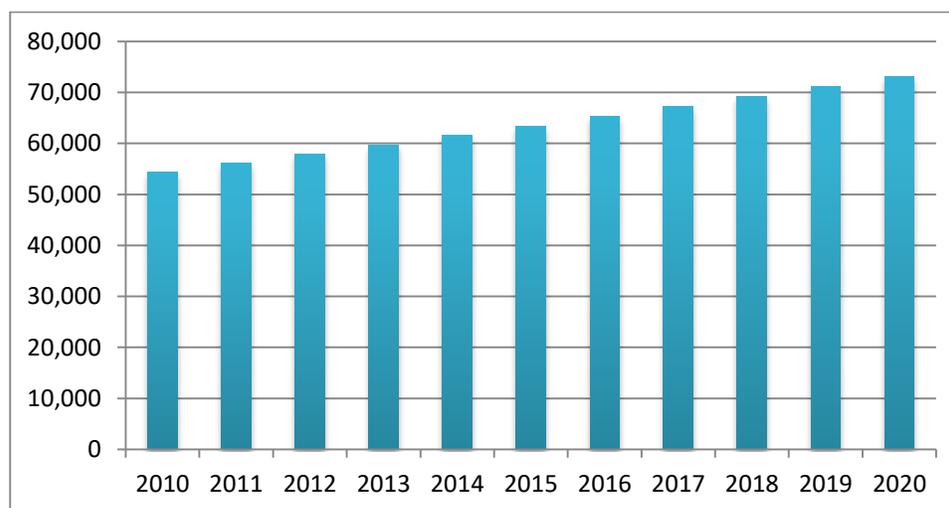
**4.4 Elaboración de una proyección de producción de residuos sólidos para el año 2020 del área urbana del municipio de San Juan Chamelco, Alta Verapaz**

**TABLA 9  
ESTIMACIÓN DE POBLACIÓN TOTAL PARA EL MUNICIPIO DE SAN JUAN CHAMELCO, ALTA VERAPAZ**

<b>AÑO</b>	<b>POBLACIÓN</b>
2010	54 423
2011	56 141
2012	57 905
2013	59 709
2014	61 545
2015	63 407
2016	65 298
2017	67 223
2018	69 175
2019	71 147
2020	73 130

**Fuente:** Instituto Nacional de Estadística. Año 2018.

**GRÁFICA 4  
ESTIMACIÓN DE POBLACIÓN TOTAL PARA EL MUNICIPIO DE SAN JUAN CHAMELCO, ALTA VERAPAZ**



**Fuente:** Instituto Nacional de Estadística. Año 2018.

Para estimar una proyección de producción de residuos sólidos para el año 2020 en el municipio de San Juan Chamelco, Alta Verapaz es necesario multiplicar la producción per cápita de residuos por la estimación de proyección de población año por año.

Para esto se han utilizado los datos proporcionados por el INE, descritos anteriormente en las tablas de arriba, quedando una tabla así:

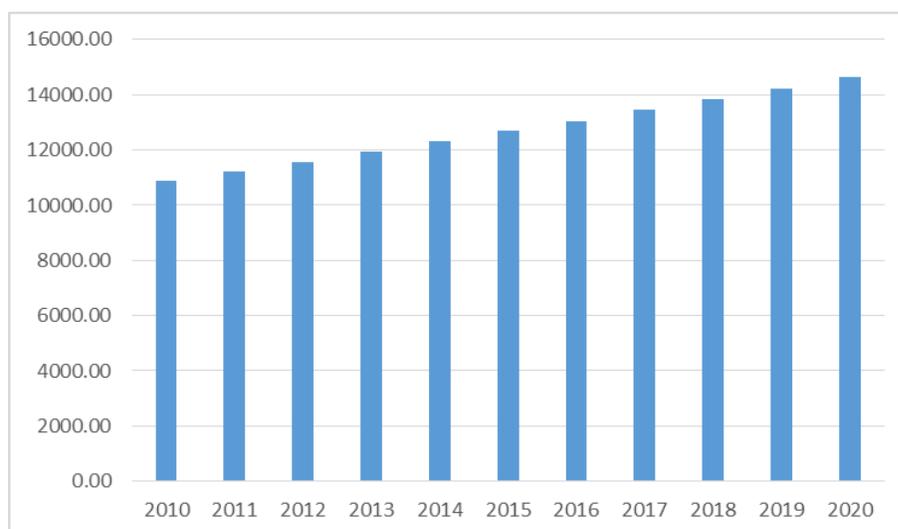
**TABLA 10**  
**PROYECCIÓN DE PRODUCCIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS**  
**PARA EL AÑO 2020 DEL MUNICIPIO DE SAN JUAN**  
**CHAMELCO, ALTA VERAPAZ**

<b>AÑO</b>	<b>POBLACIÓN</b>	<b>PRODUCCIÓN DE RESIDUOS kg/hab/año</b>
2010	54 423	10 884.6
2011	56 141	11 228.2
2012	57 905	11 581.0
2013	59 709	11 941.8
2014	61 545	12 309.0
2015	63 407	12 681.4
2016	65 298	13 059.6
2017	67 223	13 444.6
2018	69 175	13 835.0
2019	71 147	14 234.8
2020	73 130	14 626.0

**Fuente:** Investigación de campo. Año 2018.

Según la proyección de producción de residuos sólidos, en San Juan Chamelco, el incremento es proporcional, es decir mientras más crece la población más aumenta la producción de residuos. Por lo tanto pensar en la construcción de una planta de tratamiento deberá hacerse con estos datos.

### GRÁFICA 5 ESTIMACIÓN DE PROYECCIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS PARA EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE SAN JUAN CHAMELCO, ALTA VERAPAZ



**Fuente:** Investigación de campo. Año 2018.

Actualmente el área urbana tiene una producción per cápita de residuos de 2 373.13 kilogramos, sin embargo este valor se obtiene con la cantidad de usuarios del servicio de basura quienes son el objeto de estudio en esta investigación. Si toda la población del municipio contara con el servicio de recolección de basura, este dato sería el que muestra la gráfica 513 444.6 para el año 2017. Estos valores van en aumento conforme aumenta la cantidad de pobladores, alcanzando para el 2020 una producción de 32 908.50 kilogramos.

Estas cantidades son importantes para las autoridades municipales, al momento de decidir que manejo se le dará a los residuos sólidos, se debe tener en cuenta que aumentará la producción de los mismos.



## CAPÍTULO V

### LA PROPUESTA

Los resultados plasmados en el capítulo anterior, muestran que es necesario dar un manejo a los desechos sólidos, tanto el diagnóstico y caracterización como la proyección de producción de residuos sólidos urbanos dan pautas de lo importante que es la implementación de un proyecto de manejo de residuos sólidos para el municipio de San Juan Chamelco A.V.

“Muchos trabajadores del sector de desarrollo transforman el mundo constantemente con actividades en los sectores: agrícola, salud, educación, infraestructura, vivienda, economía y ambiente todos comparten una cosa en común: ¡Cambiar el mundo a través de proyectos!. La gestión de proyectos, rara vez se identifica como una prioridad estratégica para entregar resultados de proyectos con eficiencia y eficacia. Se han centrado los esfuerzos únicamente en el área técnica de un proyecto. Sin embargo la gestión de un proyecto va más allá de eso. La gestión de proyectos es la disciplina de planificar, organizar y gestionar recursos para llevar a cabo la entrega exitosa del objetivo, productos y resultados específicos del proyecto”.<sup>8</sup>

Los proyectos de desarrollo no entregan únicamente resultados tangibles sino también otros menos tangibles como la promoción del cambio social o un cambio de comportamiento relacionado a determinado tema con el fin de conducir a mejoras en el bienestar de las poblaciones objetivo del proyecto.

---

<sup>8</sup> Cattaway, Chris. Et. Al. *Una guía para el PMD Pro, Gestión de proyectos para profesionales del desarrollo.* (Sudáfrica: PM4NGOs, 2012.),

Para fines de esta propuesta se utilizará como base la Guía PMD Pro “Gestión de proyectos para el desarrollo de profesionales del desarrollo”, la cual establece un modelo de proyectos por fases de PMD Pro siendo estas: identificación y diseño del proyecto; puesta en marcha del proyecto; planificación; implementación y transición del proyecto. Al desarrollar esta propuesta se abordará únicamente la primera fase identificación y diseño del proyecto.

Lo que se pretende al establecer la propuesta según la guía PMD Pro es, que la municipalidad pueda gestionar los fondos para la construcción de la planta y no pagar totalmente por ella con fondos municipales. La gestión de fondos para este tipo de proyectos, demanda determinados requerimientos que deben estar elaborados rigurosamente sobre la base de gerencia de proyectos, para convencer a los donantes de que el proyecto en el que van invertir realmente vale la pena. Es por ello que se utiliza la primera fase para la construcción de una propuesta de proyecto que solicita fondos ajenos a los municipales.

### **5.1 La fase de identificación y diseño del proyecto**

Todos los proyectos comienzan como una idea específica, una necesidad objetiva o una oportunidad de acción que se evalúa, analiza y se convierte en un proyecto que se gestiona a través del ciclo de vida del proyecto. Si bien hay una variedad de actividades que se pueden realizar durante esta fase, en términos generales el trabajo que se realiza durante la misma puede resumirse en tres categorías generales según lo establece la guía de PMD Pro:

Recopilación de datos.

Identificación de las necesidades, triangulación de necesidades según la clasificación Bradshaw.

Tipos de datos, descripción del entorno del proyecto.

Análisis de datos.

Análisis de estado actual, árbol de problemas.

Análisis de estado futuro, construcción de escenarios.

Identificación de la lógica de intervención del proyecto.

Construcción del marco lógico.

Interpretación de la matriz de marco lógico.

A continuación se presenta una herramienta de gestión de proyectos denominada “Teoría de cambio”, entendiéndola como un diagrama que explica cómo las actividades producen una serie de resultados que contribuyen a lograr los impactos finales previstos. Esta teoría puede elaborarse para cualquier nivel de intervención, ya sea un proyecto, un programa, una política o una estrategia.

## DIAGRAMA 1

### TEORÍA DE CAMBIO SOBRE EL MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE SAN JUAN CHAMELCO



**Fuente:** Elaboración propia. Año 2018. Con base en la Guía PMD Pro.

Esta teoría de cambio representa en un amplio análisis una situación, como lo es el manejo adecuado de los residuos sólidos, que requiere modificarse a fin de alcanzar un cambio positivo. Este enfoque de comprensión e intervención en la realidad parte de un objetivo de impacto que identifica un conjunto de resultados, todos ellos precondiciones, que articuladamente permiten alcanzar el cambio de largo plazo deseado.

### **5.1.1 Recopilación de datos**

#### **a. Identificación de las necesidades, triangulación de necesidades según la clasificación Bradshaw.**

Como parte de este proyecto, se debe hacer una exploración general. Un método para aclarar las diferentes perspectivas de necesidades reales es mediante la triangulación de datos, esta es una herramienta que facilita validar datos mediante la verificación cruzada de más de dos fuentes. Se identifican cuatro categorías de necesidad social:

##### **1. Necesidades normativas**

Comprenden la situación actual con un conjunto de estándares profesionales o expertos.

##### **2. Necesidades comparativas**

Comparan la situación actual con la situación de otros.

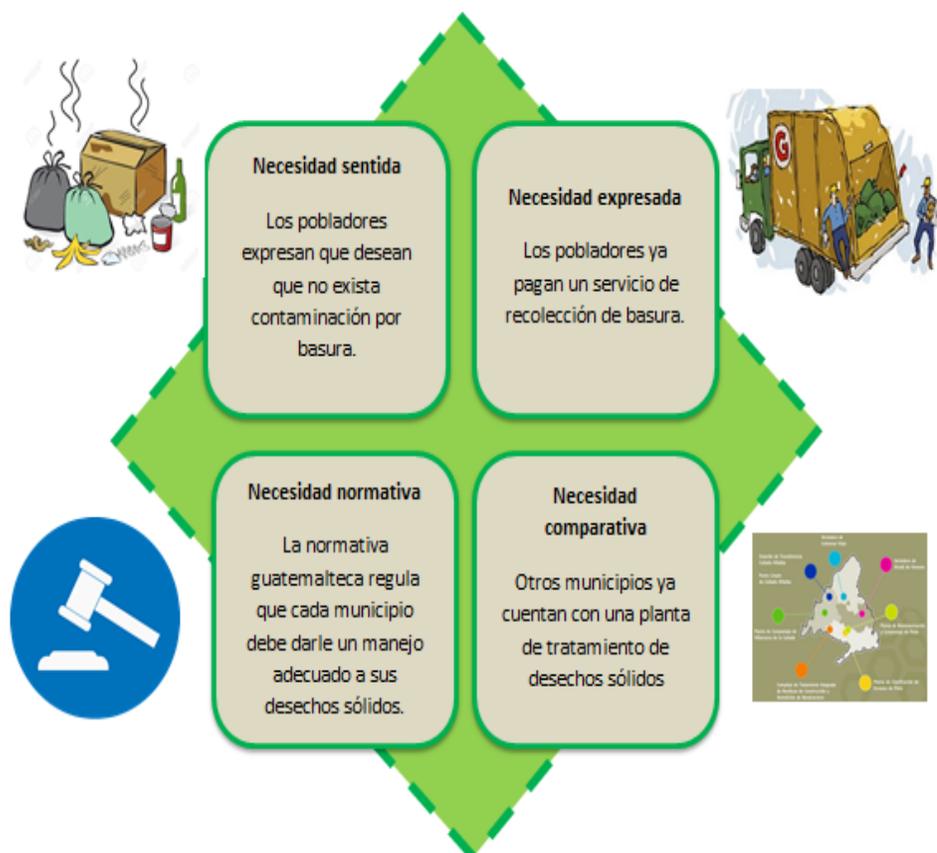
##### **3. Necesidades sentidas**

Se centran en los pensamientos y los sueños de la comunidad misma lo que la gente considera un problema.

#### 4. Necesidades expresadas

Se deducen de la observación de las acciones de la comunidad.

### DIAGRAMA 2 TRIANGULACIÓN DE NECESIDADES EN SAN JUAN CHAMELCO SEGÚN LA CLASIFICACIÓN BRADSHAW



**Fuente:** Elaboración propia. Año 2018. Con base en la Guía PMD Pro

A través de este diagrama se plasma la necesidad de darle un manejo a los residuos sólidos, tanto como lo perciben los pobladores indicando que este ya es un problema de contaminación al ambiente, así también como se percibe al hacer una comparación con otras poblaciones que resolvieron ya su necesidad de manejar adecuadamente los residuos instaurando

una planta de tratamiento, de igual forma, la necesidad que esto implica al existir un marco legal que establece que cada municipio debe darle tratamiento a sus desechos y por ultimo esa necesidad que se expresa con el accionar de la población, esa población que ya está pagando por un servicio de recolección de residuos sólidos.

#### **b. Tipos de datos descripción del entorno del proyecto**

El proceso de recopilación de datos, no se limita solamente a establecer las necesidades. Debe describirse el contexto del proyecto, datos sobre una serie de temas relacionados con el entorno del proyecto.

#### **c. Identificación de los *stakeholders***

##### **1) Donante**

Persona o grupo que proporciona los recursos financieros para el proyecto. Dentro de los donantes de proyectos ambientales están: USAID, Unión Europea, GAC de Canadá, KFW de Alemania y el Gobierno Central a través de los Consejos de Desarrollo.

##### **2) Clientes**

Son las personas que usarán el producto, resultado del proyecto. En este caso las empresas recicladoras identificadas a quienes se les venderán los materiales recuperados y de igual forma las personas particulares que compren el abono generado de los residuos orgánicos.

### **3) Equipo del proyecto**

Está conformado por el administrador y el equipo de administración del proyecto, al ser un proyecto municipal el alcalde y determinados miembros de su cooperación a quienes les sea asignado el proyecto serán los responsables, en este caso el director de la Oficina de Planificación Municipal, en apoyo de las Oficinas de Gestión Ambiental y Servicios Públicos (en su extensión Desechos Sólidos), siendo esta la principal según lo establece el código municipal

### **4) Gobierno**

Un proyecto requiere certificados, aprobaciones, o permisos para ser ejecutado o poder realizar su actividad. En este caso el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales es el organismo de regulación medioambiental.

### **5) Afectados**

Personas que están directamente implicadas con el proyecto, están afectadas por la ejecución de este. En este caso la población del municipio de San Juan Chamelco.

#### **d. Ventajas para la comunidad**

Provee un manejo adecuado a los residuos sólidos.

Reducción de enfermedades relacionadas a los desechos sólidos.

Contribuye al desarrollo sostenible de municipio.

Genera de empleo.

Mejora en la calidad de vida de los pobladores.

Contribuye al cuidado ambiental.

Se reduce la contaminación paisajística.

**e. Entorno biológico/físico**

Para fines de este capítulo, no se describe detalladamente el entorno biológico y físico en el cual se desarrollara el proyecto, sin embargo, esta descrito en el CAPÍTULO II de este documento.

**f. Redes organizacionales**

Estas son las relaciones de intercambio y de cooperación que se basan en la comunicación entre estructuras de la misma organización o incluso entre diferentes organizaciones, que persigan un mismo fin. Deben existir negociaciones en el contexto de alianzas estratégicas donde se haga un análisis de actividades y una cadena de jerarquías. Para este proyecto una red organizacional interna puede darse entre las diferentes unidades municipales como la Oficina de Planificación Municipal, la Unidad de Gestión Ambiental Municipal, la Unidad de Servicios Públicos en su extensión desechos sólidos. Mientras que una estructura externa podría darse con los municipios que conforman la mancomunidad a la que pertenece San Juan Chamelco.

**g. Condiciones sociales y culturales**

Para fines de este capítulo no se hace al descripción de las condiciones sociales y culturales, únicamente se enlistan los parámetros a evaluar al momento de diseñar el proyecto. Estos son: datos de población, acceso, calidad del empleo, acceso a educación, salud, calidad y condiciones técnicas de las viviendas, infraestructura municipal, descripción del ambiente cultural y servicios básicos.

## **5.1.2 Análisis de datos**

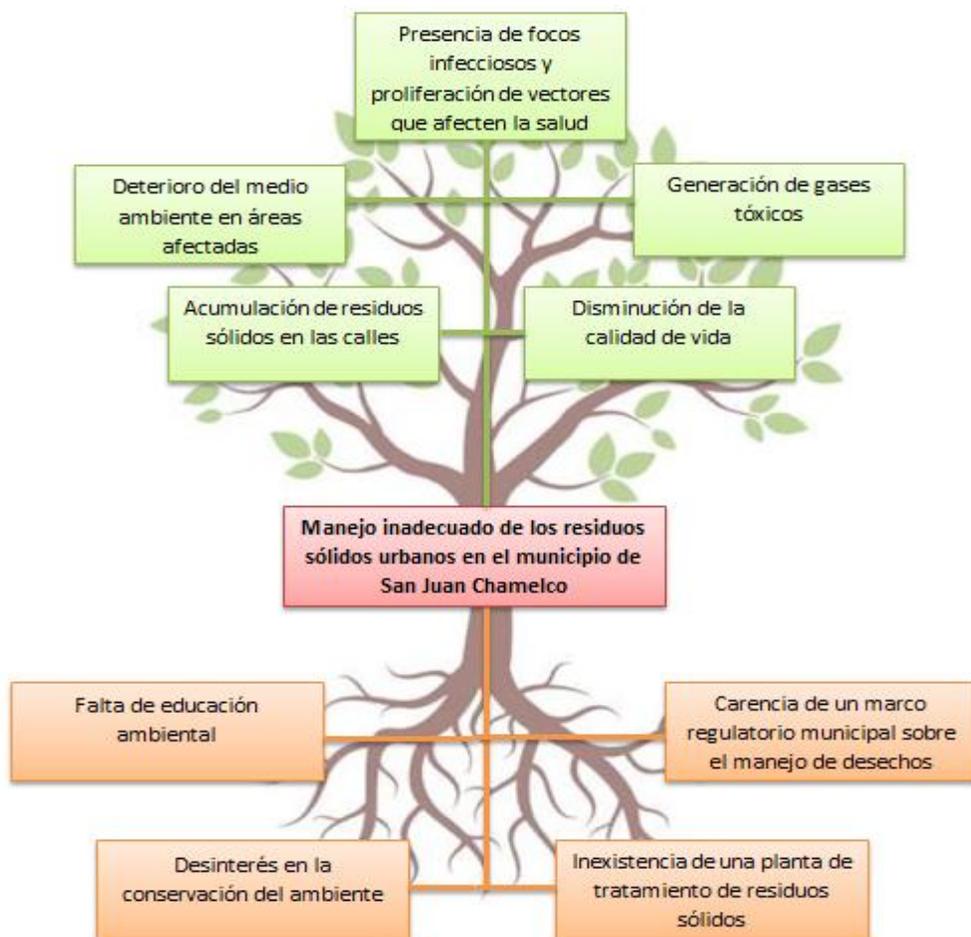
### **a. Análisis de estado actual árbol de problemas**

Según Cattay en la Guía PMD Pro este es el punto de partida para el buen diseño del proyecto. Es el proceso de comprender el estado, la condición, las tendencias y los problemas clave que afectan a las personas y los medios de vida de las personas, los ecosistemas o las instituciones en un determinado contexto geográfico.

Por lo que a continuación se hace uso de una herramienta de gerencia de proyectos para identificar las causas y efectos de no abordar el problema sobre manejo de desechos sólidos.

### DIAGRAMA 3

## ÁRBOL DE PROBLEMAS SOBRE EL MANEJO INADECUADO DE RESIDUOS SÓLIDOS EN SAN JUAN CHAMELCO



**Fuente:** Elaboración propia. Año 2018. Con base en la Guía PMD Pro

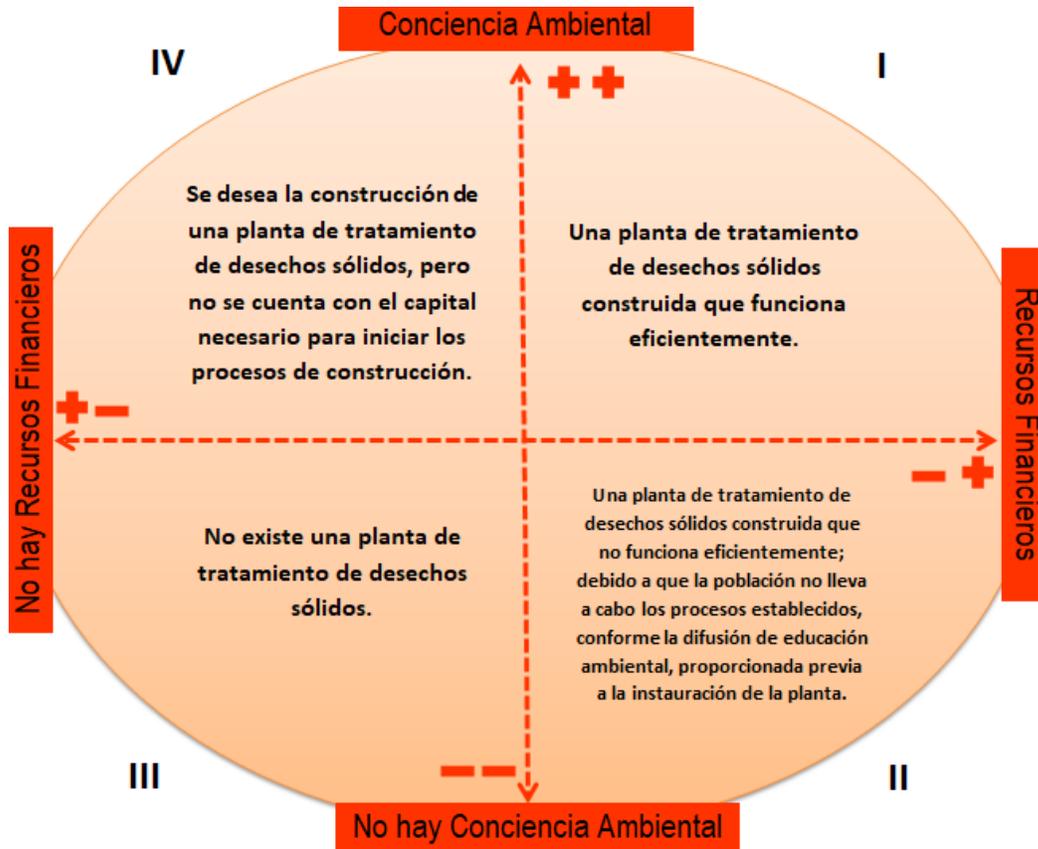
En este diagrama se puede identificar que principalmente la causa de este problema es la falta de conciencia ambiental a nivel nacional y local. Dentro de los efectos que trae el manejo inadecuado de los desechos sólidos están deterioro al ambiente, a la salud de las personas, lo que se traduce a una mala calidad de vida para las personas.

**b. Análisis de estado futuro construcción de escenarios**

Según Schwartz año 2018, la construcción de escenarios es una herramienta utilizada en gerencia de proyectos, que permite construir un número de condiciones con vista al futuro. Para ello se utilizarán los ejes de Schwartz, que permiten crear escenarios futuribles (futuros-posibles,) creando cuatro escenarios en un plano de positivos y negativos siendo estos: (+ +), (+ -), (- -) y (- +) dentro de las opciones, el escenario óptimo es el (+ +) denominado escenario de apuesta y el (- -) es denominado el escenario menos deseado.

Para la realización de este gráfico de escenarios futuros, se utilizaron dos variables con valor positivo y negativo para conciencia ambiental y recursos financieros. Para esto se relacionaron ambas variables en sus cuatro posibles opciones dando lugar a un suceso en la implementación del proyecto de construcción de una planta de tratamiento de desechos sólidos para el municipio de San Juan Chamelco, A.V.

## DIAGRAMA 4 CONSTRUCCIÓN DE ESCENARIOS SOBRE LA IMPLEMENTACIÓN DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS EN SAN JUAN CHAMELCO



**Fuente:** Elaboración propia. Año 2018. Con base en la Guía PMD Pro

En el cuadrante I hay conciencia ambiental y hay recursos financieros lo que produce el escenario de apuesta, donde se establece una planta de tratamientos de desechos sólidos, esta funciona eficientemente, es decir existe una separación correcta de los elementos de la basura.

En el cuadrante II hay recursos para construir la planta pero esta no está operando adecuadamente debido a que no existe conciencia ambiental y no es del interés de la población darle un manejo adecuado a sus desechos.

En el cuadrante III este es el escenario de fracaso donde no puede ser construida una planta pues no hay recursos ni conciencia ambiental que generen interés por construirla.

En el cuadrante IV la parte educación ambiental esta fortalecida, existen recursos para construir una planta para el tratamiento adecuado de los desechos de la población.

### **5.1.3 Identificación de la lógica de intervención del proyecto**

#### **a. Construcción del marco lógico**

Para la construcción de un modelo de marco lógico existen diferentes formas, en este proyecto se utilizará un cuadro que puede servir como recursos que compara los modelos de marco lógico de varios donantes internacionales y organizaciones de desarrollo.

Según Cattaway año 2018, la matriz de marco lógico identifica y comunica las relaciones lógicas en un proyecto mediante el seguimiento del razonamiento vertical y horizontal que conecta los niveles de la matriz. La relación entre los elementos de cada nivel del marco lógico ilustra la lógica vertical que se traducirá en el logro de la finalidad del proyecto.

**CUADRO 6  
CONSTRUCCIÓN DEL MARCO LÓGICO**

	<b>Descripción</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Medios de verificación</b>	<b>Supuestos</b>
<b>Impacto</b>	Mejora en la calidad de vida de los pobladores del municipio de San Juan Chamelco,	Estadísticas sobre enfermedades relacionadas al manejo de desechos. Incidencia de impactos ambientales al agua, suelo, aire y paisaje.	Expedientes del centro de salud recopilados.  Instrumentos ambientales del Ministerio de Ambiente.	Al mejorar la calidad de vida de los pobladores el municipio propicia su desarrollo.
<b>Objetivo</b>	Manejo adecuado de los desechos sólidos.	Funcionamiento eficiente de la planta de desechos sólidos.	Fotografías. Informes mensuales o anuales sobre el funcionamiento	Se aumenta la cantidad de usuarios inscritos al servicio de basura.
<b>Resultado</b>	Venta de desechos sólidos reciclables y orgánicos.	Volumen de residuos sólidos orgánicos e inorgánicos vendidos.	Registro de venta de desechos orgánicos e inorgánicos que han sido recuperados.	70% de desechos sólidos que ingresen a la planta serán recuperados

<b>Actividades</b>	Campaña de sensibilización sobre el manejo de residuos sólidos.	Número de personas que recibieron la información. Número de capacitaciones dadas.	Diario de actividades de quienes capacitan. Registro de asistencia. Fotografías.	Una mayor sensibilización garantizará el funcionamiento óptimo de la planta de tratamiento de residuos.
--------------------	---	--	--	---

**Fuente:** Elaboración propia. Año 2018.

#### **b. Interpretación de la matriz de marco lógico**

Cattaway estableció que el marco lógico consta de dos procesos uno es la lógica vertical y el otro la lógica horizontal; el primero se compone de actividades, resultado, objetivo e impacto lo cual supone que la realización del uno lleve a la consecución del otro es decir: con determinadas actividades se conseguirá un resultado, con ese resultado se obtendrá un objetivo y el cumplimiento de determinado objetivo tendrá un impacto.

Mientras que la segunda se compone de descripción, indicadores medios de verificación y supuestos, todos estos son complementos el uno del otro no dependen, es decir que para cada actividad, resultado, objetivo e impacto debe haber un indicador, medios de verificación y un supuesto.

## 5.2 Perfil del proyecto

### CUADRO 7 DATOS GENERALES

<b>Población según INE</b>	69 175
<b>Ubicación</b>	San Juan Chamelco, Alta Verapaz
<b>Extensión mínima de terreno</b>	8 cuerdas
<b>Clasificación, según listado taxativo</b>	Es un proyecto categoría B1
<b>Maquinaria utilizada</b>	Una trituradora, una retroexcavadora, cargador frontal, montacargas, motor para lixiviados, embaladora de pacas,

**Fuente:** Municipalidad San Juan Chamelco A.V. Año 2018

#### 5.2.1 Descripción del proyecto

El disponer todos los residuos en un vertedero a cielo abierto hará que se produzcan acciones nocivas sobre el ambiente, contaminando recursos hídricos superficiales y subterráneos, superficiales mediante la presencia de residuos sobre ellos, incluso puede provocar la muerte de la fauna acuática y subterráneos con el lixiviado que proviene de los botaderos, al incorporarse a aguas superficiales y acuíferos; de igual forma existe contaminación atmosférica mediante la generación de gases asociados a los residuos orgánicos que generan malos olores y por la quema de residuos en general, al producir gases de efecto invernadero como metano y dióxido de carbono, dioxinas y furanos. Sumado a esto existe un deterioro del paisaje al estar los residuos de muchos años atrás dispuestos a cielo abierto.

Es por ello que dentro de las alternativas para tratar los residuos sólidos urbanos que suponen un riesgo para el ambiente y la salud de las personas, se crean alternativas que permitan abordar este problema, siendo una de ellas el relleno sanitario, otra de ellas es la implementación de una planta de tratamiento de desechos sólidos urbanos para fines de la investigación se abordara únicamente esta.

Una planta de tratamiento de residuos sólidos, es una estructura que permite darle un eficiente manejo a los residuos mediante la selección y clasificación de los mismos, tanto orgánicos como inorgánicos, recuperando los materiales reciclables para su comercialización y utilizando los residuos orgánicos para su compostaje. Según la caracterización de residuos sólidos urbanos que se realizó en el municipio de San Juan Chamelco se obtuvieron valores de 2 373.13 kg de desechos diarios.

### **5.2.2 Criterios para la selección del sitio de disposición final de residuos sólidos**

Los sitios que no deben ser tomados en cuenta son los que tienen las siguientes características.

El siguiente cuadro muestra una serie de criterios que deben ser tomados en cuenta para disponer finalmente los residuos sin embargo también debe realizarse un instrumento ambiental, estudio de impacto ambiental.

## CUADRO 8 CRITERIOS PARA SELECCIÓN DEL SITIO

<b>Eliminación de áreas potencialmente no aptas para la disposición final de desechos sólidos</b>	Humedales
	Suelos inestables, zonas susceptibles a deslizamientos
	Áreas con fallas, zonas sísmicas, terrenos inundables
	Sitios cercanos a fuentes de abastecimiento de agua y áreas de recarga de agua subterránea
	Zonas con hábitat de especies en extinción, corredores de vida silvestre y sitios históricos o arqueológicos.
<b>Evaluación de los sitios potenciales</b>	Distancia perimetral de la ciudad > 1000 metros
	Período de traslado al centro de la ciudad < 30 minutos
	Proximidad a servicios de agua potable > 800 metros horizontal
	Nivel freático > 5 metros
	Ubicación con respecto a los vientos será sotavento de la ciudad
	Vocación del suelo poco fértil
	Tipo de suelo arcilloso
	Tipo de material de cobertura arcilla
	Vida útil 10 años
	Grado de pendiente de las vías de acceso 10°
	No debe estar próximo a sitios de valor histórico, cultural y arqueológico
	No debe estar próximo a asentamientos poblacionales
	No debe estar próximo a escuelas e iglesias
	No debe estar próximo a hábitats de especies en extinción
	Debe contemplarse la dirección del agua subterránea
Características topográficas del sitio	

**Fuente:** Elaboración propia. Año 2018.

### 5.2.3 Mejora en las etapas de manejo

**CUADRO 9  
PREVIO AL TRATAMIENTO Y DISPOSICIÓN FINAL**

<b>Generación</b>	Reducción en la fuente.
	Separación en la fuente.
<b>Recolección</b>	Establecer contenedores metálicos fijos en lugares estratégicos, para no seguir almacenando las bolsas de basura en las banquetas y que estas sean rotas por los perros.
	Esta debe hacerse 3 veces por semana para evitar que la materia orgánica se descomponga. Dos días para la recolección de residuos inorgánicos y 1 día para la recolección de orgánicos.
<b>Transporte</b>	Utilizar camiones de caja cerrada o cubiertos para evitar que despidan malos olores.
	Utilizar vehículos más pequeños para los sitios de difícil acceso.
	Hacer la recolección en horas de la mañana para que la basura no permanezca muchas horas almacenada y genere moscas y malos olores.

**Fuente:** Elaboración propia. Año 2018.

La información que muestra el cuadro 9 es previa al tratamiento, está más bien consiste en la presentación y recolección de los desechos sólidos y la propuesta de cómo deberían darse estas etapas.

## CUADRO 10 DURANTE EL TRATAMIENTO Y DISPOSICIÓN FINAL

<b>Separación y clasificación</b>	Lo ideal es que la separación se haga desde los hogares, sin embargo mientras los usuarios del servicio se acostumbran a esto, dentro de la planta de tratamiento debe hacerse separación manual.
	Los plásticos deben clasificarse según su tipo (PET, PVC, PP, PS, HDPE y LDPE).
	Los PET deben de separarse por colores.
	Los residuos orgánicos deben estar separados de los inorgánicos.
<b>Procesamiento</b>	Los residuos orgánicos deben ser transformados en compost para su posterior venta.
	Los residuos inorgánicos reciclables deben ser vendidos a una recicladora.
<b>Disposición final</b>	Los residuos que ya no son aprovechables deben ser depositados en una fosa recubierta por una membrana de impermeabilización y por encima de los residuos depositados una capa de tierra.

Fuente: Elaboración propia. Año 2018.

### 5.3 Diseño

#### 5.3.1 Separación y clasificación

Se propone para el funcionamiento óptimo de la planta de tratamiento de residuos sólidos, que se establezcan tres días de recolección de basura, empleando dos días para la recolección de residuos inorgánicos y un día para la recolección de los orgánicos. La planta debe de contar con personal que haga la separación

manual de los desechos, para que estos pasen a una clasificación de la siguiente manera:

Papel y cartón.

Plástico.

Pet transparente, verde y azul.

Vidrio.

Latas.

Metal.

### 5.3.2 Procesamiento para cada material

#### a. Materiales reciclables

Para cada material anteriormente clasificado se establece un precio al que puede ser vendido, según el precio actual al que lo compra una recicladora.

**TABLA 11**  
**PRECIO DE VENTA DE MATERIALES RECICLABLES**

Material	Precio actual	lbs al año	Ganancia
Papel	Q. 0.20	76 222.95	Q. 15 244.60
Cartón	Q. 0.10	76 222.95	Q. 7 622.30
Plástico	Q. 0.10	205 797.95	Q. 20 579.80
Pet transparente, verde y azul	Q. 0.15	76 219.3	Q 11 432.90
Vidrio	Q. 3.25	34 295.4	Q. 111 460.00
Latas	Q. 0.15	121 957.45	Q. 18 293.61
Total			Q. 184 632.21

Fuente: Investigación de campo. Año 2018.

## **b. Compostaje**

Una vez recolectada la materia orgánica, debe ser transformada en compost, para ello se propone tener en cuenta las siguientes consideraciones:

3 contenedores de 17 m de largo x 10 m de ancho y 0.5 m de alto, que son medidas máximas para pilas de compost para su óptimo funcionamiento.

Los contenedores deben estar cubiertos para evitar la proliferación de moscas y debe estar protegido de la lluvia.

Los lixiviados deben de ser drenados.

La materia orgánica debe ser triturada para facilitar su descomposición.

Aspectos como el pH y la humedad y la temperatura deben ser controlados.

Los residuos orgánicos deben ser mezclados con tierra.

Debe dársele movimiento a esta mezcla cada tres días.

De lo que se produzca como abono, puede ser vendido a un precio de Q. 10.00 la libra.

### **5.3.3 Disposición final**

Para los residuos que ya no pueden ser tratados o recuperados, estos deben ser colocados dentro de un relleno sanitario con dimensiones de 34 m de largo x 34 m de ancho x 3 m de profundidad. Esta fosa es ideal que este cubierta por una geomembrana, que impida la contaminación al suelo. Los residuos colocados aquí dentro deben ser compactados y cubiertos por una capa de tierra.

## **5.4 Impacto**

### **5.4.1 Generación de ingresos**

Al analizar los valores de la tabla 11, parece que es muy poco lo que genera la planta en relación a recursos financieros, sin embargo estos Q. 184 632.21 más lo que se recaude con la venta del compost y la tarifa por el servicio, pueden representar a la municipalidad un pequeño ingreso para costos de operación. Anualmente la municipalidad de San Juan Chamelco paga a la de San Pedro Carchá Q. 36 000.00 según acuerdo entre ambos municipios. Al realizar una inversión de aproximadamente medio millón no resulta un proyecto conveniente si los ingresos serán únicamente de siete mil quetzales

Con la construcción de una planta en lugar de pagar cada año treinta y seis mil quetzales a otro municipio, año con año se irá recuperando la inversión, sin embargo este no es uno de los propósitos primordiales de la construcción de la planta.

## **5.5 Capacidad de la planta de tratamiento de residuos sólidos**

Se establece la capacidad del diseño de la planta para 10 años, por lo que deben calcularse los volúmenes de residuos producidos en 10 años.

Según el diseño de la planta se establecerá módulos contenedores de los residuos que pueden reciclarse, es decir 6 módulos, uno para cada categoría: plástico, PET, papel y cartón, vidrio, aluminio y desechos orgánicos.

Para conocer la capacidad de cada contenedor se debe tomar en cuenta que se diseñará para 10 años se deberá realizar la siguiente operación.

Multiplicar el volumen de residuos diarios que el municipio produce, por el porcentaje de volumen de cada categoría de residuos, dividido la altura que se estima para cada módulo, multiplicado por 30 días así:

$$14.84 \text{ m}^3 \times \% \text{ de categoría} / 1\text{m} \times 30 \text{ días}$$

**TABLA 12**  
**VOLUMEN DE RESIDUOS MUNICIPALES POR AÑO**

Año	Cant. de usuarios	Vol. Residuos m <sup>3</sup> /día
0	2 000	20.54
1	2 050	21.05
2	2 102	21.59
3	2 154	22.12
4	2 208	22.67
5	2 263	23.24
6	2 320	23.82
7	2 378	24.42
8	2 437	25.03
9	2 498	25.65
10	2 560	26.29

**Fuente:** Investigación de campo. Año 2017.

Deben plantearse líneas estratégicas para la reducción de la cantidad de los residuos sólidos, promoviendo el uso de las 3 Rs, con educación ambiental masiva.

**TABLA 13**  
**VOLUMEN DE RESIDUOS MUNICIPALES EN m<sup>3</sup>**

	Vol. Res.	Papl	Plás.	PET	Org.	Alum.	Vid.	Fosa
		<b>2.34</b>	<b>3.50</b>	<b>0.44</b>	<b>3.78</b>	<b>0.93</b>	<b>0.27</b>	<b>4.67</b>
<b>0</b>	20.54	122	181	63	196	48	14	69
<b>1</b>	21.05	124	185	64	200	50	15	71
<b>2</b>	21.59	128	190	66	206	51	15	73
<b>3</b>	22.12	131	195	67	211	52	15	75
<b>4</b>	22.67	134	200	69	216	53	15	76
<b>5</b>	23.24	138	205	71	222	55	16	78
<b>6</b>	23.82	141	210	73	227	56	16	80
<b>7</b>	24.42	145	215	74	233	58	17	82
<b>8</b>	25.03	148	220	76	238	59	17	84
<b>9</b>	25.65	152	226	78	245	60	18	86
<b>10</b>	26.29	156	232	80	251	62	18	89

Fuente: Investigación de campo. Año 2018.

**TABLA 14**  
**ÁREA DE MÓDULOS DE ALMACENAMIENTO EN m<sup>2</sup>**

	Vol. Res.	Papl	Plás.	PET	Org.	Alum.	Vid.	Fosa
		<b>2.34</b>	<b>3.50</b>	<b>0.44</b>	<b>3.78</b>	<b>0.93</b>	<b>0.27</b>	<b>4.67</b>
<b>0</b>	27.8	11	13	8	14	7	4	8
<b>1</b>	28.49	11	14	8	14	7	4	8
<b>2</b>	29.21	11	14	8	14	7	4	8
<b>3</b>	29.94	11	14	8	15	7	4	9
<b>4</b>	30.69	12	14	8	15	7	4	9
<b>5</b>	31.45	12	14	8	15	7	4	9
<b>6</b>	32.24	12	15	9	15	7	4	9
<b>7</b>	33.05	12	15	9	15	8	4	9
<b>8</b>	33.87	12	15	9	15	8	4	9
<b>9</b>	34.72	12	15	9	16	8	4	9
<b>10</b>	35.58	12	15	9	16	8	4	9

Fuente: Investigación de campo. Año 2018.

Con base a los resultados que indican las tablas, se determina la capacidad de cada módulo que se propone construir para la planta de tratamiento de residuos sólidos, mismos que serán construidos de madera para reducir costos debido a que la municipalidad cuenta con un aserradero, establecidos de la siguiente manera de acuerdo a su volumen.

**TABLA 15**  
**ÁREA DE MÓDULOS DE ALMACENAMIENTO**

<b>Categorías</b>	<b>Capacidad</b>	<b>Largo</b>	<b>Ancho</b>	<b>Alto</b>
Papel y cartón	156	12 m	12 m	1m
Plástico	232	15 m	15 m	1 m
PET	80	9 m	9 m	1m
Aluminio	62	8 m	8 m	1 m
Vidrio	18	4 m	4 m	1 m
Orgánico	251	17 m	10 m	0.5 m

**Fuente:** Investigación de campo. Año 2018.

Esta gráfica muestra las dimensiones que los módulos de almacenamiento deben tener en largo, alto y ancho, para contener dentro de ellos los residuos que serán depositados antes de ser embalados para ser posteriormente reciclados.

Para esta propuesta se propone que la planta de tratamiento cuente con lo siguiente:

- Una garita de registro
- Un área de recepción y separación de residuos
- Un área de empacado de residuos
- Un área de compostaje
- Un relleno sanitario

Se busca que con la participación de la población este proyecto alcance la auto sostenibilidad, sin embargo el área financiera del proyecto debe ser desarrollada a fondo, sin embargo para fines de esta

investigación únicamente es desarrollada la fase de identificación y diseño del proyecto.

¿Qué factores que inciden en la producción de los desechos sólidos?

La producción de residuos sólidos para cada municipio está condicionada por determinados factores que influyen en la cantidad de los mismos, según el manual elemental de servicios municipales, realizado en Nicaragua en el año 2002.

Dentro de los cuales podemos mencionar: el nivel de consumo, la forma de vida, costumbres, el tamaño de la población, la densidad poblacional, la época del año, las características particulares de cada comunidad, su nivel de desarrollo industrial, el ingreso per-cápita, y la extensión de área rural ya que esta por lo general quema o entierra sus residuos, sin presentarlos a los camiones recolectores.

De los aspectos antes mencionados se destacan se analiza el factor tamaño y densidad de la población como una de las principales causas de una producción baja de residuos sólidos en el municipio de San Juan Chamelco, haciendo una comparación con los municipios más cercanos.

Cobán tiene 250 675 habitantes y una densidad de 117 58 hab/km<sup>2</sup>

San Pedro Carcha tiene 148 344 habitantes y una densidad de 137.1 hab/km

San Juan Chamelco tiene 58 000 habitantes y una densidad de 725 hab/km

San Juan Chamelco tiene cifras más bajas de población y densidad, por lo tanto su cantidad de desechos producida es menor que en los otros municipios.

En cuanto al ingreso per-cápita, la principal actividad económica en el municipio, es la agricultura y el Banco de Guatemala establece un

estimado de Q. 46.00 diarios. Mientras que para un municipio que su principal actividad económica no es la agricultura el estimado es de 74 quetzales. Por lo tanto este es otro factor que propicia la baja producción de residuos en San Juan Chamelco y sumado a esto el municipio no existen centros comerciales, variedad de hoteles u otros entes generadores con mayor producción de residuos, a diferencia de otros municipios con mayor desarrollo industrial y comercial.

La principal razón por la que San Juan Chamelco tiene una baja producción de residuos radica en que el servicio de recolección de basura solamente se hace en el área urbana y es menor que el área rural y aun así solo el 45 % del área urbana paga por el servicio de basura pues este no está ligado al pago por el servicio de agua potable.

## CONCLUSIONES

El municipio de San Juan Chamelco, Alta Verapaz, enfrenta un problema en cuanto al manejo de sus desechos sólidos, debido a que no cuenta con un lugar propio para depositarlos y el lugar donde ahora lo hace será clausurado. Esto representa un problema no sólo de administración del territorio, en cuanto a los servicios que presta la municipalidad a los vecinos, sino que también daños a la salud de los pobladores y al ambiente, debido a la falta de manejo de los desechos sólidos del municipio.

De acuerdo a los resultados del diagnóstico y caracterización, los principales desechos producidos en el municipio de San Juan Chamelco son papel y cartón, plástico, pet, residuos orgánicos, aluminio, duroport, textil, vidrio y productos sanitarios. Teniendo los porcentajes de producción mayores los desechos orgánicos con 58.4%, el plástico con 10.7% y productos sanitarios con 6.2%.

La producción per cápita de residuos sólidos en el municipio de San Juan Chamelco es de 0.22 kg/hab/día. Y de acuerdo a la cantidad de usuarios inscritos al servicio de recolección de basura municipal, la producción diaria es de 2 373.13 kg, la cual es una producción baja con relación a otros municipios y esto debido a factores tales como el ingreso per cápita es de Q. 46.00 por ser un municipio cuya actividad principal es la agricultura

El manejo que se le da a los desechos sólidos actualmente, es deficiente, pues las medidas empleadas, durante el tren de aseo, no son las más adecuadas, se puede mencionar el transporte de los residuos, estos son llevados hasta su lugar de disposición final en un camión sin cubierta, también

se puede mencionar la disposición final de los desechos, estos únicamente son quemados, aun los materiales que todavía pueden ser recuperados, entre otros aspectos.

Con la utilización de la guía PMD Pro, se estableció una propuesta de proyecto por fases PMD Pro, desarrollando únicamente identificación y diseño del proyecto. Con el fin de dejar una herramienta de gerencia de proyectos a la municipalidad de San Juan Chamelco para que pueda gestionar el proyecto de la construcción de una planta de tratamiento de residuos sólidos, sin tener que pagar totalmente por la construcción y el funcionamiento de ella, sino por el contrario gestionar su financiamiento.

## RECOMENDACIONES

El municipio de San Juan Chamelco, debería establecer un sistema de gestión integral de residuos sólidos que consta de un manejo correcto en las etapas de generación, disposición inicial, recolección, transferencia, transporte, tratamiento y disposición final, para sentar bases del manejo adecuado de los residuos sólidos.

A la municipalidad se le recomienda contar con un acuerdo municipal que regule la disposición final de desechos sólidos y motive a los pobladores a unirse al servicio de recolección de basura. Los usuarios que no forman parte de este, disponen su basura en basureros clandestinos, la queman o la tiran en cuerpos de agua.

El establecimiento de una planta de tratamiento de desechos sólidos en el municipio resulta una conveniente opción para tratar los desechos, porque se le estaría dando manejo a los residuos y al mismo tiempo se estaría generando ingresos útiles para costos de operación. Que cumpla con las características mínimas de diseño presentadas en esta propuesta y que a su vez sea financiada parcialmente con fondos municipales.

El establecimiento de una planta de tratamiento de desechos sólidos debe ir acompañada de una fuerte campaña de educación ambiental, con relación al manejo de desechos sólidos, para que esta funcione óptimamente.



## BIBLIOGRAFÍA

Asociación de Municipios de Nicaragua. *Recolección y tratamiento de desechos sólidos*. Manual elemental de servicios municipales. Managua, Nicaragua: Asociación de Municipios de Nicaragua, 2001.

Asamblea Nacional Constituyente -ANC-. *Constitución Política*. Guatemala: Serviprensa, 2004.

Castells, Xavier Elías. *Reciclaje de residuos industriales: aplicación a la fabricación de materiales para la construcción*. Madrid, España: Ediciones Diaz de Santos, 2000.

Comité local de turismo, Et al. *Agenda de desarrollo turístico 2001 del Departamento de Alta Verapaz*. Coban, Alta Verapaz, Guatemala: Comité Local de Turismo, 2017.

*Como se clasifican los residuos*. <http://nuestraesfera.cl/zoom/como-se-clasifican-los-residuos/> (10 de abril de 2017).

*Como se manejan las llantas de desecho en nuestro país*. <http://tyt.com.mx/reportajes/como-se-manejan-las-llantas-de-desecho-en-nuestro-pais-primer-parte/>.

Comisión Económica para América Latina y el Caribe \_CEPAL-. *Plan katún 32*. <http://www.gt.undp.org.tPNDKatun2032.pdf> (28 de febrero de 2016).

Congreso de la República de Guatemala. *Código de Salud* (Decreto 90-97). Guatemala: Ayala Jimenez Sucesores, 2002.

----- . *Código Municipal* (Decreto 12-2002). Guatemala: Ayala Jimenez Sucesores, 2002.

----- . *Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente* (Decreto 68-86). Guatemala: Ayala Jiménez Sucesores, 2002.

Curley, Marco Antonio y Marco Tulio Urizar. *Recursos naturales renovables*. Guatemala: Impresos industriales, 1978.

*Gestión y tratamiento de los residuos urbanos.* <http://www2.uned.es/biblioteca/rsu/pagina1.htm>, (10 de abril de 2017).

Instituto Nacional de Estadística -INE-. *Demografía de San Juan Chamelco: Censos nacionales integrados XI censo de población y VI censo de habitación.* Guatemala: INE, 2016.

Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales -MARN-. *Política Nacional para la Gestión Integral de Residuos y Desechos Sólidos* (Acuerdo 281-2015). Guatemala: MARN, 2015.

*Nombres científicos de animales comunes.* <http://www.blogcurioso.com/nombres-cientificos-de-animales-comunes/>. (15 de mayo de 2017).

*Pacto ambiental 2016.* <http://www.marn.gob.gt/Multimedios/2547.pdf> (28 de febrero 2016).

Pinedo Monteiro, Enrique Et al. *Manual de gestión integrada de residuos sólidos municipales en ciudades de América Latina y el Caribe.* Rio de Janeiro, Brasil: Intituto Brasileiro de Adminstración Municipal, 2006.

*Plan de manejo de residuos sólidos en OSINERGMIN 2016.* <http://www.osinergmin.gob.pe/Programa-de-Ecoeficiencia/2016/Plan-manejo-residuos-solidos-2016.pdf>, (24 de mayo de 2017).

Raudales Osorto, Rommel Josué y Marvin Ovidio Grádiz Cáceres. *Gestión integral de residuos sólidos.* Guatemala: Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos, 2017.

Universidad Rafael Landívar -URL-. *Perfil Ambiental de Guatemala 2010 – 2012.* Guatemala: Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente, 2008.

V.ºB.º




---

Margarita Pérez Cruz  
Bibliotecaria General  
CUNOR

## **ANEXOS**



## CUADRO 1 VARIABLES E INDICADORES

Variable	Indicadores	Como se medirán
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Residuos sólidos orgánicos e inorgánicos urbanos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Peso de residuos y desechos sólidos producidos en las viviendas de muestreo se realizaron 2 repeticiones</li> <li>- Volumen de residuos y desechos sólidos producidos en el área urbana del municipio de San Juan Chamelco.</li> <li>- Densidad de residuos y desechos sólidos producidos en el área urbana del municipio de San Juan Chamelco.</li> <li>- Producción per cápita de residuos y desechos sólidos (PPC).</li> <li>- pH de los residuos y desechos orgánicos.</li> <li>- Humedad de los residuos y desechos orgánicos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Se obtuvo mediante el uso de una balanza para pesaje de muestra en kg.</li> <li>- Se obtuvo mediante la utilización de un recipiente de medidas conocidas.</li> <li>- Se obtuvo mediante la fórmula de densidad (ver anexos, fórmula 1).</li> <li>- Se determinó según la fórmula (ver anexos, fórmula 2).</li> <li>- Con análisis de laboratorio que determinó el pH de la muestra.</li> <li>- Se determinó a través de un secado al horno en laboratorio de</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Porcentaje de cenizas de los residuos y desechos orgánicos.</li>   <li>- Carga contaminante donde se analizará el grado de contaminación de los residuos sólidos.</li> </ul>	<p>química CUNOR (ver anexos fórmula 3).</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Se obtuvo en el laboratorio de química, con la quema de la muestra en seco (ver anexos fórmula 4).</li>   <li>- Según tabla que analiza el grado de contaminación que tienen los compuestos de los residuos sólidos de Tchobanoglous (ver anexos cuadro 1).</li> </ul>
Aspectos vinculados a la salud de las personas	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Morbilidad relacionada con residuos sólidos en el municipio de San Juan Chamelco, Alta Verapaz. (enfermedades gastrointestinales y respiratorias).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- A través de la revisión de las estadísticas del Centro de Salud de San Juan Chamelco.</li> </ul>
Aspectos vinculados al medio ambiente	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Problemática generada al medio ambiente.</li>   <li>- Número de basureros clandestinos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Se realizó una ficha técnica para observación en campo (ver anexos, ficha técnica 1).</li>   <li>- Se hizo un recorrido por el</li> </ul>

		<p>área urbana del municipio para cuantificar los resultados.</p>
<p>Aspecto social</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Socialización del estudio y evaluación de la anuencia de las personas ante este estudio.</li> <li>- Evaluación del nivel de conocimientos sobre el manejo de los desechos de la población objetivo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Se determinó mediante instrumentos tales como entrevistas y encuestas (ver anexos, encuestas 1).</li> </ul>
<p>Aspecto económico financiero</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Análisis de costos de operación en relación a la tasa de cobro municipal por el servicio.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Se determinó la anuencia de pago de las personas mediante una entrevista (ver anexos, entrevista 1).</li> </ul>
<p>Aspecto técnico – operativo</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Definición de la tecnología adecuada para el manejo de desechos sólidos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Con el análisis de otras experiencias en cuanto al manejo de desechos sólidos.</li> </ul>
<p>Manejo actual de los residuos sólidos (siendo estos los criterios para la propuesta)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Generación Almacenamiento y acopio de residuos y desechos sólidos en el hogar.</li> <li>- Cobertura del servicio de recolección, frecuencia de recolección, costo de tarifa por servicio de recolección y transporte.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Se utilizaron fichas técnicas del Manual “Recolección y Tratamiento de desechos Sólidos” (ver anexos, ficha técnica 2).</li> <li>- Se realizaron entrevistas al personal encargado de dichas actividades (ver</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Barrido de calles y áreas públicas.</li>   <li>- Aprovechamiento, valorización y tratamiento</li>   <li>- Disposición final.</li> </ul>	<p>anexos, entrevista 2).</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mediante la realización de boletas de observación (ver anexos, boleta de observación 1).</li>   <li>- A través del llenado de fichas técnicas para resultados en cada etapa (ver anexos, ficha técnica 3).</li>   <li>- Mediante la realización de boletas de observación (ver anexos, boleta de observación 2).</li> </ul>
--	--	--

**Fuente:** Metodología de Rommel Josué Raudales Osorto y Marvin Ovidio Grádiz Cáceres de la Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos. Año 2017

## **FÓRMULA 1 DENSIDAD**

$$D = \frac{P2-P1}{V}$$

Donde:

D = densidad de los residuos sólidos (kg/m<sup>3</sup>)

P1= masa del recipiente (kilogramos)

P2= masa del recipiente conteniendo la muestra de residuos sólidos

V = volumen del recipiente (metro cúbico)

## **FÓRMULA 2 PRODUCCIÓN PER CÁPITA**

$$PPC(\text{kg}/(\text{p. día})) = \frac{\text{Peso día 1} + \text{Peso día 2} + \dots + \text{Peso día n}}{n \times \text{No. de personas por vivienda}}$$

$$PPC(\text{Kg}/(\text{p.día})) = \frac{\sum PPC \text{ promedio de las viviendas}}{\text{No. total de viviendas}}$$

**FÓRMULA 3**  
**DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE HUMEDAD**

Gramos de muestra húmeda =  $(P1-Po)$

Gramos de muestra seca =  $(P2-Po)$

Gramos de agua =  $(P1-Po)-(P2-Po) = (P1-P2)$

% Humedad =  $\frac{P1-P2}{P1-PO} \times 100$

**FÓRMULA 4**  
**DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE CENIZAS**

Gramos de muestra seca =  $(P2-Po)$

Gramos de cenizas =  $(P3-Po)$

% Cenizas =  $\frac{P3-P0}{P2-P0} \times 100$

## CUADRO 11 PORCENTAJES DE CARGA CONTAMINANTE DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS

Componente	Por ciento en peso (Base seca)				
	Carbono	Hidrógeno	Oxígeno	Nitrógeno	Azufre
Papel y cartón	44,0	5,9	44,6	0,3	0,2
Plásticos	60,0	7,2	22,8	0,0	0,0
Pet	60,0	7,2	22,8	0,0	0,0
Restos de comida	48,0	6,4	37,6	2,6	0,4
Metales	4,5	0,6	4,3	0,1	0,0
Duroport	60,0	7,2	22,8	0,0	0,0
Textiles	55,0	6,6	31,2	4,6	0,2
Vidrio	0,5	0,1	0,4	0,1	0,0
Papel higiénico y pañales	44,0	5,9	44,6	0,3	0,2
Madera	49,5	6,0	42,7	0,2	0,1
Desechos electrónicos	60,0	7,2	22,8	0,0	0,0
Tierra, ceniza, ladrillo, etc.	26,3	3,0	2,0	0,5	0,2

**Fuente:** Tchobanoglous, George, Et. Al. Gestión Integral de Residuos Sólidos (1997)

Existe una tabla que facilita el proceso pues contiene los valores para cada elemento contenido en los componentes de los residuos y la sumatoria de los mismos es el porcentaje de la carga contaminante que posee el residuo sólido.<sup>9</sup>

Sin embargo si sumamos cada porcentaje para cada componente, la sumatoria no da 100% esto es debido a que la otra parte no reacciona en el ambiente por lo que no es contaminante. Por ejemplo el plástico que dan un total de carga contaminante del 90%, pero que sucede con el otro 5%, este porcentaje es la parte inerte del residuo, que no reacciona en el ambiente por lo tanto no genera contaminación.

---

<sup>9</sup> Tchobanoglous, George, Et. Al. Gestión Integral de Residuos Sólidos (1997). 1 de abril 2018.

# FICHA TÉCNICA 1

## ASPECTOS VINCULADOS AL MEDIO AMBIENTE

<b>Ficha técnica sobre aspectos vinculados al medio ambiente</b>		
Lugar y fecha		
<hr/>		
<b>Características generales</b>		
Tipo de disposición final		
botadero a cielo abierto___	relleno sanitario___	botadero controlado___
Cerca perimetral		si___ no___
Caseta de vigilancia		si___ no___
Control de acceso		si___ no___
Sanitarios		si___ no___
Presencia de pepenadores		si___ no___
<b>Aspectos vinculados al medio ambiente</b>		
Presencia de olores		si___ no___
Sistema de manejo de lixiviados	si___ no___	¿Cuál?_____
Se quema la basura		si___ no___
Existen poblados cerca		si___ no___
Se encuentra algún nacimiento dentro de la zona		si___ no___
Si hay cuerpos de agua, se ubican a más de 500m		si___ no___

**Fuente:** Estudios y Técnicas Especializadas en Ingeniería S.A. de C.V. 2010

Esta ficha técnica será llenada por la estudiante, con las observaciones que se hagan durante las visitas y los recorridos por el botadero. A fin de conocer los daños ocasionados al ambiente. Para alcanzar la variable vinculada.

**ENCUESTA 1**  
**ANUENCIA DE LAS PERSONAS ANTE LA ELABORACIÓN DE UN**  
**PLAN DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS Y DESECHOS**  
**SÓLIDOS**

1. ¿Le gustaría que en su municipio se le diera un manejo adecuado a los residuos sólidos? Si\_\_ no\_\_  
¿Por qué?\_\_\_\_\_
2. ¿Cree necesaria la implementación de un plan de manejo de residuos en su municipio? Si\_\_ no\_\_  
¿Por qué?\_\_\_\_\_
3. ¿Considera que ayudará al desarrollo de su municipio?  
Si\_\_ no\_\_ ¿Por qué considera que ayudará a su municipio?\_\_\_\_\_
4. ¿Cómo cree que aceptarían un plan de manejo de desechos sólidos los vecinos de este municipio?  
Bien\_\_ regular\_\_ mal\_\_  
¿Por qué?\_\_\_\_\_
5. Sabiendo que el manejo adecuado de los residuos, requiere de un costo mayor que el que ahora se paga, por el servicio de recolección de basura, aún ¿estaría de acuerdo que esto se realizara en su municipio?  
Si\_\_ no\_\_  
¿Por qué?\_\_\_\_\_
6. ¿Conoce la clasificación de los residuos sólidos? si\_\_ no\_\_
7. ¿Sabe que es manejo de los residuos sólidos? si\_\_ no\_\_
8. ¿Sabe que es el reciclaje? si\_\_ no\_\_
9. ¿Practica usted reciclaje en su hogar? si\_\_ no\_\_
10. ¿Clasifica la basura que se genera en su casa? si\_\_ no\_\_
11. ¿Tiene conocimiento de que residuos sólidos se pueden reciclar? Si\_\_ no\_\_  
¿Cuáles?\_\_\_\_\_

**Fuente:** Elaboración propia. 2017.

Esta encuesta va dirigida a los usuarios del servicio de recolección de basura y realizada por la estudiante, para socializarles la intención de elaborar un plan de manejo de residuos sólidos y determinar así la anuencia que tienen al mismo, según la variable social.

## **ENTREVISTA 1**

### **ANUENCIA DE LAS PERSONAS AL PAGO POR EL MANEJO DE LOS DESECHOS SÓLIDOS**

¿Considera usted que es necesario darle tratamiento a la basura que generan las personas?

¿Cree usted que el municipio tendrá problemas si no se hace nada con la basura que genera?

¿Cree importante que la municipalidad se encargue de tratar los desechos sólidos?

¿Cuánto paga actualmente por el servicio de recolección de basura?

¿Estaría dispuesto a pagar un incremento por el servicio de recolección de basura?

¿Cuánto más estaría dispuesto a pagar?

**Fuente:** Elaboración propia. 2017

Esta encuesta será respondida por los usuarios que actualmente pagan el servicio de recolección de basura y será realizada por la estudiante, para contribuir a la obtención de la variable económica-financiera en cuanto a la anuencia de las personas a pagar más por la implementación de un plan de manejo de residuos y así mismo se socializará el estudio.

## FICHA TÉCNICA 2

### ETAPA DE GENERACIÓN, ALMACENAMIENTO Y ACOPIO DE RESIDUOS SÓLIDOS

¿Clasifican los residuos?	si__ no__
¿Reciclan?	si__ no__
¿En que depositan los usuarios sus residuos?	
bolsa de basura__ costales__ basureros__	
¿Los animales suelen hurgar en la basura y dispersarla por las aceras?	si__ no__
¿Existen lugares de acopio?	si__ no__
Si existen lugares de acopio, ¿Cuántos hay? _____	
¿Dónde se encuentran?	
_____	

**Fuente:** Manual elemental de servicios municipales, "Recolección y Tratamiento de desechos Sólidos". 2001.

Esta ficha será llenada por la estudiante, luego de hacer la revisión del proceso actual de las etapas correspondientes. Permitted con esta información alcanzar la variable manejo actual de los residuos sólidos en su etapa de generación, almacenamiento y acopio de residuos sólidos

## ENTREVISTA 2

### ETAPA DE COBERTURA DEL SERVICIO DE RECOLECCIÓN, FRECUENCIA DE RECOLECCIÓN, COSTO DE TARIFA POR SERVICIO DE RECOLECCIÓN Y TRANSPORTE

¿Qué días se recoge la basura?

¿A qué hora inicia el camión recolector, su recorrido?

¿A qué hora finaliza el camión recolector, su recorrido?

¿Cuántos camiones hay para recolección de residuos?

¿Cuál es la distancia aproximada en Km por día de recolección?

¿Cuántos empleados trabajan para realizar la labor de recolección y transporte?

¿Qué equipo utilizan los empleados que realizan la recolección y el transporte de residuos?

**Fuente:** Elaboración propia. 2017.

Esta entrevista será realizada a los empleados municipales que hacen la labor de recolección y transporte de residuos y realizada por la estudiante. La información obtenida con esta entrevista será útil para alcanzar la variable manejo actual de los residuos sólidos, en su etapa de cobertura del servicio de recolección, frecuencia de recolección, costo de tarifa por servicio de recolección y transporte.

## **BOLETA DE OBSERVACIÓN 1**

### **ETAPA DE BARRIDO DE CALLES Y ÁREAS PÚBLICAS**

¿Cuántos empleados trabajan para realizar el barrido de calles y áreas públicas?

¿Existen turnos entre empleados para realizar el barrido de calles?

¿Qué zonas son tomadas en cuenta para realizar esta labor?

¿Con que equipo cuenta cada empleado que realiza este oficio?

¿Se les ha capacitado a los empleados para realizar el barrido de calles?

**Fuente:** Manual elemental de servicios municipales, "Recolección y Tratamiento de desechos Sólidos". 2001

Esta boleta de observación será llenada por la estudiante luego de realizar la debida investigación, sobre las preguntas ahí plasmadas, abordando a empleados municipales que realicen esta labor, para así alcanzar la variable manejo actual de los residuos sólidos, en su etapa de barrido de calles y áreas públicas.

### FICHA TÉCNICA 3

## ETAPA DE APROVECHAMIENTO, VALORIZACIÓN Y TRATAMIENTO

¿Qué hace con las botellas plásticas?

las vende\_\_\_ las desecha\_\_\_ las quema\_\_\_

¿Qué hace con el metal de desecho que ingresa al botadero?

lo vende\_\_\_ lo desecha\_\_\_ lo quema\_\_\_

¿Qué hace con el papel y cartón?

lo vende\_\_\_ lo desecha\_\_\_ lo quema\_\_\_

¿Qué hace con el vidrio?

lo vende\_\_\_ lo desecha\_\_\_ lo quema\_\_\_

¿Convierte en abono la materia orgánica que ingresa al botadero?

si\_\_\_ no\_\_\_

¿Vende los productos a una recicladora?

si\_\_\_ no\_\_\_

**Fuente:** Elaboración propia. 2017

Esta ficha será llenada por la estudiante y se dirigirá a los pepenadores, con el fin de determinar si existe algún aprovechamiento, valorización o tratamiento de los residuos que ingresan al botadero, según lo indica la variable manejo actual de los residuos sólidos.

## **BOLETA DE OBSERVACIÓN 2 GEOPOSICIONAMIENTO DE BASUREROS CLANDESTINOS**

Fecha_____
Municipio_____
No. de basurero_____
Dirección del lugar_____
Coordenadas UTM_____

**Fuente:** Elaboración propia. 2017.

## **BOLETA DE OBSERVACIÓN 3 VIVIENDAS A EVALUAR**

Fecha_____
Municipio_____
No. de vivienda_____
Dirección del lugar_____

**Fuente:** Elaboración propia. 2017.

Estas boletas serán llenadas por la estudiante, con el fin de identificar y geoposicionar los basureros clandestinos y las viviendas a muestrear.

## CALCOMANIA DE IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS

No. de muestra _____
No. de repetición de muestra _____
Dirección de la casa _____
Total de habitantes/hogar _____
Peso de la muestra _____

**Fuente:** Elaboración propia. 2017.

Esta calcomanía será colocada en cada bolsa que se entregue a los 300 usuarios que serán tomados como muestra para la realización de la caracterización de los residuos.

### **Análisis de la experiencia de San Pedro la Laguna, Sololá**

Se analizó la experiencia de San Pedro la Laguna en cuanto al establecimiento de una planta de tratamiento de residuos sólidos, para determinar la posibilidad de llevarse a cabo en el municipio de San Juan Chamelco. Se hace el análisis de la experiencia de este municipio, debido a que este ha instaurado una planta de tratamiento de desechos obteniendo muy buenos resultados y ha educado a su población para el logro de los mismos.

San Pedro la Laguna inicio con un proceso de concientización ambiental, por lo que el municipio fue condecorado con la “Medalla Presidencial del Medio Ambiente” por promover una educación ambiental formal y no formal en centros educativos tanto públicos como privados por parte de personal contratado por la municipalidad, realizando la concientización y la clasificación debida de los desechos; cambio de bolsas plásticas por bolsas

de papel kraft en el mercado municipal y tiendas que se ubican en el municipio, con el fin de disminuir la cantidad de bolsas plásticas; entre otras acciones que ha realizado en pro del ambiente previo a inaugurar la planta de tratamiento de desechos sólidos con sus respectivas áreas de separación.

En este municipio existe separación en el hogar los días lunes se recoge los residuos orgánicos que una vez ingresados a la planta son procesados y transformados en abono orgánico; el día miércoles son recogidos los productos reciclables tales como el Pet, plástico duro, plástico soplado, cartón, papel y aluminio; a este lugar no llegan residuos peligrosos la población esta educada para acudir al centro de salud y desecharlos para que estos no ingresen a la planta.

Estos son clasificados, separados y embalados para hacer pacas compactadas de 1 quintal, este proceso es llevado a cabo por una máquina embaladora de pacas que tiene un costo de Q 90,000.00. Dentro de la maquinaria que ellos utilizan esta: una retroexcavadora, monta cargas y un motor para lixiviados.

Con los desechos orgánicos que ingresan a la planta se elabora abono orgánico en piletas de 3m x 1m en un proceso de lombricompost que dura 3 meses y posteriormente es vendido a Q 20.00 el costal de 2 arrobas. En este proceso es utilizado el motor de lixiviados que una vez recolectado el lixiviado es bombeado, para su irrigación sobre los residuos y así incorporarlo nuevamente al proceso de descomposición de residuos orgánicos.

No existe aprovechamiento de biogás debido a que la inversión para esto es muy elevada y el municipio no cuenta con recursos para ello. Sin embargo como los residuos son separados manualmente estos no generan

malos olores dentro de la planta ya que los orgánicos son convertidos en compost.

Para los desechos que ya no pueden ser aprovechados existe una fosa con medidas de 35m x 60m x 10m, donde son depositados, la misma está protegida por un geotextil para que los contaminantes no penetren al manto freático. A esta fosa de residuos se le pone una capa de tierra y una de desechos.

Esta planta está establecida en un terreno de 8 cuerdas, laborando para ella 12 empleados. Ingresan únicamente los residuos del municipio San Pedro la Laguna, es un total de 30 toneladas semanales y el 70% de los residuos son aprovechados. Al momento que esta planta crezca según el crecimiento poblacional, según los estudios que la municipalidad ha realizado, necesitara una inversión de tres millones y medio de quetzales.

Al conocer esta información se puede tener una perspectiva sobre como el establecimiento de una planta de residuos sólidos para el municipio donde se puede concluir lo siguiente:

- Habría que trabajar fuertemente en la educación ambiental para la población y así lograr que la basura sea clasificada desde la fuente generadora. Este es un proceso que requiere de recursos, tanto humanos como económicos. Sin embargo sin este proceso no puede suceder el funcionamiento óptimo de la planta de tratamiento.
- Para establecer una planta de tratamiento sería necesaria una inversión aproximada de 3 millones y medio. Por lo que el municipio de San Juan Chamelco debería contar con una cantidad aproximada para el establecimiento de la misma.

- San Juan Chamelco ya cuenta con experiencia en la elaboración de abono orgánico, esto facilitaría uno de los procesos que deben llevarse a cabo dentro de la planta. La experiencia con la que cuentan, haría óptimo el proceso por medio del cual obtendrían un ingreso al vender el abono.
- Aunque el proceso en esta planta sea manual, es necesario contar con cierta maquinaria como una trituradora, retroexcavadora, montacargas y motor para lixiviados.
- Tomando en cuenta la extensión de terreno que utiliza la planta de San Pedro la Laguna, el municipio de San Juan Chamelco debería contar con un sitio de aproximadamente ocho cuerdas para establecimiento de una planta de tratamiento de residuos sólidos.
- Los actores principales para establecer una planta de tratamiento de residuos sólidos deben ser la municipalidad y la población.

## FOTOGRAFÍA 8 UBICACIÓN DE BASUREROS CLANDESTINOS



Tomada por: Fotografía tomada por Leslie García. Año 2017.

## FOTOGRAFÍA 9 CLASIFICACIÓN DE RESIDUOS



Tomada por: Fotografía tomada por Leslie García. Año 2017.

## FOTOGRAFÍA 10 CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS



Tomada por: Fotografía tomada por Leslie García. Año 2017.

## FOTOGRAFÍA 11 CLASIFICACIÓN DE RESIDUOS



Tomada por: Fotografía tomada por Leslie García. Año 2017.

## FOTOGRAFÍA 12 PROCESO DE DIAGNÓSTICO



Tomada por: Fotografía tomada por Leslie García. Año 2017.

## FOTOGRAFÍA 13 MÉTODO DE CUARTEO



Tomada por: Fotografía tomada por Leslie García. Año 2017.

**USAC  
CUNOR**

Universidad de San Carlos de Guatemala  
Centro Universitario del Norte



No. 274-2018

El Director del Centro Universitario del Norte de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer los dictámenes de la Comisión de Trabajos de Graduación de la carrera de:

**INGENIERÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL LOCAL**

Al trabajo titulado:

**PLAN DE MANEJO DE RESIDUOS Y DESECHOS SÓLIDOS PRODUCIDOS EN EL  
ÁREZ URBANO DEL MUNICIPIO DE SAN JUAN CHAMELCO ALTA VERAPAZ**

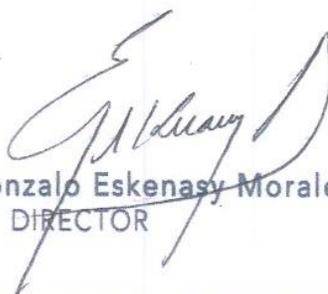
Presentado por el (la) estudiante:

**LESLIE MEDELINE GARCÍA NOVALES**

Autoriza el

**IMPRIMASE**

Cobán, Alta Verapaz 29 de Octubre de 2018.



Lic. Erwin Gonzalo Eskenasy Morales  
DIRECTOR

