

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

**FACULTAD DE CIENCIAS ECONOMICAS**

**ESCUELA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO**

**MAESTRIA EN FORMULACION Y EVALUACIÓN DE PROYECTOS**



**ESTUDIO DE PRE-FACTIBILIDAD DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE  
AGUAS RESIDUALES DEL SECTOR SUR DEL MUNICIPIO DE  
CHIMALTENANGO, DEPARTAMENTO DE CHIMALTENANGO, GUATEMALA**

**LICDA. BLANCA ROSA CATE APEN**

Guatemala, Agosto de 2015

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

**FACULTAD DE CIENCIAS ECONOMICAS**

**ESCUELA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO**

**MAESTRIA EN FORMULACIÓN Y EVALUACIÓN DE PROYECTOS**

Decano: Lic. José Rolando Secaida Morales

Secretario: Lic. Carlos Roberto Cabrera Morales

Vocal I: Lic. Luis Antonio Suarez Roldan

Vocal II: Lic. Carlos Alberto Hernández Gálvez

Vocal III: Lic. Juan Antonio Gómez Monterroso

Vocal IV: P. C. Oliver Augusto Carrera Leal

Vocal V: P. C. Walter Obdulio Chiguichón Boror

**JURADO EXAMINADOR PRÁCTICO EL EXAMEN PRIVADO DE TESIS SEGÚN  
EL ACTA CORRESPONDIENTE**

Presidente: MSc. José Ramón Lam Ortiz

Secretario: MSc Cesar Vermin Tello Tello

Vocal I: MSc Juan Arnoldo Borrayo Solares

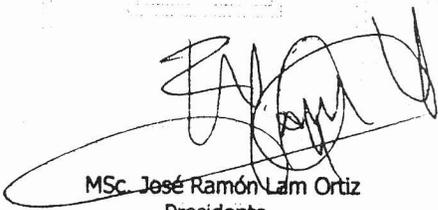


ACTA No. 43-2014

En el Salón No. 1 de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ciencias Económicas de la Universidad de San Carlos de Guatemala del Edificio S-11, nos reunimos los infrascritos miembros del Jurado Examinador, el **07 de noviembre** de 2014, a las **18:00** horas para practicar el **EXAMEN GENERAL DE TESIS** de la Licenciada **Blanca Rosa Caté Apén**, carné No. **100018924**, estudiante de la Maestría en Formulación y Evaluación de Proyectos de la Escuela de Estudios de Postgrado, como requisito para optar al grado de Maestro en Formulación y Evaluación de Proyectos. El examen se realizó de acuerdo con el normativo de Tesis, aprobado por la Junta Directiva de la Facultad de Ciencias Económicas en el numeral 6.1, Punto SEXTO del Acta 15-2009 de la sesión celebrada el 14 de julio de 2009.

Cada examinador evaluó de manera oral los elementos técnico-formales y de contenido científico profesional del informe final presentado por el sustentante, denominado **"ESTUDIO DE PRE-FACTIBILIDAD DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL SECTOR SUR DEL MUNICIPIO DE CHIMALTENANGO, DEPARTAMENTO DE CHIMALTENANGO, GUATEMALA"**, dejando constancia de lo actuado en las hojas de factores de evaluación proporcionadas por la Escuela. El examen fue **APROBADO** con una nota promedio de **75** puntos, obtenida de las calificaciones asignadas por cada integrante del jurado examinador. El Tribunal hace las siguientes recomendaciones: Que el sustentante incorpore las enmiendas señaladas dentro de los 15 días hábiles siguientes.

En fe de lo cual firmamos la presente acta en la Ciudad de Guatemala, a los siete días del mes de noviembre del año dos mil catorce.



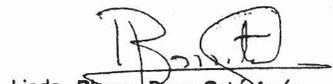
MSc. José Ramón Lam Ortiz  
Presidente



MSc. César Vermín Tello Tello  
Secretario




MSc. Juan Amoldo Borrayo Solares  
Vocal I



Licda. Blanca Rosa Caté Apén  
Postulante



**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS**  
**ESCUELA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO**

## ADENDUM

El infrascrito Presidente del Jurado Examinador CERTIFICA que la estudiante Blanca Rosa Caté Apén, incorporó los cambios y enmiendas sugeridas por cada miembro examinador del Jurado.

Guatemala, 28 de noviembre de 2014.

A handwritten signature in black ink, appearing to read "José Ramón Lam Ortiz", written over a horizontal line. A small circled "f" is visible to the left of the line.

MSc. José Ramón Lam Ortiz  
Presidente





FACULTAD DE  
CIENCIAS ECONOMICAS

Edificio "S-8"  
Ciudad Universitaria, Zona 12  
Guatemala, Centroamérica

**DECANATO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS ECONOMICAS.  
GUATEMALA, DIEZ DE ABRIL DE DOS MIL QUINCE.**

Con base en el Punto QUINTO, inciso 5.1, subinciso 5.1.2 del Acta 09-2015 de la sesión celebrada por la Junta Directiva de la Facultad el 10 de abril de 2015, se conoció el Acta Escuela de Estudios de Postgrado No. 43-2014 de aprobación del Examen Privado de Tesis, de fecha 7 de noviembre de 2014 y el trabajo de Tesis de Maestría en Formulación y Evaluación de Proyectos, denominado: "ESTUDIO DE PRE-FACTIBILIDAD DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL SECTOR SUR DEL MUNICIPIO DE CHIMALTENANGO, DEPARTAMENTO DE CHIMALTENANGO, GUATEMALA", que para su graduación profesional presentó la Licenciada BLANCA ROSA CATÉ APÉN, autorizándose su impresión.

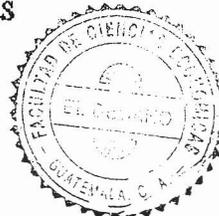
Atentamente,

"ID Y ENSEÑADA TODOS"

LIC. CARLOS ROBERTO CABRERA MORALES  
SECRETARIO



LIC. JOSE ROLANDO SECAIDA MORALES  
DECANO



Ingrid  
PREVISALDC

Smp.

## **ACTO QUE DEDICO**

### **A DIOS:**

Por ser mi creador y por haberme iluminado el camino para llegar al final de la maestría.

### **A MIS AMADOS PADRES.**

Raymunda de Cate Y Santiago Cate

Quienes me dieron la vida y han estado conmigo en todo momento, me han brindado su amor y apoyo incondicional.

### **A MIS HIJOS**

Celia, Bárbara, Santiago y Rosa.

Cuatro pilares de mi vida, fuente de amor e inspiración, que mi triunfo sea un ejemplo de vida

### **A MI FAMILIA**

Por su admiración y confianza

### **A MIS AMIGOS Y COMPANEROS DE LA MAESTRIA**

Por su amistad y apoyo.

### **A MI ASESOR**

Msc. Ing. Hugo Romeo Arriaza Morales

Por su apoyo y sabiduría.

### **A LA ESCUELA DE POSTGRADO DE CIENCIAS ECONOMICAS**

Por colaborar con la formación académico y profesional

### **A MIS AMIGOS**

Ing. Carlos Bran e Ing. Raúl Montufar

Quienes con su entusiasmo, motivación y valiosas orientaciones han contribuido al desarrollo del presente proyecto.

## RESUMEN

Las aguas residuales no tratadas del municipio de Chimaltenango, son vertidas en gran parte a los ríos y quebradas. Tal es el caso de las aguas negras del Sector Sur, que se vierten a la Quebrada del Rastro.

En base a la observación de campo y entrevista con las autoridades del municipio de Chimaltenango, se define para este estudio como problema principal: El incremento de la contaminación de la Quebrada del Rastro, por el desfogue de las aguas residuales del Sector Sur del Municipio de Chimaltenango, que son vertidas sin ningún tratamiento.

En la fase investigativa se realizó entrevistas con el personal del Departamento Municipal de Planificación, se revisó documentos con información importante sobre el Sector Sur, se realizó visitas a la comunidad y a algunos hogares. Como resultado se describe los principales hallazgos:

- Se vierte agua no tratada que contamina las fuentes de la Quebrada del Rastro.
- No existe cultura de pago por el servicio de tratamiento de aguas residuales.
- El nivel de ingreso económico familiar es muy bajo, esto no permite a la población efectuar el pago de este servicio.
- La Municipalidad ha decidido evaluar la implementación de una solución para atender el problema.

Tomando en cuenta los comentarios de los vecinos del Sector Sur y la magnitud del problema definido con anterioridad, se realizó un análisis socioeconómico y poblacional de dicho sector y se determinó la necesidad de un sistema de tratamiento de las aguas residuales.

Técnicamente se hizo una comparación de opciones de sistemas de tratamiento de aguas contaminadas y se seleccionó el sistema de filtro percolador, el cual tendrá una capacidad instalada de 5,468 metros cúbicos por día de procesamiento de aguas residuales y 1093.66 metros cúbicos por día de aguas pluviales ilícitas, durante la temporada de lluvia.

Legalmente, este proyecto debe ejecutarse en base a los decretos y acuerdo de la protección y mejoramiento del medio ambiente, el código de salud, relacionado con la calidad de vida humana y el código municipal, que define a la Municipalidad de Chimaltenango la responsabilidad directa de ejecución y operación del sistema de tratamiento.

Ambientalmente, este sistema de tratamiento de aguas residuales del Sector Sur, se considera una medida de mitigación de impactos ambientales negativos potenciales, de manera que al implementarse vendrá a reducir el problema del incremento de la contaminación de la Quebrada del Rastro.

A nivel financiero, para la Municipalidad es una inversión de la cual no se espera un retorno directo; pues no existe un precio definido por este tipo de servicio y el nivel de pobreza de la población es bajo. Sin embargo, económicamente el proyecto es altamente valioso ya que ofrece muchos beneficios al ambiente, a la agricultura, al valor de las propiedades y sobre todo a la salud.

Se concluye que el proyecto debe implementarse, no solo por la inmensidad de beneficios directos e indirectos, sino por la obligatoriedad definida en el marco legal. Pues, todos los municipios están obligados a proteger los recursos mediante inversiones de este tipo.

## CONTENIDO

RESUMEN .....	i
INTRODUCCIÓN .....	iii
<b>1. GENERALES DEL PROYECTO .....</b>	<b>1</b>
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Descripción del problema .....	2
1.3 Análisis del problema .....	7
1.4 Justificación .....	12
1.5 Objetivo general .....	12
<b>2. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL.....</b>	<b>14</b>
2.1 Historia de las aguas residuales.....	14
2.2 Características de las aguas residuales .....	15
2.3 Clasificación de las aguas residuales .....	18
2.4 Los efectos de descarga de las aguas residuales .....	20
2.5 Importancia del tratamiento de las aguas residuales .....	21
2.6 Métodos de tratamiento de las aguas residuales.....	23
2.7 Etapas de un sistema de tratamiento de aguas residuales .....	24
<b>3. METODOLOGÍA.....</b>	<b>29</b>
3.1 Diseño de la investigación .....	29

3.2	Enfoque metodológico .....	30
3.3	Desafío de la investigación .....	31
4.	ANÁLISIS SOCIOECONOMICO Y POBLACIONAL.....	32
4.1.	Servicio principal de tratamiento de las aguas residuales del Sector Sur	32
4.2.	Análisis de la cantidad de las aguas a tratar .....	34
4.3.	Estimación de la capacidad instalada para el tratamiento de las aguas residuales .....	37
4.4.	Ingreso por el servicio de tratamiento de las aguas residuales .....	38
4.5.	Estrategia de comunicación social del proyecto .....	39
5.	ESTUDIO TÉCNICO .....	40
5.1.	Localización.....	40
5.2.	Tamaño del terreno .....	46
5.3.	Tamaño de la planta de tratamiento .....	46
5.4.	Trabajos preliminares de ejecución de la planta de tratamiento en el terreno.....	46
5.5.	Perfil preliminar de la planta de tratamiento.....	49
5.6.	Descripción de los procesos unitarios que conforman el tratamiento de las aguas residuales.....	60
5.7.	Personal operativo y vigilancia de la planta de tratamiento .....	62

5.8.	Insumos para la operación de la planta de tratamiento.....	63
5.9.	Herramientas para la operación de la planta de tratamiento.....	64
6.	ESTUDIO LEGAL Y ADMINISTRATIVO.....	65
6.1.	Marco legal .....	65
6.2.	Marco administrativos .....	69
6.3.	Entidades responsables .....	69
6.4.	Fuente de financiamiento .....	71
6.5.	Gestión inicial del proyecto .....	73
6.6.	Mobiliario y equipo.....	73
7.	ESTUDIO AMBIENTAL.....	75
7.1.	Identificación de las fuentes generadoras de impactos .....	75
7.2.	Impactos de construcción.....	76
7.3.	Impactos de operación .....	76
7.4.	Impactos de cierre.....	78
7.5.	Análisis de medidas de mitigación.....	79
8.	ESTUDIO ECONÓMICO Y FINANCIERO .....	81
8.1.	Análisis financiero .....	81
8.2.	Supuestos financieros.....	82
8.3.	Análisis de escenarios financieros.....	83

8.4. Análisis económico.....	92
9. CONCLUSIONES.....	95
10. RECOMENDACIONES .....	97
11. BIBLIOGRAFIA.....	98
12. ANEXOS .....	101
12.2. Metodología.....	101
12.3. Estudio técnico .....	102
12.4. Administrativo y legal.....	103
12.5. Estudio ambiental .....	105

## INDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 1, Población del Sector Sur, municipio de Chimaltenango.....</b>	<b>2</b>
<b>Cuadro 2, Características del efluente final del Sector Sur del municipio de Chimaltenango.....</b>	<b>33</b>
<b>Cuadro 3, Características socioeconomicos de la población de Chimaltenango.....</b>	<b>38</b>
<b>Cuadro 4, Análisis de opciones del sistema de tratamiento de las aguas residuales.....</b>	<b>43</b>
<b>Cuadro 5, Etapas de trabajos preliminares de la planta de tratamiento.....</b>	<b>47</b>
<b>Cuadro 6, Costos de los trabajos preliminares.....</b>	<b>47</b>
<b>Cuadro 7, Costo total de la obra fisica.....</b>	<b>50</b>
<b>Cuadro 8, Costos anuales de Salarios y prestaciones de ley del personal operativo y de vigilancia.....</b>	<b>63</b>
<b>Cuadro 9, Costos anuales de insumos para la operación y mantenimiento..</b>	<b>63</b>
<b>Cuadro 10, Costos de herramientas.....</b>	<b>64</b>
<b>Cuadro 11, Acuerdo 236-2006. Descargas de aguas residuales.....</b>	<b>65</b>
<b>Cuadro 12, Acuerdo 66-2005. Descargas de Aguas Residuales y la disponibilidad de lodos.....</b>	<b>66</b>
<b>Cuadro 13, Decreto 68-86 Ley de protección del medio ambiente.....</b>	<b>66</b>
<b>Cuadro 14, Decreto 90-97 Código de salud, Salud y ambiente.....</b>	<b>67</b>
<b>Cuadro 15, Decreto 74-96, Medio ambiente y equilibrio ecológico.....</b>	<b>67</b>
<b>Cuadro 16, Decreto 52-87. Funciones del consejo municipal.....</b>	<b>68</b>
<b>Cuadro 17, Decreto 12-2002 del Código Municipal, Presupuesto Municipal .</b>	<b>68</b>

<b>Cuadro 18, Funciones del encargado de la planta de tratamiento .....</b>	<b>70</b>
<b>Cuadro 19, Funciones del operador de la planta de tratamiento .....</b>	<b>71</b>
<b>Cuadro 20, Funciones de vigilante de seguridad de la planta de tratamiento</b>	<b>71</b>
<b>Cuadro 21, Decreto 15-98 Ley del impuesto unico sobre inmuebles .....</b>	<b>72</b>
<b>Cuadro 22, Fuente de Financiamiento Institucional.....</b>	<b>72</b>
<b>Cuadro 23, Costos de gestión inicial del proyecto.....</b>	<b>73</b>
<b>Cuadro 24, Costos de mobiliario y equipo .....</b>	<b>74</b>
<b>Cuadro 25, Impactos de construcción.....</b>	<b>76</b>
<b>Cuadro 26, Impactos de operación .....</b>	<b>77</b>
<b>Cuadro 27, impactos de cierre .....</b>	<b>78</b>
<b>Cuadro 28, Medidas de mitigación .....</b>	<b>79</b>
<b>Cuadro 29, Costos de mitigación de impactos .....</b>	<b>80</b>
<b>Cuadro 30, Costos de inversión inicial.....</b>	<b>81</b>
<b>Cuadro 31, Costos de operación y mantenimiento .....</b>	<b>82</b>
<b>Cuadro 32 Escenario con subsidio total de la Municipalidad .....</b>	<b>85</b>
<b>Cuadro 33 Escenario con subsidio municipal parcial en la inversion inicial</b>	<b>87</b>
<b>Cuadro 34 Escenario sin subsidio de la Municipalidad .....</b>	<b>90</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1, Colector principal de las aguas residuales del Sector Sur .....	4
Figura 2, Viviendas en riesgo de colapsar en la colonia La Alameda .....	5
Figura 3, Desfogue de aguas residuales del Sector Sur a la Quebrada del Rastro .....	6
Figura 4, Árbol de Problemas.....	8
Figura 5, Árbol de objetivos .....	9
Figura 6, Matriz Marco Lógico (MML) .....	10
Figura 7, Tratamiento de aguas residuales en diferentes Regiones del Mundo .....	21
Figura 8, Cultura de manejo y tratamiento de las aguas residuales en Centroamérica .....	22
Figura 9, Proceso básico de tratamiento preliminar .....	24
Figura 10, Proceso básico de tratamiento primario .....	25
Figura 11, Proceso básico de tratamiento secundario .....	26
Figura 12, Proceso de tratamiento de lodos .....	27
Figura 13, Tipos de cloro que se utiliza en el tratamiento secundario .....	28
Figura 14, Población proyectada del Sector Sur (2013-2033).....	34
Figura 15, Caudal de las aguas residuales y pluviales del Sector Sur en metros cubicos. (2013-2033) .....	36
Figura 16, Ubicación del municipio de Chimaltenango y Sector Sur .....	41
Figura 17, Macro localización del area de estudio .....	42
Figura 18, Micro localización del área de estudio .....	45

<b>Figura 19, Distribución espacial y circulado de la planta de tratamiento .....</b>	<b>48</b>
<b>Figura 20, Perfil premininar de la planta propuesta .....</b>	<b>51</b>
<b>Figura 21, Oficina administrativa y bodega .....</b>	<b>52</b>
<b>Figura 22, Canal de entrada.....</b>	<b>53</b>
<b>Figura 23, Desarenador.....</b>	<b>54</b>
<b>Fgura 24, Sedimentador primario y secundario .....</b>	<b>55</b>
<b>Figura 25, Perfil de filtros y planta de filtro 1 .....</b>	<b>56</b>
<b>Figura 26, Filtros 2 y 3.....</b>	<b>57</b>
<b>Figura 27, Digestor .....</b>	<b>58</b>
<b>Figura 28, Patio de secado de lodos .....</b>	<b>59</b>
<b>Figura 29, Entidades responsables .....</b>	<b>69</b>
<b>Figura 30, Escenario con subsidio municipal en la inversion inicial .....</b>	<b>88</b>
<b>Figura 31, Escenario sin subsidio de la Municipalidad de Chimaltenango....</b>	<b>91</b>

## INTRODUCCIÓN

Debido al crecimiento demográfico que ha tenido el municipio de Chimaltenango (actualmente asciende a 129,875 habitantes), con una tasa proyectada de 4.33%<sup>1</sup>. Para el año 2033 la población del municipio de Chimaltenango alcanzará un total de 303,185 habitantes.

El 12% de la población total del municipio de Chimaltenango, representa el Sector Sur e integrada por las siguientes colonias: La Primavera, Buena Vista Sur, Carlos Ramos, El Socobal, Las Abejas, La Alameda, Quintas los Aposentos, Hierba Buena, Las Majadas, El Esfuerzo y La Joya.

Estas colonias enfrentan un problema principal que es: el incremento de la contaminación de la Quebrada del Rastro, por el desfogue de las aguas residuales del Sector Sur del municipio de Chimaltenango, que son vertidas sin ningún tratamiento.

En respuesta a la problemática planteada, se realiza esta investigación para recabar información; socioeconómica, legal y administrativo, técnico, financiero y económico, que servirá de guía para las autoridades responsables a la toma de decisiones, para atender la exigencia propia de las familias afectadas.

Como objetivo general de este estudio es: evaluar, a nivel de pre-factibilidad un sistema de tratamiento de las aguas residuales para el Sector Sur del municipio de Chimaltenango del departamento de Chimaltenango.

Metodológicamente, se realiza consultas a nivel de autoridades municipales y líderes comunitarios, se hace trabajo de campo para evaluar la magnitud del caudal, la flora y la fauna, así como las condiciones del terreno y su entorno. Se hace una revisión intensa de fuentes secundarias, tales como documentos, mapas, folletos, revistas todo lo relacionado a la demografía del municipio de Chimaltenango.

---

<sup>1</sup>INE. Estimaciones de la Población total. Período 2008-2020.Guatemala.

Adicionalmente, se presenta una descripción breve de cada uno de los componentes del estudio de prefactibilidad.

En el análisis socioeconómico y poblacional, se presenta el crecimiento de los habitantes del Sector Sur y la producción del caudal de las aguas residuales por metros cúbicos por día ( $m^3/día$ ) tanto actual como proyectado. La capacidad instalada actual y futuro de las aguas residuales.

El estudio técnico, se realiza en base al análisis de opciones; la ubicación adecuada de la planta de tratamiento de las aguas residuales y el tipo de diseño. Así mismo, se evalúa el tamaño de la planta para cubrir la demanda del caudal de las aguas contaminadas, personal operativo, insumos necesarios y costos aproximados.

Se analiza el marco legal y administrativo, según código municipal, acuerdos y decretos relacionados con la salud y el ambiente e involucrar a las entidades responsables de conservar el medio ambiente y la salud de la población del sector afectado.

Ambientalmente, este es un proyecto que sirve para mitigar la contaminación de la Quebrada del Rastro causada por las aguas residuales del Sector Sur. Sin embargo, se identifican impactos negativos y positivos en las fases de construcción, operación y cierre de la planta de tratamiento, por medio de la Matriz de Leopold.

En el estudio financiero se realizan estimaciones de costo de los trabajos preliminares, la construcción de la obra civil y el pago de salarios y prestaciones del personal operativo involucrado al proceso de tratamiento. Respecto al análisis económico se presenta los beneficios cualitativos del proyecto, que genera para el ambiente del sector y para la sociedad en general.

Finaliza con las conclusiones y recomendaciones fundamentadas en cada uno de los componentes del estudio de prefactibilidad.

## **1. GENERALES DEL PROYECTO**

Entre las generalidades del Estudio de Prefactibilidad de un sistema de tratamiento de las aguas residuales están los antecedentes, la descripción del problema que generan las aguas superficiales en las colonias del Sector Sur del municipio de Chimaltenango, la justificación y los objetivos.

### **1.1 Antecedentes**

La Organización Mundial de la Salud (OMS), en el año 1,997, señala que en América Latina y el Caribe, solo el 19% de las aguas residuales reciben algún tratamiento antes de ser dispuestos en los ríos y mares<sup>2</sup>.

En Guatemala como en muchos países, las aguas residuales contaminan los recursos hídricos y éstas aguas se utilizan para todos los usos; doméstico, agrícola e industrial y todas las actividades que desarrolla el ser humano.

En el año 1,954 fue construido el Rastro Municipal de la cabecera Departamental de Chimaltenango. Según la historia, en este rastro se destaza gran cantidad de ganado bovino y porcino. Por lo que, el rastro se considera una fuente de contaminación del Sector Sur por verter sus aguas sin tratamiento.

En junio del año 2,006, el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN) acordó emitir el Reglamento de Descargas y Reuso de Aguas Residuales, así como establecer los mecanismos de evaluación, control y seguimiento para la conservación y mejoramiento de los recursos hídricos<sup>3</sup>.

La puesta en marcha de los sistemas de recolección de las aguas residuales del municipio de Chimaltenango, se divide en tres sectores: la zona de Nor-Este descarga las aguas al riachuelo Matuloj, el drenaje del sector Oeste desfoga en el río Barranca Grande y las aguas residuales del Sector Sur, se vierte en su totalidad a la Quebrada del Rastro, sin tratamiento previo.

---

<sup>2</sup> Proyecto Regional Sistemas. Integrados de Tratamiento y Uso de Aguas Residuales en América Latina: Realidad y Potencial actualizado el 17 de febrero del 2,004.

<sup>3</sup> Ministerio de Ambiente y Recursos Natrales. MARN. Acuerdo Gubernativo 236-2006.

En el municipio de Chimaltenango existen dos plantas de tratamiento de aguas residuales, que son:

1. La planta del sector Oeste del municipio de Chimaltenango, proporciona un servicio de tratamiento de aguas residuales de las colonias Santa Isabel, Bola de Oro y Cerro Alto.
2. En mayo del año 2,010 se construyó la planta de tratamiento en el Hospital Nacional de Chimaltenango, para uso exclusivo de dicho Centro hospitalario, financiado por el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social.

## 1.2 Descripción del problema

El Municipio de Chimaltenango para el año 2,013 registra una población de 129,875 habitantes<sup>4</sup>, parte de esta población es el Sector Sur de 15,310, habitantes que representa el 12% de la población total. Dicho sector está integrado por once colonias que se detallan en el cuadro 1).

**Cuadro 1, Población del Sector Sur, municipio de Chimaltenango**

Ítems	Colonias del Sector Sur	Número de Población
1	La Alameda	5300
2	Carlos Ramos	540
3	La Primavera	985
4	Hierba buena	675
5	Socobal	2100
6	Quintas los Aposentos	2250
7	Las Abejas	330
8	La Joya	465
9	Las Majadas	1385
10	Buena Vista Sur	610
11	El Esfuerzo	670
<b>TOTAL</b>		<b>15,310</b>

Fuente. Elaboración propia. Con información obtenida en la Municipalidad de Chimaltenango.

<sup>4</sup> Instituto Nacional de Estadística (INE) Estimaciones de la Población por municipio. 2008-2020.

En la actualidad, el Sector Sur de la ciudad de Chimaltenango se le estima un consumo de agua potable de 0.180m<sup>3</sup>/hab./día<sup>5</sup>. Un 85%<sup>6</sup> de este volumen se convierte en aguas residuales aportado por cada habitante; que son recolectadas por un sistema de drenaje municipal y descargadas sin ningún tipo de tratamiento en la Quebrada del Rastro. Esta práctica, además de ilegal, provoca una infinidad de problemas a las familias que residen aguas-abajo de la Quebrada del Rastro.

Para el presente estudio, el problema principal es el incremento de la contaminación de la Quebrada del Rastro, por el desfogue de las aguas residuales del Sector Sur del municipio de Chimaltenango, que son vertidas sin ningún tratamiento.

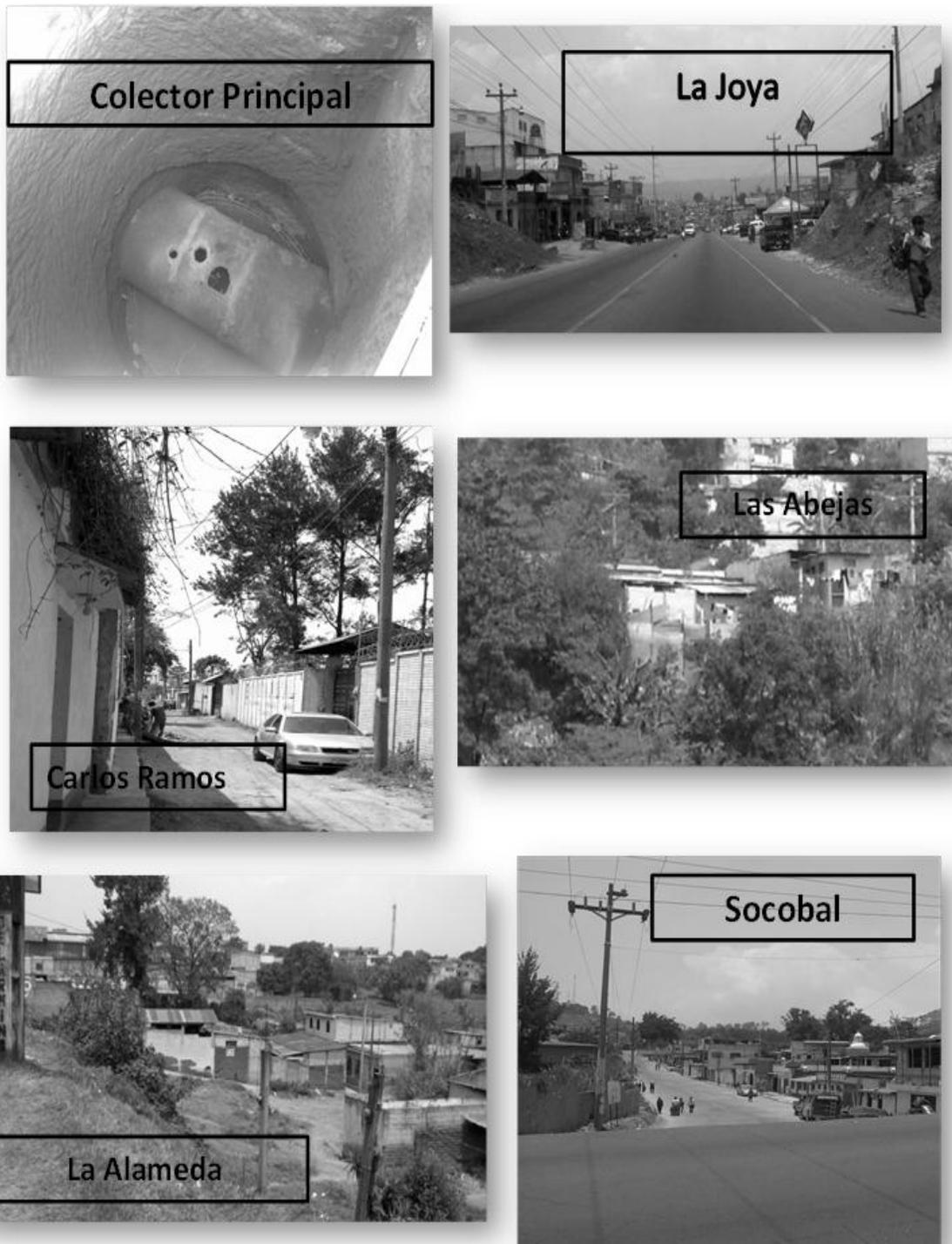
La siguiente figura muestra el colector principal en condiciones precarias y algunas colonias del Sector Sur del municipio de Chimaltenango.

---

<sup>5</sup> El Perfil Ambiental/Situación del Recurso Hídrico (IARNA-URL,2005)

<sup>6</sup> Guía de normas para la Disposición Final de Excretas y Aguas Residuales en Guatemala.

**Figura 1, Colector principal de las aguas residuales del Sector Sur**



Fuente. Elaboración propia, 2013

El deterioro del sistema de alcantarillado y el incremento de las aguas residuales del Sector Sur, ha provocado derrumbes en la colonia La Alameda. Ver figura 2.

**Figura 2, Viviendas en riesgo de colapsar en la colonia La Alameda**



Fuente. Elaboración propia. Año 2,013

**Figura 3, Desfogue de aguas residuales del Sector Sur a la Quebrada del Rastro<sup>7</sup>**



Fuente. Elaboración propia. 2013

---

<sup>7</sup> En la figura anterior, se observa la descarga final y principal de las aguas residuales a la Quebrada del Rastro.

### **1.3 Análisis del problema**

Para realizar el análisis del problema se utilizará el enfoque del Marco Lógico, una técnica que se encargara de ejecutar y evaluar el proyecto de las aguas residuales, usando como herramientas el análisis de involucrados, el árbol de problemas y de objetivos.

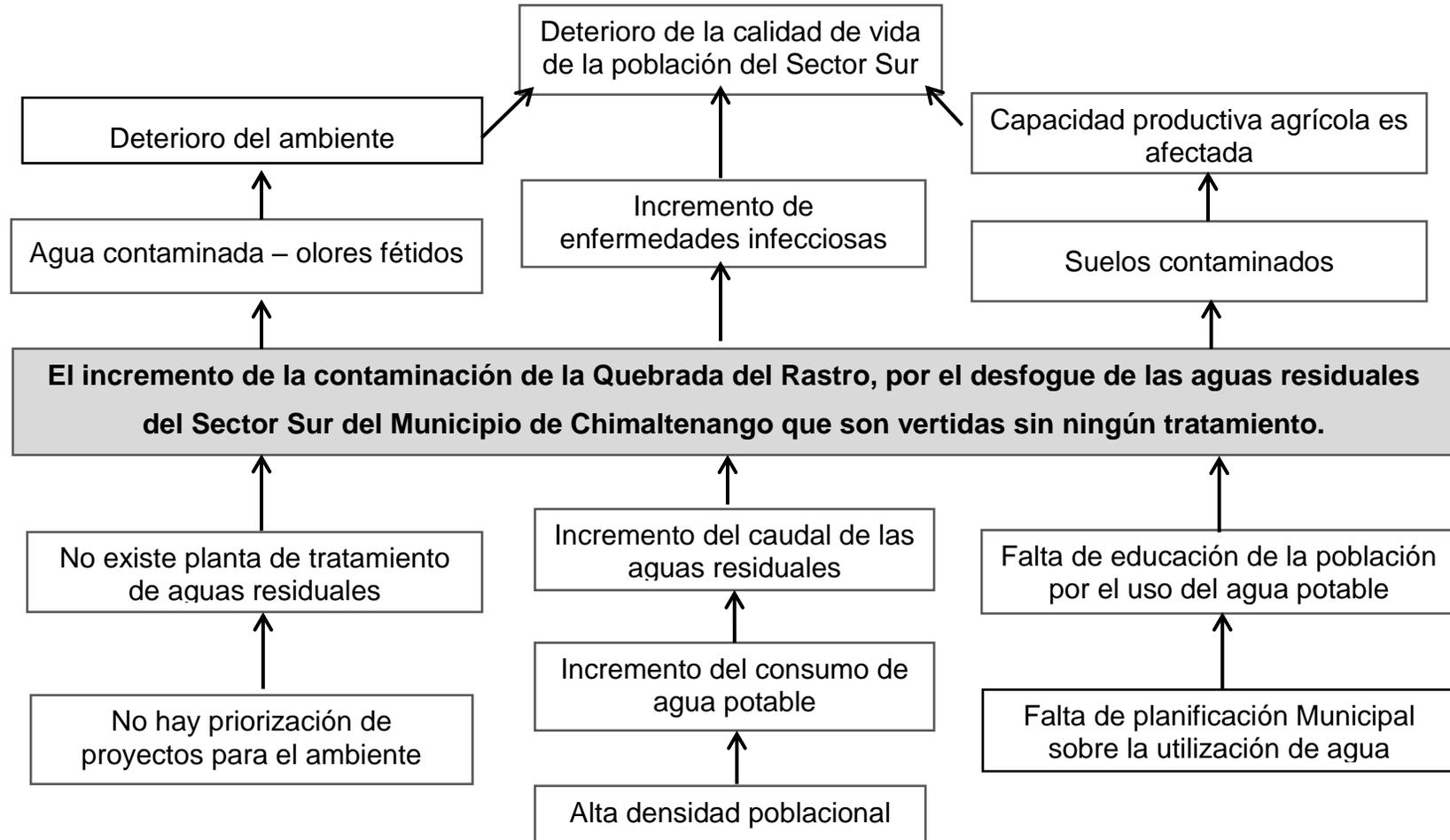
#### **1.3.1 Árbol de Problemas**

Por medio del árbol de problemas, se desarrolla el análisis de la situación actual de las aguas residuales del Sector Sur del municipio de Chimaltenango, enfocando la demanda insatisfecha de los vecinos, como lo es la salud y un ambiente agradable. Ver figura 4.

#### **1.3.2 Árbol de objetivos**

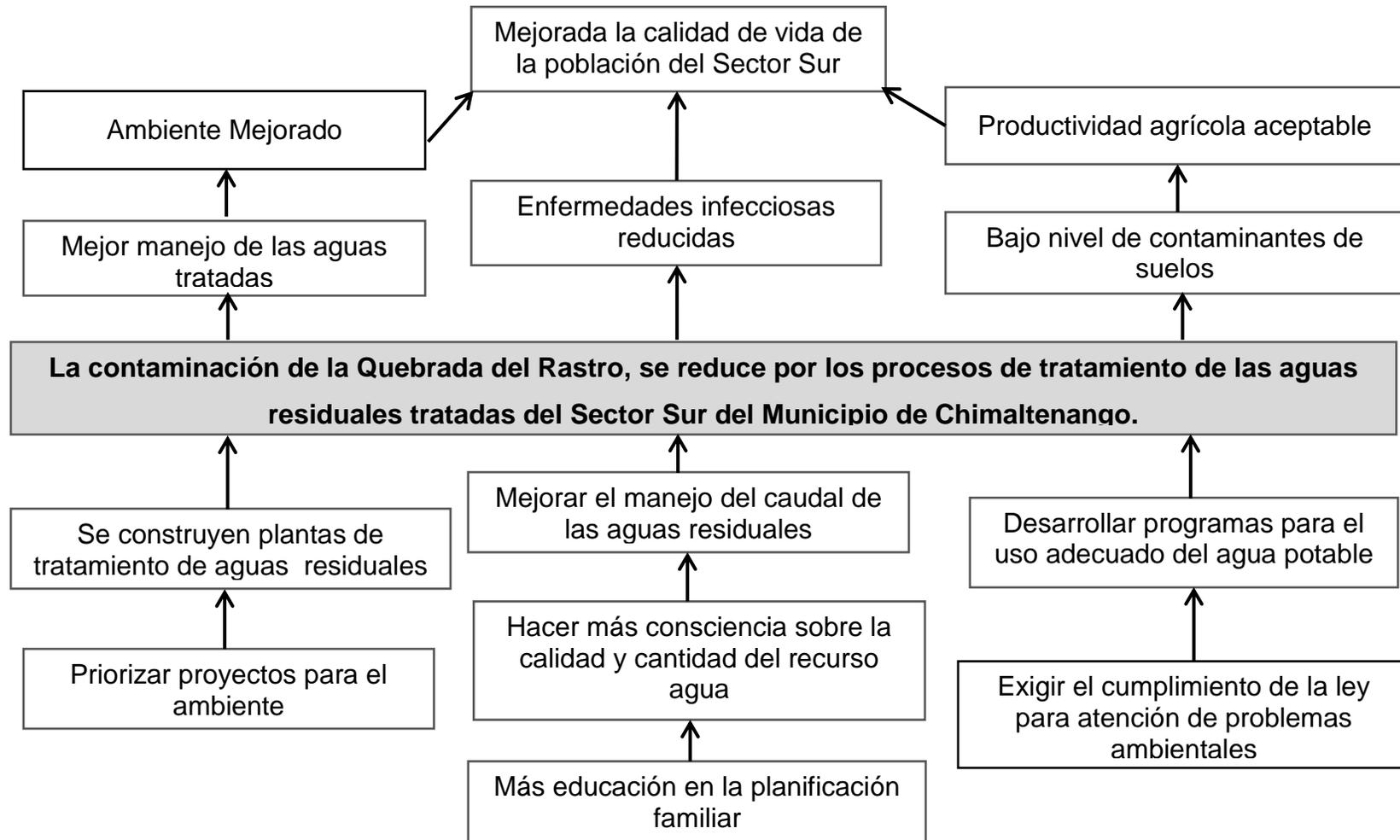
El siguiente paso es diseñar el árbol de objetivos, cuyo propósito es identificar las posibles soluciones al problema, que utiliza como base el árbol de problemas. Ver figura 5.

**Figura 4, Árbol de Problemas**



Fuente: Elaboración propia con base a información proporcionado por el Departamento Municipal de planificación. Municipalidad de Chimaltenango.

**Figura 5, Árbol de objetivos**



Fuente: Elaboración propia con base a información proporcionado por el Departamento Municipal de planificación. Municipalidad de Chimaltenango.

### 1.3.3 Matriz de marco lógico

Integrando la información recabada en el árbol de problemas y objetivos, se elabora la matriz de marco lógico la cual define el fin, el propósito, los componentes y las actividades, hasta completar la implementación de la solución. De igual manera, se delimitan los indicadores y los medios de verificación; así como los supuestos que pueden incidir en el resultado final.

**Figura 6, Matriz Marco Lógico (MML)**

<b>Resumen narrativo</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Medios de verificación</b>	<b>Supuesto</b>
<b>Fin</b>			
Contribuir a mejorar la calidad de vida de la población del Sector Sur, del municipio de Chimaltenango.	La calidad ambiental y el bienestar general debido a la planta de tratamiento es apreciado por la población	Encuesta anual entre la zona del proyecto	El gobierno local presupuesta el costo de la inversión inicial con aporte institucional
<b>Propósito</b>			
Disminuir la contaminación de la Quebrada del Rastro mediante el sistema de tratamiento.	Planta de tratamiento procesa un caudal de 6,561.66 m <sup>3</sup> de aguas residuales, a un mes de inicio de operaciones.	Informe de examen físico, químico y bacteriológico del agua residual tratada.	El Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN) cuente con los laboratorios para realizar las pruebas químicas y microbiológicas de las aguas residuales tratadas

Continúa..

Continua..

<b>Componentes</b>			
Planta de tratamiento de aguas residuales en operaciones para el Sector Sur.	Se cancela un costo de Q4,850,680.00 de las obras física a los 12 meses de inicio de la ejecución planta de tratamiento.	Recepción de obras físicas en base planos constructivos del proyecto, con fotografías.	Se tienen los recursos financieros disponibles.
<b>Actividades</b>			
Estudio técnico de la planta de tratamiento de las aguas residuales del Sector Sur del municipio de Chimaltenango ante MARN.	Aprobado estudio técnico por (MARN), en un plazo de 3 meses.		Las instituciones de investigación y dependencias gubernamentales involucradas contribuyan a evaluar el estudio técnico.
Trabajos preliminares	Q250,000.00.	Recepción de trabajos preliminares, con fotografías	No exceder del presupuesto asignado para los trabajos preliminares
Construcción de la oficina administrativa y bodega de la planta de tratamiento de aguas residuales.	Pago de Q136,500.00	Recepción de oficina y bodega con fotografías.	Empresa contratada construye oficina y bodega en el plazo previsto.
Construcción de los componentes de la etapa preliminar y etapa primaria.	Q2,419,747.20	Recepción de etapa preliminar y primaria con fotografías.	Contratista ejecuta las primeras etapas según tiempo estipulado.

Continua..

Construcción de los componentes de la etapa secundaria.	Q2,179,155.00	Recepción de la etapa secundaria, con fotografías.	Contratista ejecuta de la etapa secundaria según tiempo estipulado.
Circulado del terreno que ocupa las instalaciones de la planta de tratamiento y señalización de seguridad industrial.	Q115,277.80	Inauguración de la obra e inicio de operaciones por el Gobierno local.	Empresa constructora finaliza ejecución de proyecto con el circulado del terreno, satisfactoriamente.

Fuente: Elaboración propia.

#### **1.4 Justificación**

Esta investigación permitirá recabar e integrar información ambiental, técnica y legal, que servirá de guía a las autoridades para la toma de decisiones, respecto a la necesidad de tratar las aguas residuales del Sector Sur. Adicionalmente, esta decisión está vinculada con la obligatoriedad explícita referida en el código municipal y en el marco legal, respecto a la conservación del medio ambiente que está relacionada con el manejo de aguas residuales tratadas y el deber de velar por la salud de los vecinos.

#### **1.5 Objetivo general**

Evaluar, a nivel de pre-factibilidad, el sistema de tratamiento de las aguas residuales del Sector Sur del municipio de Chimaltenango del departamento de Chimaltenango.

##### **1.5.1 Objetivos específicos**

- Evaluar el aspecto socioeconómico y poblacional vinculado a la problemática del tratamiento de aguas residuales del Sector Sur del municipio de Chimaltenango.

- Estructurar un proceso técnico congruente con la demanda proyectada del tratamiento de las aguas residuales del Sector Sur del municipio de Chimaltenango.
- Analizar el aspecto administrativo y legal del sistema de tratamiento de aguas residuales del Sector Sur del municipio de Chimaltenango.
- Elaborar un análisis de impacto ambiental de la intervención propuesta para el tratamiento de las aguas residuales del Sector Sur del municipio de Chimaltenango.
- Desarrollar un estudio financiero y económico del sistema propuesto de tratamiento de las aguas negras del Sector Sur del municipio de Chimaltenango.

## 2. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

Luego de integrar los fundamentos de diversos autores, se ha convergido en entender que el agua, es un recurso natural renovable, esencial para la vida humana, animal y vegetal, se puede usar para usos domésticos, comerciales, industriales<sup>8</sup>. La composición química natural, puede verse alterada por la actividad humana.<sup>9</sup> A continuación se presenta un análisis sobre el conocimiento acumulado al respecto.

### 2.1 Historia de las aguas residuales

Hasta principios del XIX<sup>10</sup> en las ciudades de Europa no se utilizaban los alcantarillados para aguas residuales, sino únicamente para las aguas de lluvias. En esa época se recolectaban las excretas humanas en recipientes y por las noches los empleados los descargaban en los tiraderos públicos, esto generaba una fuerte contaminación para el ambiente.

En 1842 Chadwick, propone el uso de sistemas de alcantarillas separadas para descargar “la lluvia al río y los desechos al suelo”.

A mediados del siglo XIX brotó una fuerte epidemia del cólera en Europa (Londres, Paris y Boston), y como solución al problema se obligó el uso de los alcantarillados, no solo para aguas pluviales, sino también para aguas residuales.

En el año 1842 en Londres, se construyó el primer alcantarillado “moderno” para las aguas residuales por el Alemán Lindley. El sistema de este diseño moderno no ha tenido modificaciones, todavía lo usan en la actualidad. Estos sistemas de alcantarillados no fueron suficientes para la reducción de la contaminación, al contrario se fueron contaminando todos los ríos, mares y lagos. Hasta el día de hoy generan un problema a la sociedad y sobre todo a la población que viven alrededor de las cuencas.

---

<sup>8</sup> Ingeniería Sanitaria, Características de los líquidos residuales. Cesar E. Valdez. 2003

<sup>9</sup> Métodos normalizados de análisis de aguas residuales. Díaz de Santos, (1992).

<sup>10</sup> Ingeniería Sanitaria, síntesis histórica el manejo de las aguas residuales. Enrique Valdez 2003

## 2.2 Características de las aguas residuales

Según el Departamento de Sanidad del Estado de New York (1964) indica que es importante evaluar las aguas para diseñar la planta de tratamiento que se requiere; lo que significa, gestionar información típica de las aguas a tratar, que pueden ser residuales domésticas, industriales, comerciales o combinadas. Por tal razón se realiza un análisis comparativo según la importancia, y se concluye en tres componentes importantes físicos, químicos y biológicos<sup>11</sup>.

### 2.2.1 Características físicas

Para Mihelcic & Zimmerman<sup>12</sup> considera como características físicas; la turbiedad, las partículas, el color, temperatura, sabor y olor. Mientras que Metcalf & Eddy (1996), las características físicas más importantes a parte del color, olor y la turbidez son; los sólidos y solidos totales.

Las características físicas que identifica el Dr. Seoañez son aplicables a los propósitos del presente estudio y se resumen a continuación:

**Materiales sólidos:** algunos componente pueden ser disueltos fácilmente, otros los dividen en partes pequeños y los que no se disuelven sino hasta llegar a los procesos de tratamientos. La presencia de materias sólidas convierte al agua a un cierto grado de **turbidez**. Que sirve principalmente para conocer la luz capturada o desperdiciada.

**Temperatura:** la temperatura es un parámetro muy importante que determina el comportamiento de los distintos tipos de alteraciones.

Otro aspecto que se considera como indicador es la **velocidad** ya que determina la carga de materia orgánica que lleva, mientras más pesado este las aguas la velocidad disminuye.

---

<sup>11</sup> Ingeniería Medioambiental Aplicada., Mariano Seoañez Calvo.1997

<sup>12</sup> Ingeniería Ambiental., Fundamentos, Sustentabilidad, Diseño. Primera Edición.

**Color:** es causado por sólidos suspendidos o disueltos, varía por los procesos que anteriormente haya estado en contacto y que pueden desaparecer en los tratamientos que se apliquen.

**Olor:** Varía según la presencia de los componentes químicos o el contenido de la materia orgánica. El agua residual reciente tiene un olor algo desagradable conforme pasa el tiempo y va aumentando la materia orgánica el olor aumenta y se vuelve insoportable.

### 2.2.2 Características químicas

Las características químicas de las aguas residuales según Metcalf & Eddy (1996)<sup>13</sup>, son la materia orgánica, el parámetro de la materia orgánica, la materia inorgánica y los gases presentes,

**Materia orgánica:** entre la materia orgánica se describen los componentes más importantes; excretas humanas, aceites y grasas, tenso-activos como los detergentes que generan espumas que impide la penetración de la luz solar y oxigenación.

**Parámetros De Materia orgánica:** entre ellos están la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), la Demanda Química de Oxígeno (DQO), COT: mide cantidad total de carbono, procedente de la materia orgánica. Estos valores determinan la cantidad orgánica contaminante de la muestra, la evolución y la efectividad de un tratamiento depurador.

**Materia Inorgánica:** entre ellos el nitrógeno, fósforo, alcalinos, los cloruros y el azufre.

**Los gases:** Los más comunes son el nitrógeno, oxígeno, el dióxido de carbono. Mientras que el sulfúrico de hidrógeno, el amoníaco y el metano son común en las aguas residuales brutas. La falta de oxígeno sucede en la época de verano.

---

<sup>13</sup> Ingeniería Sanitaria., Tratamiento, Evacuación y Reutilización de Aguas Residuales., Características de las Aguas Residuales., Segunda Edición. 1996.

### 2.2.3 Características biológicas

La composición biológica de las aguas residuales es compleja, se agrupa en organismos microbiológicos y pueden apreciarse únicamente al microscopio. Según afirma Metcalf & Eddy (1996)<sup>14</sup> se clasifica en; microorganismos, organismos patógenos y organismos indicadores. Estos pueden ocasionar diarreas o enfermedades muy graves como el cólera, pueden vivir días o meses en las aguas, lodos o terrenos que ha sido regado con agua contaminada.

**Microorganismos:** De acuerdo con Metcalf & Eddy (1996), se define a los microorganismos en tres grupos:

- Las eucariotas que pueden ser células de plantas, de semillas, musgos, animales vertebrados e invertebrados y algas estas últimas ocasionan trastornos en los procesos de tratamiento.
- Las bacterias pueden ser parasitarias que viven de alimentos ya preparados
- Las saprofitas las que se alimentan de materia orgánica muerta

**Organismos patógenos:** Resumiendo, los organismos patógenos más conocidos son las amebas y los protozoos, tan peligrosas que causan enfermedades intestinales. Otro organismo patógeno es el virus resistente y tiene una vida activa en el río de hasta 6 días.

**Organismos indicadores:** Se considera importante las características que define el Ingeniero Químico Falcón<sup>15</sup>, en relación a los organismos indicadores; como las bacterias coliformes que se alimentan de materia orgánica muerta, descomponiendo los sólidos orgánicos y produciendo a su vez sustancias de deshecho. Por esta actividad son de suma importancia en los métodos de tratamiento ya se utilizan, prácticamente como indicadores de contaminación.

---

<sup>14</sup> Ingeniería Sanitaria., Tratamiento, Evacuación y Reutilización de Aguas Residuales., Características de las Aguas Residuales., Segunda Edición. 1996.

<sup>15</sup> Departamento de Sanidad del Estado de Nueva York., Aguas Negras., (1964).

## **2.3 Clasificación de las aguas residuales**

Según la revista mensual Ambientum<sup>16</sup>, el agua residual es resultante del agua que consume el ser humano para satisfacer sus necesidades personales, domésticas, comerciales e industriales y los diferentes componentes encontrados durante el proceso de uso, ocasionando daños a la salud y al medio ambiente al ser vertidos sin tratamiento previo. Los factores más importantes que contribuyen al incremento de las aguas residuales son el aumento de la población y la diversidad de procesos comerciales e industriales.

Pueden ser de forma directa e indirecta; la primera por las diferentes actividades del ser humano y la segunda por los desfuegos a los ríos, lagos y mares, todo depende de las transformaciones que sufre en los diferentes procesos de uso. Como parte importante de este estudio se debe identificar los tipos de aguas residuales de acuerdo a su origen.

Sin embargo, como resultado de la investigación se mencionan a los diferentes autores según su clasificación o tipos de aguas residuales. En el caso de Hilleboe lo describe como las aguas negras domésticas, aguas negras sanitarias, aguas pluviales y aguas industriales. Sin embargo, hay otros autores que opinan diferente.

### **2.3.1 Aguas residuales domésticas**

Según Sánchez<sup>17</sup> que las aguas residuales domésticas, son las procedentes de las actividades humanas. Mientras Metcalf & Eddy (1996), con un conocimiento más completo; define como las actividades que a diario se realizan en las cocinas, baños, sanitarios, lavanderías, que en su conjunto son materias fecales, papel, jabón, suciedad, restos de alimentos y otras sustancias suministradas por la comunidad.

---

<sup>16</sup> Portal ambiental. Clasificación de aguas residuales industriales. Junio 2002.

<sup>17</sup> Tratamiento de aguas para la eliminación de microorganismos. Díaz Santos.

### **2.3.2 Aguas residuales pluviales**

Producidas durante el periodo de lluvia que fluyen desde los techos, pavimentos y otras superficies, Ingeniero Químico Falcón<sup>18</sup>; y posteriormente integras al drenaje pluvial de forma directa, que pasa recogiendo basura, tierra o arena que contribuyen a la contaminación de los ríos.

### **2.3.3 Aguas residuales comerciales**

Agrega el Ingeniero Pazos <sup>19</sup> el agua comercial es como el agua fresca con escaso olor y de color gris, provenientes de comercios como el lavado de carros, panaderías, supermercados y restaurantes.

### **2.3.4 Aguas residuales de infiltración**

Adicionalmente, Horton (1933) incluye otra categoría de aguas residuales al considerar la infiltración. Estas aguas provienen de las lluvias o de actividades como la construcción y lavado de vehículos en casa, que cae sobre la superficie de la tierra y que entra al suelo. Y cuando esta sobrepasa el límite se convierte en escorrentía.

### **2.3.5 Aguas residuales industriales**

Tomando como referencia la ideología de Valdez & Vásquez<sup>20</sup> es la agrupación de los líquidos comerciales, industriales e institucionales, por los componentes que son los mismos provenientes de las personas que laboran en ellas. A lo que Hilleboe señala las aguas provenientes de los procesos industriales. A criterio propio, las aguas industriales dependen de los componentes por el cual es sometido, puede ser por: mataderos, azucareras, papeleras, conservas, lecherías, textiles, químicos y metales.

---

<sup>18</sup> Manual de Tratamiento de Aguas Negras. Aguas Negras. 1989.

<sup>19</sup> Arturo Pazos "Ripio Clasificado de Concreto". Filtros Percoladores, Julio 2010

<sup>20</sup> Ingeniería Sanitaria, capítulo 8, Características de los líquidos residuales. 2003.

## 2.4 Los efectos de descarga de las aguas residuales

En todos los países del mundo, el agua contaminada descargada de las actividades del ser humano que está relacionado con el crecimiento económico familiar y social, estas aguas surge efectos innumerables, entre los más importantes son; efectos en la salud, a los ríos, mares y lagos, al medio ambiente, al suelo, a la agricultura entre otros.

A nivel Latino América<sup>21</sup> se considera la causa principal de las enfermedades estomacales (virus, parásitos y bacterias) por la falta de higiene y la contaminación que han provocado las aguas residuales sin tratamiento adecuado. "Un gran número de personas son afectadas por enfermedades transmitidas por vectores como la malaria, dengue, fiebre amarilla y ascariasis, y que están directamente relacionadas con la carencia de servicios de saneamiento básico". En el año 2,004 fueron reportados más de 200,000 casos de dengue y más de 800,000 casos de malaria.

“Según UNICEF y la OMS<sup>22</sup> más de 2,000 millones de personas tuvieron acceso a servicio de agua potable entre los años 1990 y 2010. Sin embargo, en el tratamiento de las aguas residuales, siguen retrasados”.

La siguiente figura muestra el porcentaje de aguas tratadas en América Latina y el Caribe, resalta que solamente el 14%<sup>23</sup> de una población de 241 millones de habitantes, recibe tratamiento de las aguas residuales que desfoga, esto indica que alrededor de 208 millones de habitantes descargan los desechos líquidos a los cuerpos receptores sin tratamiento.

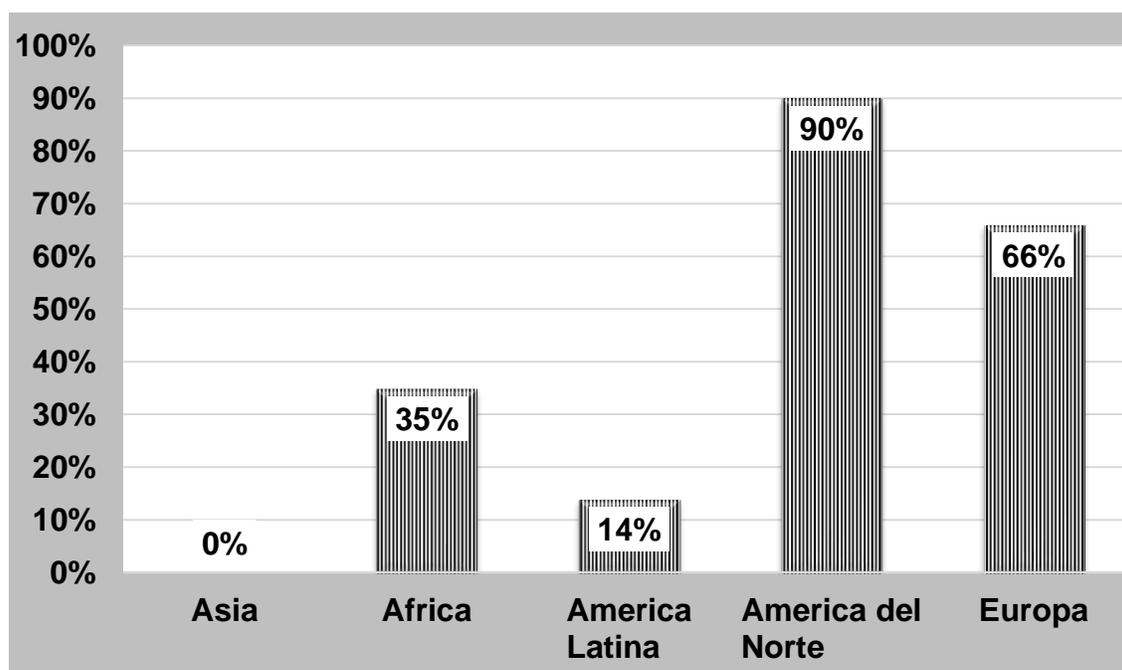
---

<sup>21</sup> Agua, Saneamiento, Salud Y Desarrollo, América Latina y el Caribe. Lima, 2006.

<sup>22</sup> Mejoramiento de las Plantas de Tratamiento de Agua., E. G. Warner y R. G. Pinheiro Publicado por encargo de la OMS por Spon Press ISBN041926050. 2001. OMS

<sup>23</sup> Informe Regional Evaluación 2000, Región de Las Américas. Washington D.C Septiembre 2004.

**Figura 7, Tratamiento de aguas residuales en diferentes Regiones del Mundo**



Fuente: Informe Agua, Saneamiento, Salud y Desarrollo. Una Visión desde América Latina y el Caribe. Lima, Febrero del 2006.

## 2.5 Importancia del tratamiento de las aguas residuales

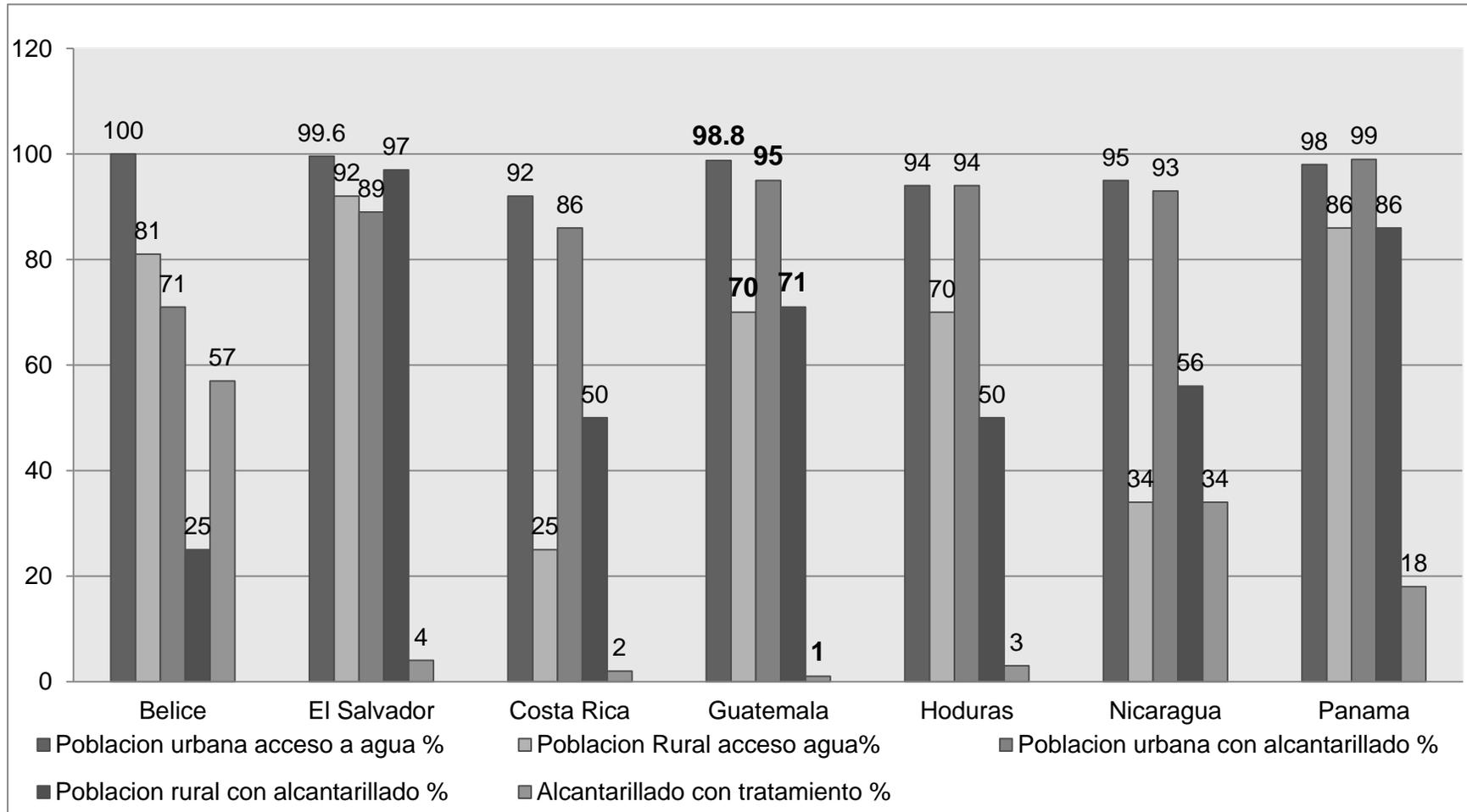
El tratamiento de las aguas residuales en las diferentes Regiones del Mundo es tema principal en la actualidad, tanto en los diseños de las plantas como en la propia inversión que se requiere para la construcción.

Referente a la Región de Centroamérica es muy bajo el nivel de importancia ya que la región genera alrededor de 1.035 millones aproximados de metros cúbicos de aguas residuales al año y cerca de 68.7%<sup>24</sup>, es depositado a los ríos y lagos sin tratamiento

En la figura 8 muestra el nivel de cultura de manejo y tratamiento de las aguas a nivel Centroamérica. Este escenario evidencia la crítica situación de Guatemala en cuanto al porcentaje de aguas que reciben tratamiento (1%). Mientras que el 99% de las aguas usadas a nivel residencial son vertidas sin ningún tratamiento sobre las cuencas con la consabida contaminación de las aguas superficiales.

<sup>24</sup> Foro Centroamericano y República Dominicana Agua Potable y Saneamiento (FOCARDS-APS). Sistema de Integración Centroamericana (Sica) (SICA).

**Figura 8, Cultura de manejo y tratamiento de las aguas residuales en Centroamérica**



Fuente: Elaboración propia con información obtenida de la guía para el manejo de excretas y aguas residuales municipales. Diciembre 2,004.

En lo que respecta al avance de tratamiento de aguas residuales en Guatemala es preocupante, por el nivel de abastecimiento de agua potable que consume la población en general.

Por carecer de información se analiza únicamente el caso del área Metropolitana<sup>25</sup>, que produce un estimado de 140 millones de metros cúbicos de aguas residuales por año y solo se cuenta con 22 plantas de tratamiento que estaría cubriendo el 5% de tratamiento si estuvieran en buen estado que lamentablemente no.

## **2.6 Métodos de tratamiento de las aguas residuales**

El tratamiento de las aguas residuales, es la determinante para garantizar la calidad de vida humana, la protección del medio ambiente y la purificación de los lagos y ríos.

En la actualidad, algunos países desarrollados como, España, Francia, Estados Unidos entre otros, cuentan con un avance tecnológico en los métodos de tratamiento de aguas residuales, que permiten reducir o eliminar los elementos contaminantes de las aguas antes del desfogue final.

Existen varios tipos de plantas de tratamientos, uno de los más completos es el descrito por Barnes<sup>26</sup> que integra los métodos más comunes como: el tratamiento previo, tratamiento primario, tratamiento secundario y manejo de los subproductos de los tratamientos de las aguas negras. Según el Ingeniero Químico Cesar Falcón<sup>27</sup> esto puede complementarse con el sistema de tratamiento de lodos.

---

<sup>25</sup>Marco Augusto Recinos C, Publicación Mensual de la Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales/FLACSO-Guatemala. Nueva época, No. 10, noviembre del 2001

<sup>26</sup>G. Barnes. Manual UTEHA. Tratamiento de aguas Negras y desecho Industriales.

<sup>27</sup>Manual de Tratamiento de Aguas Residuales, Métodos de Tratamiento de Aguas Negras, Departamento de Sanidad del Estado de Nueva York.

## 2.7 Etapas de un sistema de tratamiento de aguas residuales

Las etapas de un sistema de tratamiento de aguas residuales son varias, todo depende de la demanda de la población, el caudal de las aguas residuales y la disponibilidad económica. Sin embargo es importante resumir para este estudio, los procesos de tratamiento de aguas residuales según Barnes, en su Manual de tratamiento de aguas negras y desecho industriales.

### 2.7.1 Tratamiento previo o preliminar

El tratamiento preliminar, sirve para proteger los equipo de las siguientes fases, eliminando los sólidos mayores o flotantes y facilitando los siguientes procesos. Para llevar a cabo este proceso se utiliza los siguientes dispositivos: rejas de barras, desmenuzadores y desarenadores, que se muestran a continuación.

**Figura 9, Proceso básico de tratamiento preliminar**



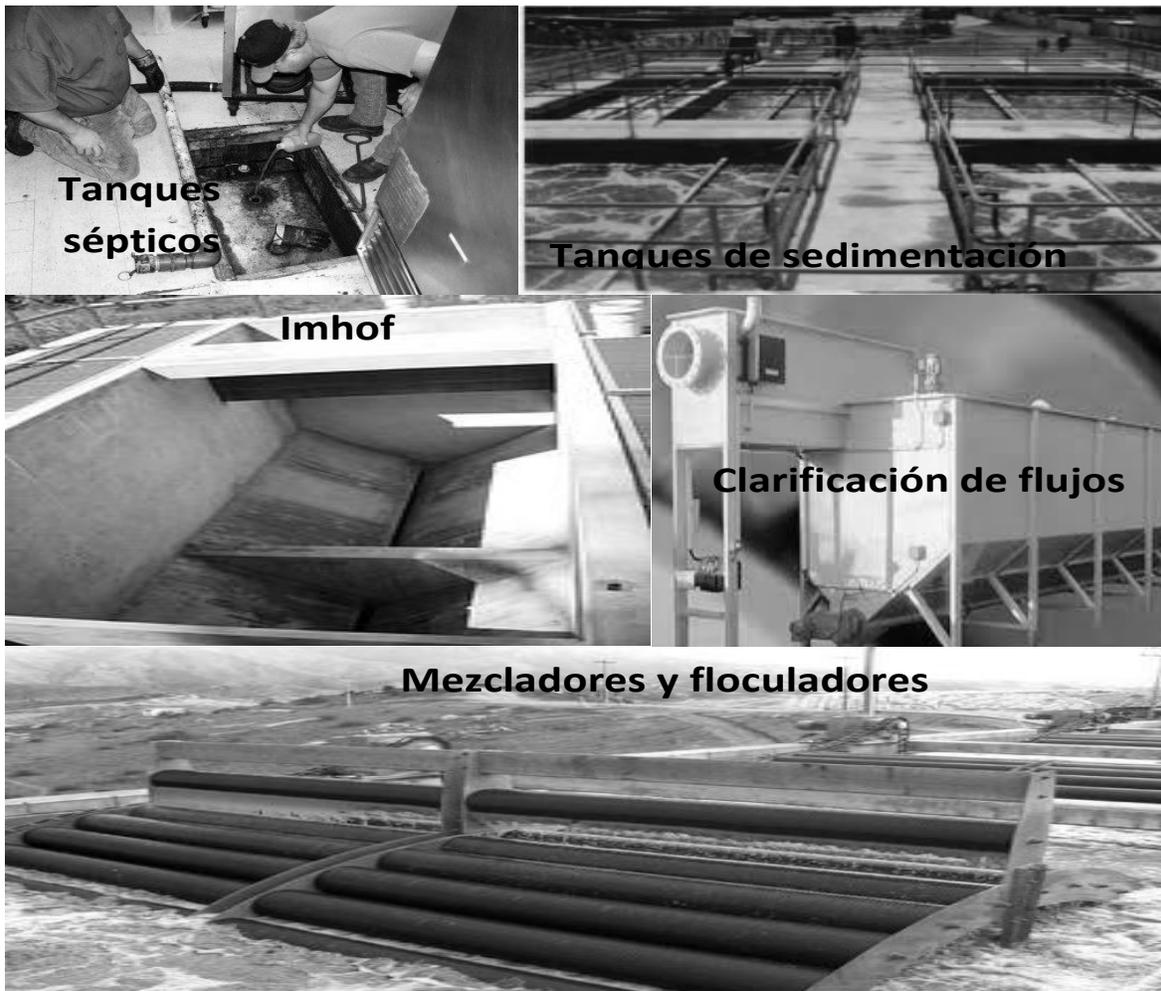
Fuente: Elaboración propia con información obtenida del Manuales UTEHA. Tecnología tratamiento de aguas Negras y Desecho Industriales, George Barnes.

## 2.7.2 Los sistemas de tratamiento primario

El tratamiento primario, elimina en su mayoría los sólidos suspendido por medio del proceso físico, al mismo tiempo se puede utilizar ciertos productos químicos para un avance en la eliminación de los sólidos coloidales.

Los tanques de sedimentación se divide en cuatro: tanques sépticos, tanques de doble acción como el Imhof, tanque de sedimentación de lodos y clarificación de flujo. Se utiliza mezcladores y floculadores cuando se emplea productos químicos para completar los procesos de tratamientos. Ver figura 10.

**Figura 10, Proceso básico de tratamiento primario**



Fuente: Elaboración propia con información obtenida del Manuales UTEHA. Tecnología tratamiento de aguas Negras y Desecho Industriales, George Barnes.

### 2.7.3 Tratamiento secundario

Esta fase es para aguas residuales con carga muy fuerte de materia orgánica en suspensión, y la labor principal es reducirlos hasta transformarlos en sólidos inorgánicos.

Este proceso se integra con tanques de sedimentación secundaria, que se recibe las aguas contaminadas y con filtros percoladores (Figura 11) donde se inicia el tratamiento biológico, mediante aportación de aire (oxígeno). Estos filtros absorben los microorganismos (Protistas, hongos, algas) que se encargan de descomponer la materia orgánica en las aguas residuales.

**Figura 11, Proceso básico de tratamiento secundario**



Fuente: Elaboración propia con información obtenida del Manuales UTEHA. Tecnología tratamiento de aguas Negras y Desecho Industriales, George Barnes.

### 2.7.4 Tratamiento de lodos

Los lodos están constituidos por sólidos eliminados durante el tratamiento primario y secundario. Este proceso se realiza por dos razones importantes; la primera para eliminar total o parcialmente el agua, y el segundo es para descomponer los sólidos orgánicos fermentados transformándolos en sólidos minerales o sólidos orgánicos relativamente estables. Esto se logra con la combinación de 2 o más de los siguientes métodos: espesamiento, digestión con o sin cloro, secado de arena, secado aplicando calor, incineración, flotación de productos químicos y centrifugación. Ver figura 12.

**Figura 12, Proceso de tratamiento de lodos**



Fuente: Elaboración propia con información obtenida del Manuales UTEHA. Tecnología tratamiento de aguas Negras y Desecho Industriales, George Barnes.

En los últimos años se ha vuelto muy común el uso de las unidades compactas en los sistemas de tratamiento, que incluyen tanto los equipos mecánicos como los recipientes prefabricados. Estos sistemas proporcionan finalmente algunos subproductos como; arena, tierra, abono orgánico y en casos muy especiales agua potable para riego de hortalizas y legumbres.

**Cloración de Aguas Residuales:** consiste en la aplicación de cloro para un propósito determinado. Se puede aplicar en los diversos procesos de tratamientos de aguas negras. Este podrá añadirse en forma de gas, de solución acuosa, ya sea de sodio o de calcio, disuelto en agua desprende cloro. El más usado para tratar aguas residuales, es el cloro gaseoso, ya que este cuesta menos que el obtenido a partir de los hipocloritos. En la siguiente figura se presentan los tipos de cloración.

**Figura 13, Tipos de cloro que se utiliza en el tratamiento secundario**



Fuente: Elaboración propia con información obtenida del Manuales UTEHA. Tecnología tratamiento de aguas Negras y Desecho Industriales, George Barnes.

### **3. METODOLOGÍA**

Para la realización de este estudio, se aplicaron técnicas de gestión de información clave para elaborar un diagnóstico de la situación, a fin de proponer una opción que pueda ofrecer una solución firme y duradera para el problema de las aguas residuales del sector Sur del municipio de Chimaltenango.

#### **3.1 Diseño de la investigación**

Se basa en la integración de fuentes primarias que sirven de soporte para entender y dimensionar la magnitud del problema, el incremento de la contaminación resultante de la descarga de las aguas residuales del sector Sur. Con el propósito de establecer una solución apropiada y fundamentada en la aplicación de normas internacionales para el diseño. Buscando entender la vinculación entre la población generadora del problema en la parte alta de la cuenca, que no es la misma población de la parte baja de la cuenca.

##### **3.1.1. Técnicas de investigación de fuentes primarias**

Para el análisis de fuentes primarias, se utilizaron las siguientes herramientas:

###### **3.1.1.1. Observación en campo**

Se hicieron visitas de campo, en varias colonias del Sector Sur, especialmente en las zonas afectadas por el desfogue de las aguas sin tratar, así como en la zona de drenajes, de donde se generan las aguas que fluyen hacia la Quebrada del Rastro.

Se realizó, una entrevista verbal sobre el conocimiento del desfogue de las aguas residuales a la Quebrada del Rastro, con un grupo de personas de la comunidad del Sector Sur, algunos representan el Comité de Consejo de Desarrollo de dicho sector (COCODE). Donde los vecinos manifestaron su preocupación y falta de interés por parte de las autoridades responsables, hacia la protección del ambiente y el deber de proteger la salud de los habitantes.

### **3.1.1.2. Entrevista con autoridades**

Se realizó entrevista directa, con el personal del departamento de planificación de la Municipalidad de Chimaltenango (DMP) quienes son Profesionales encargados de los proyectos municipales y fue en relación a la capacidad de inversión del Municipio y sobre la visión de establecer un sistema de tratamiento de aguas residuales del Sector Sur. Entrevista con la Jefa del departamento sobre la recaudación de IUSI y con el jefe del departamento de Catastro Municipal.

### **3.1.1.3. Medición de caudales**

Se solicitó el apoyo del equipo de profesionales y técnicos del Departamento Municipal de Planificación (DMP) de la Municipalidad de Chimaltenango, para realizar la medición del caudal de las aguas residuales del Sector Sur del municipio de Chimaltenango. Ver anexo 13.1.

### **3.1.2. Técnicas de Investigación de fuentes secundarias**

Se verificaron datos demográficos e hidrológicos en revistas, documentos históricos, mapas, tesis y otras investigaciones relacionadas a los aspectos socioeconómicos del Sector Sur del municipio de Chimaltenango.

## **3.2 Enfoque metodológico**

El enfoque presentado es de forma cuantitativa (descriptiva y correlacional) y el método usado es deductivo, que se consolida integrando el análisis socioeconómico poblacional, el estudio técnico, administrativo legal, ambiental y el análisis económico. El enfoque se apoya en el conocimiento de normas y la aplicación de procedimientos que son indispensables para una visión más clara del objeto de la investigación.

### **3.3 Desafío de la investigación**

El desafío del estudio es, vincular la evaluación económica y financiera de un proyecto de tratamiento de las aguas residuales, considerando el nivel de pobreza, que inciden en la capacidad y voluntad de pago de dichas poblaciones y poner en práctica los conocimientos adquiridos en la maestría de formulación y evaluación de proyectos.

#### **4. ANALISIS SOCIOECONOMICO Y POBLACIONAL**

En este apartado se analizó las características de la población del Sector Sur del municipio de Chimaltenango, el servicio principal de las aguas residuales a tratar, el análisis de la propuesta de tratamiento de las aguas residuales, el ingreso por este servicio y la comunicación social del proyecto.

##### **4.1. Servicio principal de tratamiento de las aguas residuales del Sector Sur**

El servicio principal es el tratamiento de las aguas residuales del Sector Sur del municipio de Chimaltenango, mediante un sistema de flujo continuo por gravedad, a fin de reducir los niveles nocivos de elementos físicos, químicos y biológicos<sup>28</sup> en las aguas residuales.

Actualmente la cantidad de agua residuales aportada por cada beneficiario es definida por el consumo del agua potable recibida del servicio público, el cual si es estimado. En cuanto a la calidad del producto (Aguas tratadas) debe cumplir con la normativa aprobada por MARN con las características y valores máximos permisibles de un efluente final, según acuerdo gubernativo doscientos treinta y seis guion dos mis seis<sup>29</sup> (236-2006). Para mayor información ver cuadro 2.

---

<sup>28</sup> Ingeniería Medioambiental Aplicada., Mariano Seoáñez Calvo., 1997

<sup>29</sup> Descargas de aguas residuales y de la disponibilidad de lodos

**Cuadro 2, Características del efluente final del Sector Sur del municipio de Chimaltenango**

<b>Características</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Valores sin Tratamiento</b>	<b>Valores con tratamiento</b>
Temperatura	Grados Celsius	TCR +/-7	TCR +/-7
Grasas y aceites	Miligramos por litro	1500	10
Materia flotante	ausencia/presencia	Presente	ausente
Solidos suspendidos	Miligramos por litro	3500	100
Nitrógeno total	Miligramos por litro	1400	20
Fosforo total	Miligramos por litro	700	10
Potencial de hidrogeno	Unidades de potencial de nitrógeno	6 a 9	6 a 9
Coliformes	Número más probable en cien mililitros	$< 1 \times 10^8$	$< 1 \times 10^5$
Arsénico	Miligramos por litro	1	0.1
Cadmio	Miligramos por litro	1	0.1
Cianuro total	Miligramos por litro	6	1
Cobre	Miligramos por litro	4	3
Cromo hexavalente	Miligramos por litro	1	0.1
Mercurio	Miligramos por litro	0.1	0.02
Plomo	Miligramos por litro	4	0.4
Zinc	Miligramos por litro	10	10
Color	Unidades de platino cobalto	1500	1000

Fuente. Acuerdo Gubernativo 236-2006. Descargas de aguas residuales y de la disponibilidad de lodos.  
TCR = Temperatura de cuerpo receptor en grados Celsius.

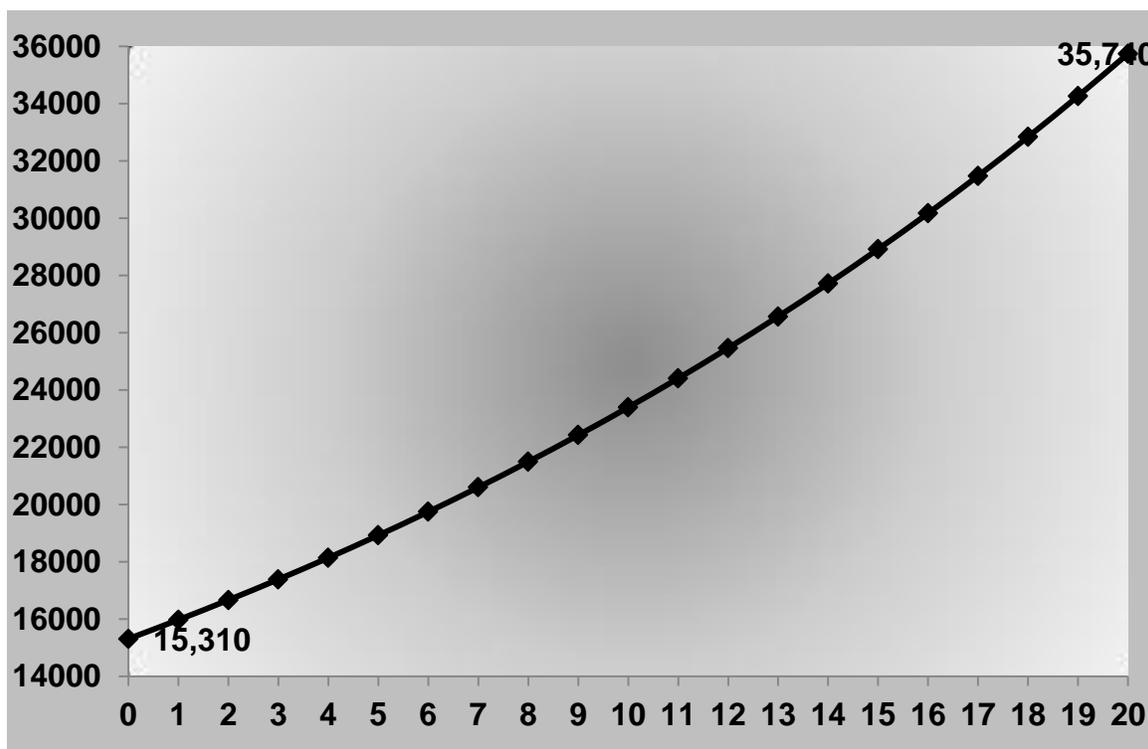
## 4.2. Análisis de la cantidad de las aguas a tratar

Este apartado es muy importante para el presente estudio, pues define la dimensión del proyecto, el tipo del sistema de tratamiento y la mitigación a los impactos ocasionados por el desfogue de las aguas no tratadas del Sector Sur del municipio de Chimaltenango. Para efectos de diseño, se ha calculado un escenario proyectado a un crecimiento poblacional a 20 años (2,013-2,033) y sobre esa base, se harán las estimaciones de sostenibilidad.

### 4.2.1. Análisis demográfico

Para el año 2033, el Municipio de Chimaltenango tendrá un crecimiento de 303,185 habitantes y para el Sector Sur será de 35,740 habitantes a una tasa de 4.33% anual, lo que representará un 12% de la población total<sup>30</sup>. Ver figura 14.

**Figura 14, Población proyectada del Sector Sur (2013-2033)**



Fuente: Elaboración propia. Datos obtenidos en el INE Estimaciones de la población total por Municipio. Periodo 2,008-2,020. Guatemala.

<sup>30</sup> INE. Estimaciones de la Población total por municipio. Período 2008-2020. Guatemala.

#### 4.2.2. Estimación de las aguas residuales aportadas por el Sector Sur del municipio de Chimaltenango

El caudal actual y proyectado, es considerado uno de los parámetros más importantes para dimensionar el sistema de tratamiento de las aguas residuales y pluviales del Sector Sur del municipio de Chimaltenango.

El caudal de aguas residuales está relacionado básicamente con los habitantes del Sector Sur, con un consumo aproximado de 0.180 metros cúbicos de agua potable por habitante por día<sup>31</sup> y el resultado obtenido se multiplica por un factor de retorno del 85%<sup>32</sup>. Para una mejor interpretación del caudal, ver análisis de cálculo sobre el año 2013.

$$Q = (\text{Dotación} * \text{No. de hab. actual} * \text{factor de retorno})$$

$$Q = (0.180\text{m}^3 * 15,310\text{hab.} * 0.85)$$

$$Q = 2.342.43 \text{ metros cúbicos de aguas residuales por día.}$$

Adicionalmente, se incorpora el agua pluvial ilícita, que son captadas por los techos y patios de los hogares y que luego son incorporados al sistema de drenaje municipal que recorre el Sector Sur del municipio de Chimaltenango.

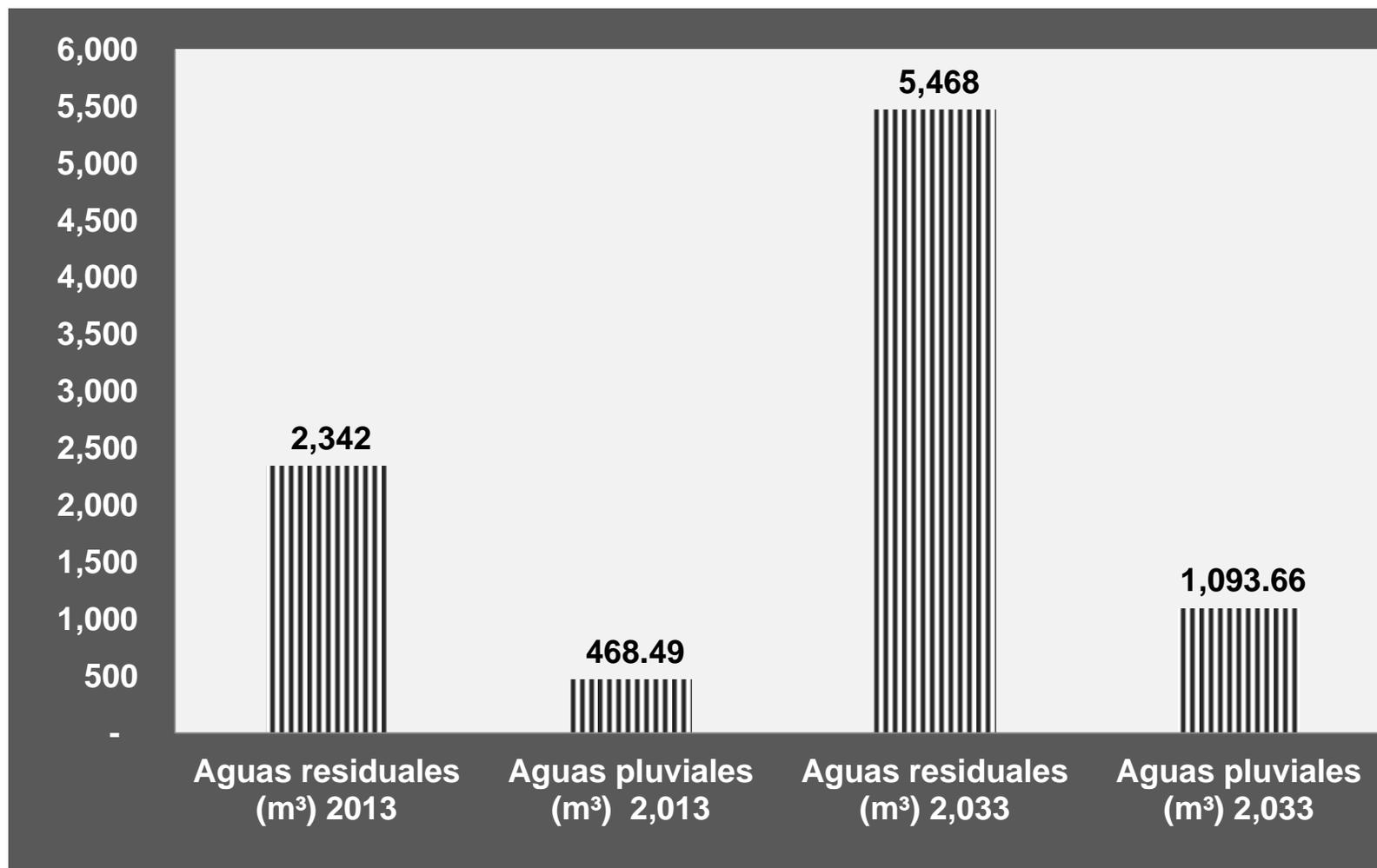
Debido a la poca información hidrológica del municipio de Chimaltenango, se considera útil para este estudio tomar en cuenta el valor de las aguas pluviales, con el método dado por el Instituto Nacional de Fomento Municipal (INFOM), con un rango de 10% mínimo del caudal domiciliar y un 20% máximo para los lugares donde no hay drenaje pluvial, tal es el caso del Sector Sur, por tal razón, se toma un 20% del valor total del caudal de aguas residuales y pluviales del Sector Sur del municipio de Chimaltenango. Para su apreciación ver figura 15.

---

<sup>31</sup> El Perfil Ambiental/Situación del Recurso Hídrico (IARNA-URL,2005)

<sup>32</sup> Guía de normas para la Disposición Final de Excretas y Aguas Residuales en zonas rurales de Guatemala

**Figura 15, Caudal de las aguas residuales y pluviales del Sector Sur en metros cubicos. (2013-2033)**



Fuente: Elaboración propia. Con información obtenida de la Guía de normas para la disposición final de excretas y aguas residuales en zonas rurales de Guatemala.

La figura anterior, presenta para el año 2,013 una producción de aguas residuales de 2,342m<sup>3</sup>/día y un porcentaje del 20% de aguas pluviales ilícitas por temporada de lluvia de 468.49 m<sup>3</sup>. Mientras que para el año 2,033 proyecta un total de 5,468.49m<sup>3</sup>/día de aguas residuales, con un incremento adicional del 1,093.66.m<sup>3</sup> de agua de lluvia ilícita, lo que indica preocupación sobre el incremento de las aguas contaminadas que son descargadas a la Quebrada del Rastro.

#### **4.3. Estimación de la capacidad instalada para el tratamiento de las aguas residuales**

En el caso de las aguas residuales municipales del Sector Sur, son recolectadas mediante un sistema básico de drenaje. Dicho sistema escasamente cubre su función de recolección, pero no hace nada por ofrecer una solución al problema del deterioro ocasionado por las aguas servidas.

Por lo tanto, deberá diseñarse una solución técnica que permita atender adecuadamente el problema del incremento de la contaminación de la Quebrada del Rastro. Para este caso, se parte del servicio principal de las aguas residuales, para establecer las repercusiones y la magnitud de la solución propuesta, para manejar la situación.

##### **4.3.1. Capacidad instalada actual de tratamiento de las aguas residuales**

Actualmente no existe ningún sistema de tratamiento, que disminuya la contaminación que genera las aguas residuales del Sector Sur. Únicamente un sistema de drenaje que recolecta las aguas negras para descargarlas a la Quebrada del Rastro, sin ningún tratamiento.

En base a lo anterior se deduce que la ausencia de una capacidad instalada, constituye la demanda insatisfecha.

### 4.3.2. Capacidad requerida para atender la cantidad de aguas residuales

Para atender la demanda insatisfecha se propone un sistema de tratamiento de aguas residuales que estará conformada por una infraestructura capaz de tratar las aguas residuales del Sector Sur, proyectado hasta 20 años después del 2013.

### 4.4. Ingreso por el servicio de tratamiento de las aguas residuales

Tradicionalmente, el servicio de tratamiento de aguas residuales no es pagado, ya que ha sido un servicio gratuito proporcionado por el Gobierno Central y Municipal, por lo tanto no podrá realizarse ningún pago por este tipo de servicio.

Según reglamentos consultados no existe una tarifa definida para este tipo de servicio, por lo tanto, los costos de inversión, de operación y mantenimiento de la planta de tratamiento serán cubiertos por el Gobierno Local. El argumento principal para esta cultura de no pago, son los índices de pobreza<sup>33</sup> que se reportan para la zona, los cuales se presentan en el cuadro 3.

**Cuadro 3, Características socioeconómicas de la población de Chimaltenango**

Población de Chimaltenango	Pobreza %		Educación %
	Pobreza Total	Pobreza Extrema	Alfabetismo
606,009	65.57	13.33	79

Fuente ENCOVI 2011.

Los datos estadísticos sobre la pobreza total sobrepasa el 50%, esto indica que la población de Chimaltenango vive en condiciones de pobreza y es mayor al nivel nacional (53.71%). Adicional un 13.33% de extrema pobreza.

<sup>33</sup> ENCOVI 2011.

#### **4.5. Estrategia de comunicación social del proyecto**

Este esfuerzo busca empoderar al vecino para que aprecie lo que tiene, se sienta dueño y con el compromiso de cuidarlo. Para lograr este empoderamiento, se realizarán talleres y conferencias durante el año de ejecución del proyecto, para la población adulta y niños del Sector Sur del municipio de Chimaltenango. También se realizarán reuniones con los líderes de las colonias del Sector Sur y organizaciones invitadas a fin de crear consciencia sobre la necesidad de reducir la contaminación del medio ambiente y algunos otros problemas que genera el desfogue de las aguas residuales.

## **5. ESTUDIO TÉCNICO**

En este estudio se analizan las características técnicas del proyecto para establecer elementos de viabilidad del mismo. Entre las más destacadas están: la localización, el tamaño del proyecto, diseño de los componentes de la planta de tratamiento, la descripción del proceso de tratamiento y el costo estimado de la obra física.

### **5.1. Localización**

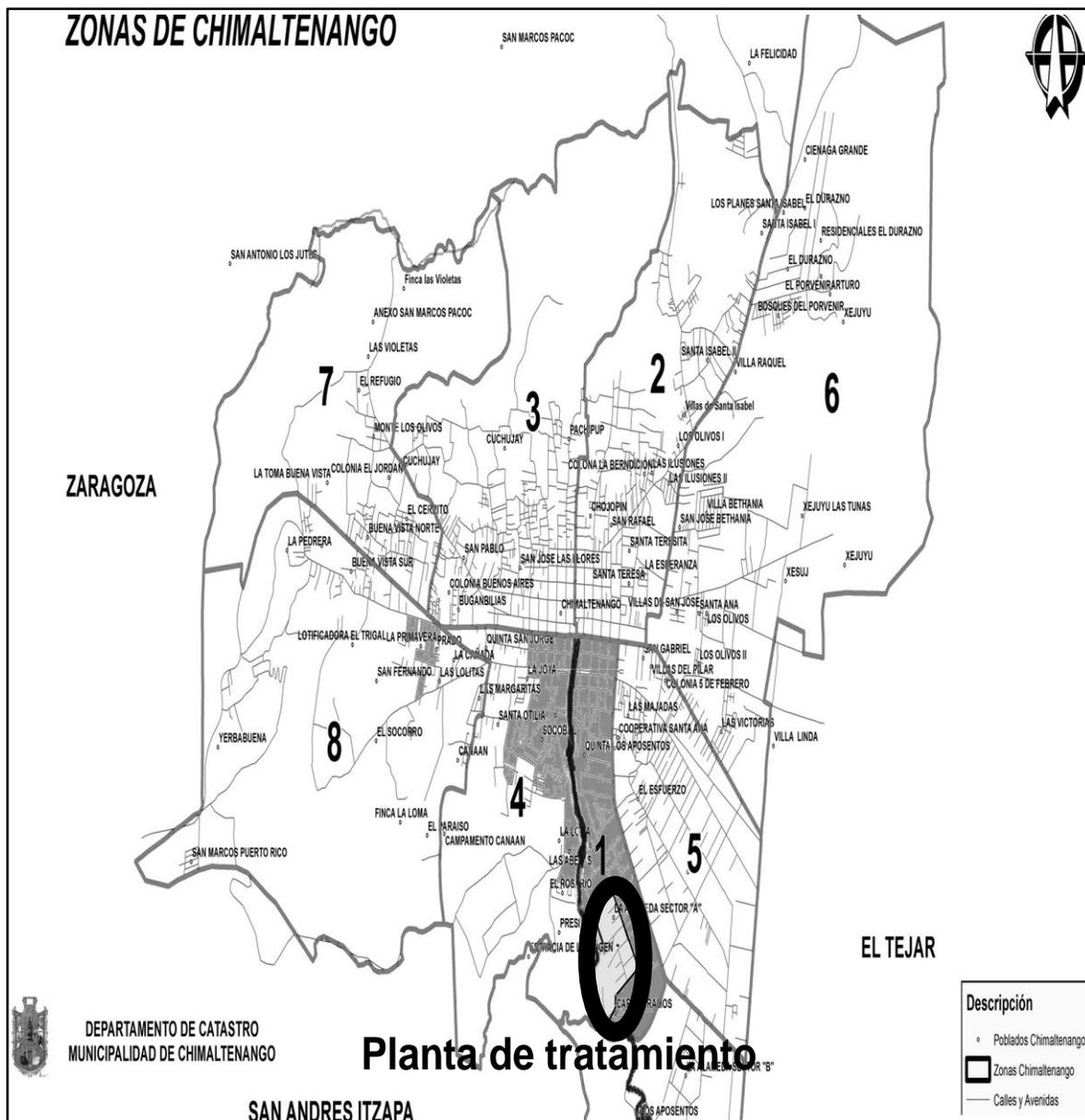
El municipio de Chimaltenango, está ubicado en la región central de la República de Guatemala a escasos 54 kilómetros de la ciudad capital. Una de las vías de acceso más importante; es por la carretera interamericana CA-1. Aproximadamente a 500 metros del parque central siempre sobre la interamericana inicia el Sector Sur. Para una mejor apreciación ver figura 16.



### 5.1.1. Macro Localización

La ubicación de la planta de tratamiento de aguas residuales que libera a la Quebrada del Rastro será en el municipio de Chimaltenango. En la figura 17 se muestra la ubicación a nivel Municipal.

**Figura 17, Macro localización del area de estudio**



Fuente: Elaboración propia. Imagen Proporcionado por el Departamento de Catastro Municipal. Chimaltenango.

### 5.1.2. Micro Localización

Se determinó el lugar apropiado para la ubicación de la planta de tratamiento de las aguas residuales del Sector Sur, en base al análisis de opciones, considerando los aspectos más importantes como; la inversión inicial, el diseño preliminar del sistema de tratamiento, la topografía y la disponibilidad del espacio del terreno que se estima para el área constructiva. Véase cuadro 4.

**Cuadro 4, Análisis de opciones del sistema de tratamiento de las aguas residuales**

Aspecto de comparación	Punteo	Lagunas de		Sistema de filtro		Sistema	
	Base	Estabilización		percolador		tecnológico	
		%	Puntos	%	Puntos	%	Puntos
Topografía del terreno	20	40	8	90	18	90	18
Diseño	15	100	15	80	12	50	7.5
Inversión inicial	15	80	12	90	13.5	30	4.5
Operación	20	50	10	100	20	100	20
Energía	10	100	10	90	9	20	2
Producto final	20	40	8	80	16	10	2
<b>Total</b>	100		<b>63</b>		<b>88.5</b>		<b>54</b>

Fuente Elaboración propia, con información obtenida por el Colegio de Ingenieros de Guatemala.

El resultado comparativo de opciones del sistema de tratamiento, se basa en los tres siguientes diseños:

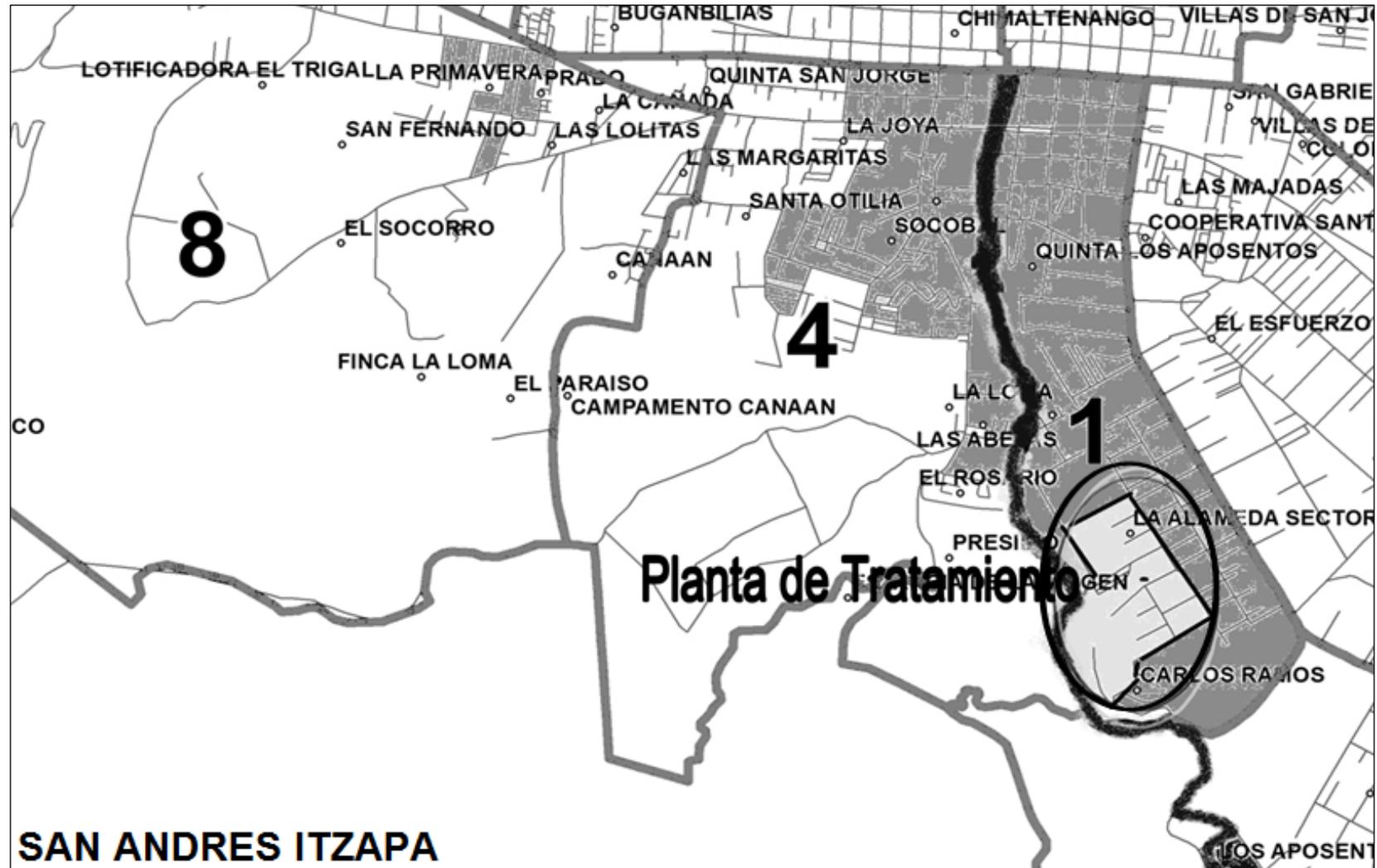
**Laguna de estabilización:** es un diseño simple, se necesita un terreno amplio y plano, no consumirá energía en sus procesos y proporcionará una purificación de aguas tratadas de nivel bajo.

**El sistema tecnológico o mecánico:** funciona con un costo alto de inversión y alto consumo de energía por el uso de equipos en los procesos de tratamientos, sistema que entregará un resultado satisfactorio en el tratamiento de aguas residuales.

El resultado fue **el sistema de filtro percolador**, en base a la topografía del terreno que proporciona una pendiente inclinada para dimensionar un diseño hidráulico por gravedad. Esto facilita las instalaciones, reduce el costo de la inversión inicial y no necesita energía para la operación. Dicho sistema opera desde el tratamiento preliminar, primario y secundario que proporcionará el nivel permisible de tratamiento de las aguas residuales que descarga a la Quebrada del Rastro.

Con los resultados del análisis anterior, se define el tipo de planta de tratamiento y su ubicación, que será entre las colonias La Alameda y Carlos Ramos, donde desfoga el conector principal del sistema de drenaje al final de la Quebrada del Rastro. Es oportuno tomar en cuenta que la zona que recorre la Quebrada del Rastro es un área municipal, por lo tanto no se considera un gasto adicional por compra de terreno. Ver ubicación de la planta de tratamiento en la siguiente figura.

Figura 18, Micro localización del área de estudio



Fuente: Elaboración propia. Imagen proporcionado por el Departamento de Catastro Municipal. Chimaltenango.

## **5.2. Tamaño del terreno**

El área del terreno estimado para la construcción de la planta de tratamiento será de 3,500 metros cuadrados (100\*35) éste se justifica con los resultados del diseño preliminar.

## **5.3. Tamaño de la planta de tratamiento**

Los elementos más importantes para la determinación del tamaño del sistema de tratamiento de aguas residuales están:

- La cantidad de población demandante, que corresponde a un 12% de la población total del Municipio. Este porcentaje representa un total de 35,740 habitantes, que se observó en la figura 14, relacionado al crecimiento de la población actual y proyectada.
- El caudal de las aguas residuales son datos fundamentales para la toma de decisión del sistema a proponer, el cual asciende a 5,468m<sup>3</sup>/día de aguas residuales y 1,093.66m<sup>3</sup> de aguas pluviales ilícitas por día y por la temporada de lluvia del año en curso. Ver figura 15.

Tomando en cuenta el crecimiento poblacional y el caudal estimado de las aguas residuales, se propone un diseño preliminar de la planta de tratamiento con los siguientes componentes; oficina administrativa, canal de entrada, desarenador, sedimentador primario y secundario, filtros, digestor y patio de secado de lodos.

## **5.4. Trabajos preliminares de ejecución de la planta de tratamiento en el terreno**

Antes de realizar la ejecución de la planta de tratamiento de aguas residuales del Sector Sur del municipio de Chimaltenango, se debe desarrollar los trabajos preliminares, que se describen en el siguiente cuadro.

**Cuadro 5, Etapas de trabajos preliminares de la planta de tratamiento**

<b>Etapas</b>	<b>Descripción de los trabajos preliminares</b>
<b>Acondicionamiento de terreno</b>	Destronque y limpieza del terreno donde se construirá la planta de tratamiento, con la finalidad de no estropear el área de trabajo quitando el resto de materia inservible, troncos y raíces.
<b>Topografía</b>	Indica los trazos de nivelación de la construcción de la planta de tratamiento de aguas residuales.
<b>Cortes y rellenos</b>	Cortar y rellenar el área necesaria para la construcción de la planta de tratamiento.

Fuente: Elaboración propia. Con información obtenida de la Cámara Guatemalteca de la Construcción.

Estos trabajos preliminares se estiman en un costo de Q250,000.00. Ver cuadro 6.

**Cuadro 6, Costos de los trabajos preliminares**

(Cifras en Quetzales)

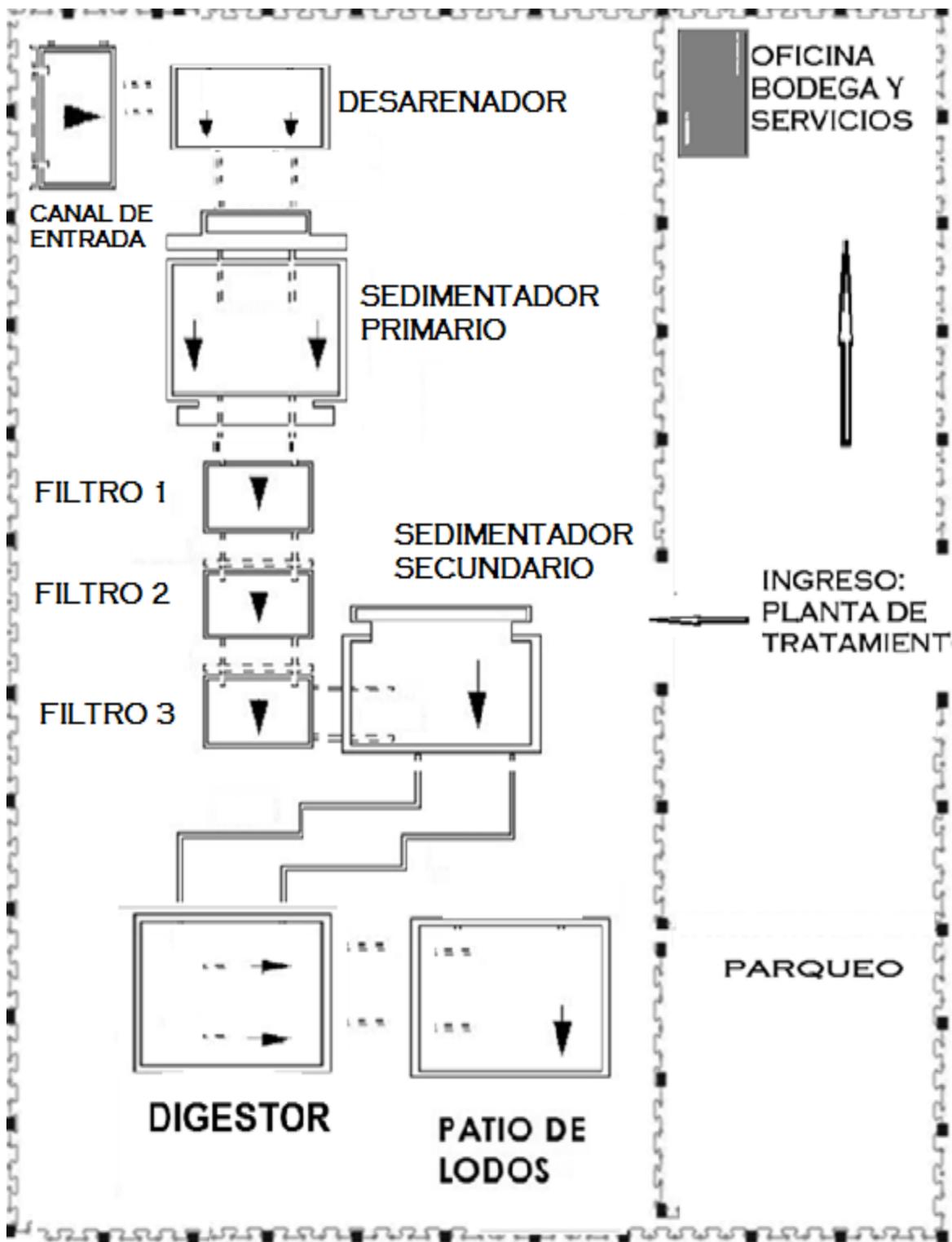
<b>Descripción</b>	<b>Coto unitario</b>	<b>Costo total</b>
Acondicionamiento de terreno	50,000.00	50,000.00
Topografía	50,000.00	50,000.00
Cortes y excavaciones	150,000.00	150,000.00
<b>Total de preliminares</b>		<b>250,000.00</b>

Fuente: Elaboración propia, con información obtenida en la cámara de la construcción.

#### **5.4.1. Distribución de los componentes de la planta de tratamiento**

En la figura 19 se puede apreciar la distribución de los componentes de la planta de tratamiento como el canal de entrada, el desarenador, los sedimentadores, los filtros y patio de secado de lodos. Así como el circulado del terreno que será de malla galvanizada.

Figura 19, Distribución espacial y circulación de la planta de tratamiento



Fuente: Elaboración propia. Con diseño original del Ingeniero Arturo Pazos, obtenido en la biblioteca del Colegio de Ingenieros de Guatemala.

## 5.5. Perfil preliminar de la planta de tratamiento

Es un diseño preliminar de cada uno de los componentes del proyecto, apto a modificaciones y considerando siempre el tamaño del caudal de las aguas residuales a tratar. Se estima un tiempo de construcción de la obra de 1 año. (12 meses)

Entre las obras físicas, se encuentran la oficina administrativa con servicios sanitarios y bodega que serán de muros de block y techo de concreto fundido. El canal de entrada, el desarenador, sedimentador primario y sedimentador secundario, la planta de los tres filtros, el digestor y patio de secado de lodos, serán de concreto armado.

El costo estimado de la planta de tratamiento, es en base a los parámetros de precio de lista de la Cámara Guatemalteca de la Construcción (2,013), de Q1,405<sup>34</sup> por metro cúbico<sup>35</sup> y Q1,300.00 metro cuadrado<sup>36</sup>.

Complementariamente a estos componentes, se incluye el circulado del terreno que ocupa la planta de tratamiento, oficina y bodega, es de Q400.00<sup>37</sup> por metro lineal. Así mismo se estima un juego de artículos de señalización de seguridad industrial para prevención y restricción de personas ajenas al ingreso de las instalaciones.

El siguiente cuadro presenta los costos estimados y medidas de cada uno de los componentes de la planta de tratamiento. Para cálculos de las diferentes medidas de los elementos, ver anexo 12.3.

---

<sup>34</sup> Costos según listado de la Cámara Guatemalteca de la Construcción 2,013.

<sup>35</sup> La construcción de planta de tratamientos se mide en metros cúbicos. (Volumen).

<sup>36</sup> La construcción de muros de block de edificios se mide en metros cuadrados (Área)

<sup>37</sup> Guía de Costos Promedio de Construcción Actualización 2013

### Cuadro 7, Costo total de la obra física

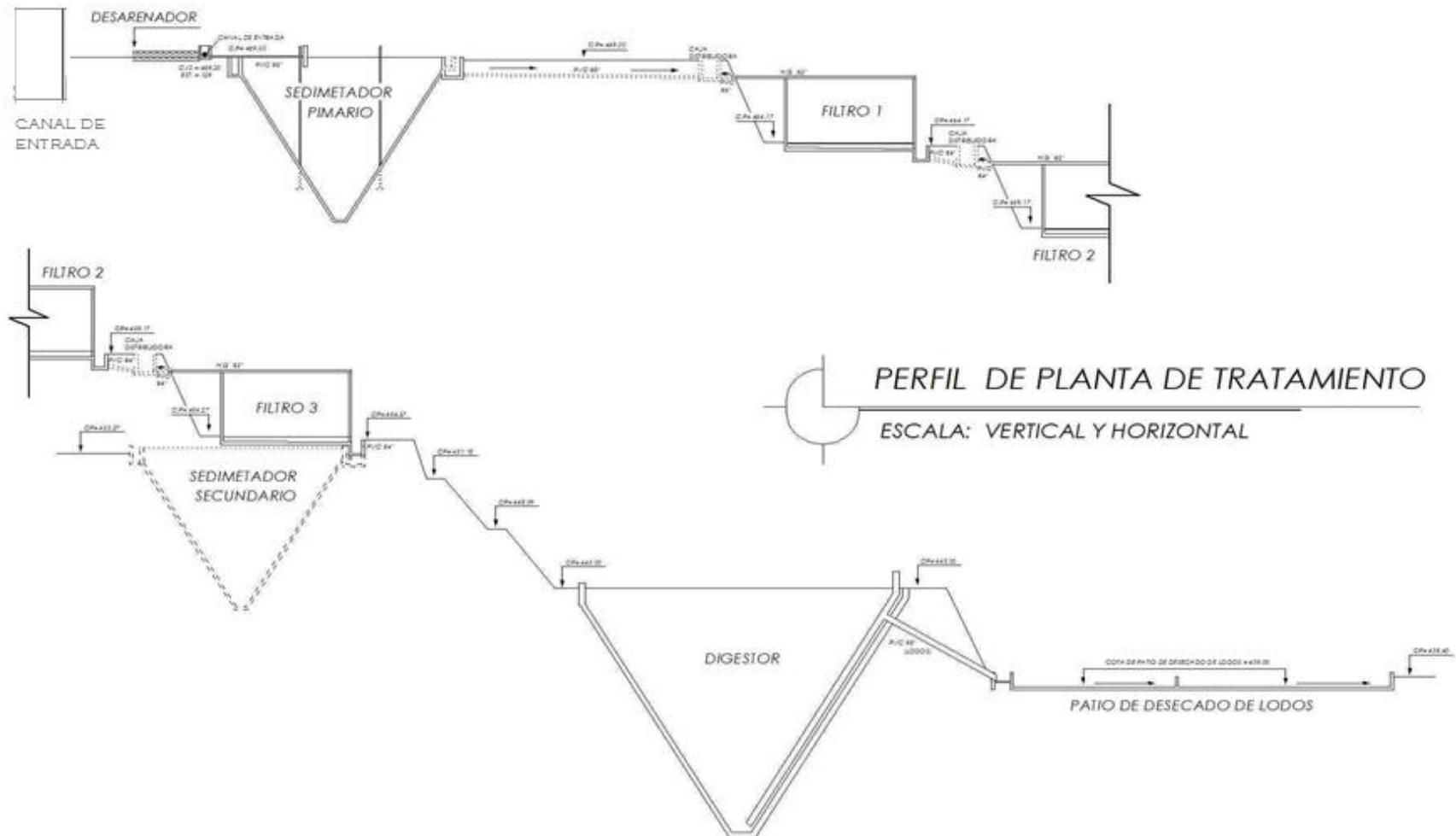
(Cifras en Quetzales)

Componentes	Cantidad	Unidad de medida	Total
Oficina y bodega	105	m <sup>2</sup>	136,500.00
Canal de entrada	1.54	m <sup>3</sup>	2,163.70
Desarenador	5.70	m <sup>3</sup>	8,008.50
Sedimentador primario	314	m <sup>3</sup>	441,170.00
Planta de filtros 1	467	m <sup>3</sup>	656,135.00
Planta de filtros 2	467	m <sup>3</sup>	656,135.00
Planta de filtros 3	467	m <sup>3</sup>	656,135.00
Tanque secundario	314	m <sup>3</sup>	441,170.00
Digestor	1069	m <sup>3</sup>	1,501,945.00
Patio de lodos	168	m <sup>3</sup>	236,040.00
Circulado de malla de acero	270	metro lineal	108,000.00
Señalización de prevención	1 juego	Global	7,277.80
		<b>Total</b>	<b>4,850,680.00</b>

Fuente: Elaboración propia, con información obtenida en la cámara de la construcción.

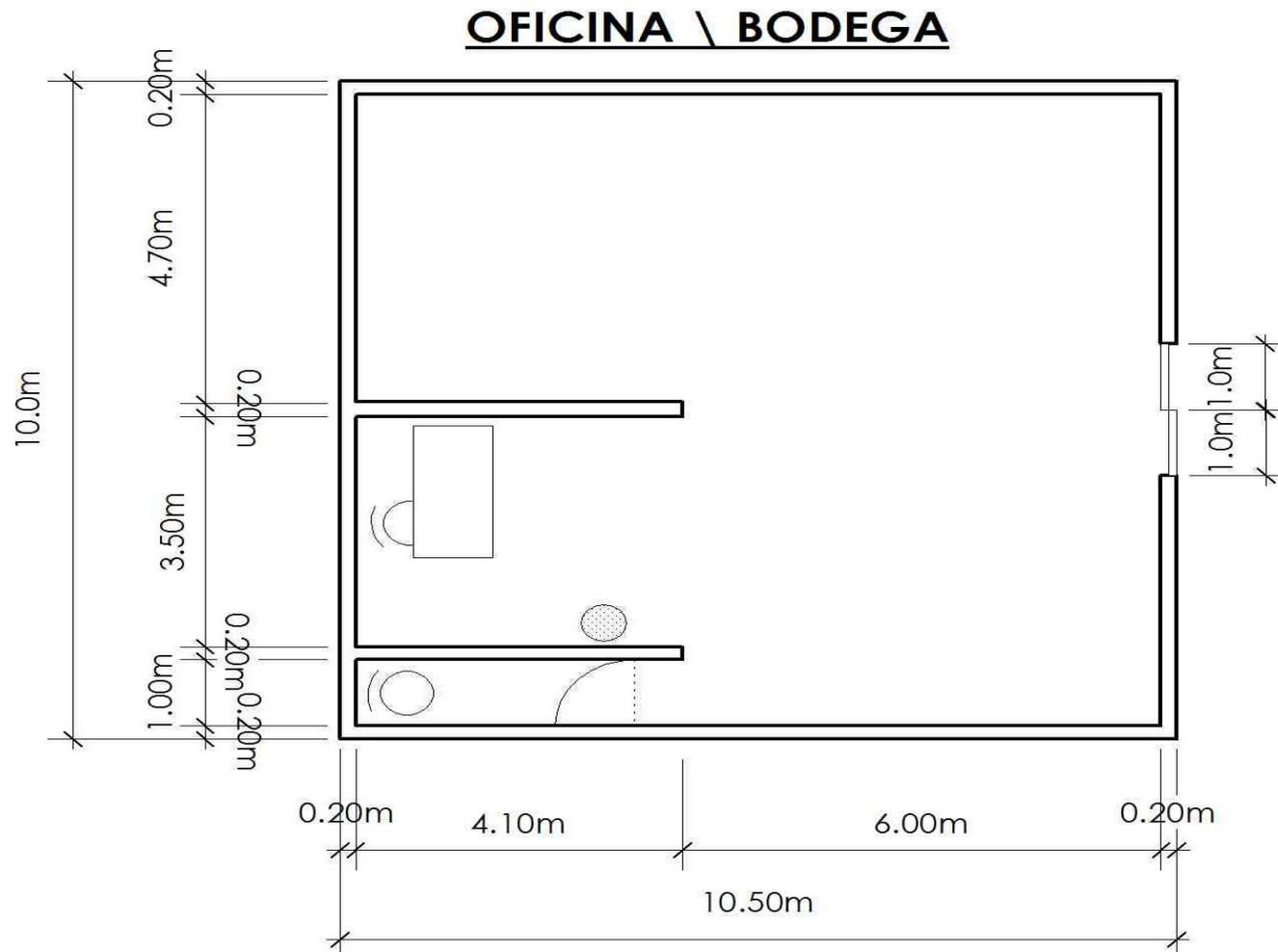
A continuación, en las siguientes figuras se presenta el diseño preliminar de cada uno de los componentes del proyecto.

Figura 20, Perfil preliminar de la planta propuesta



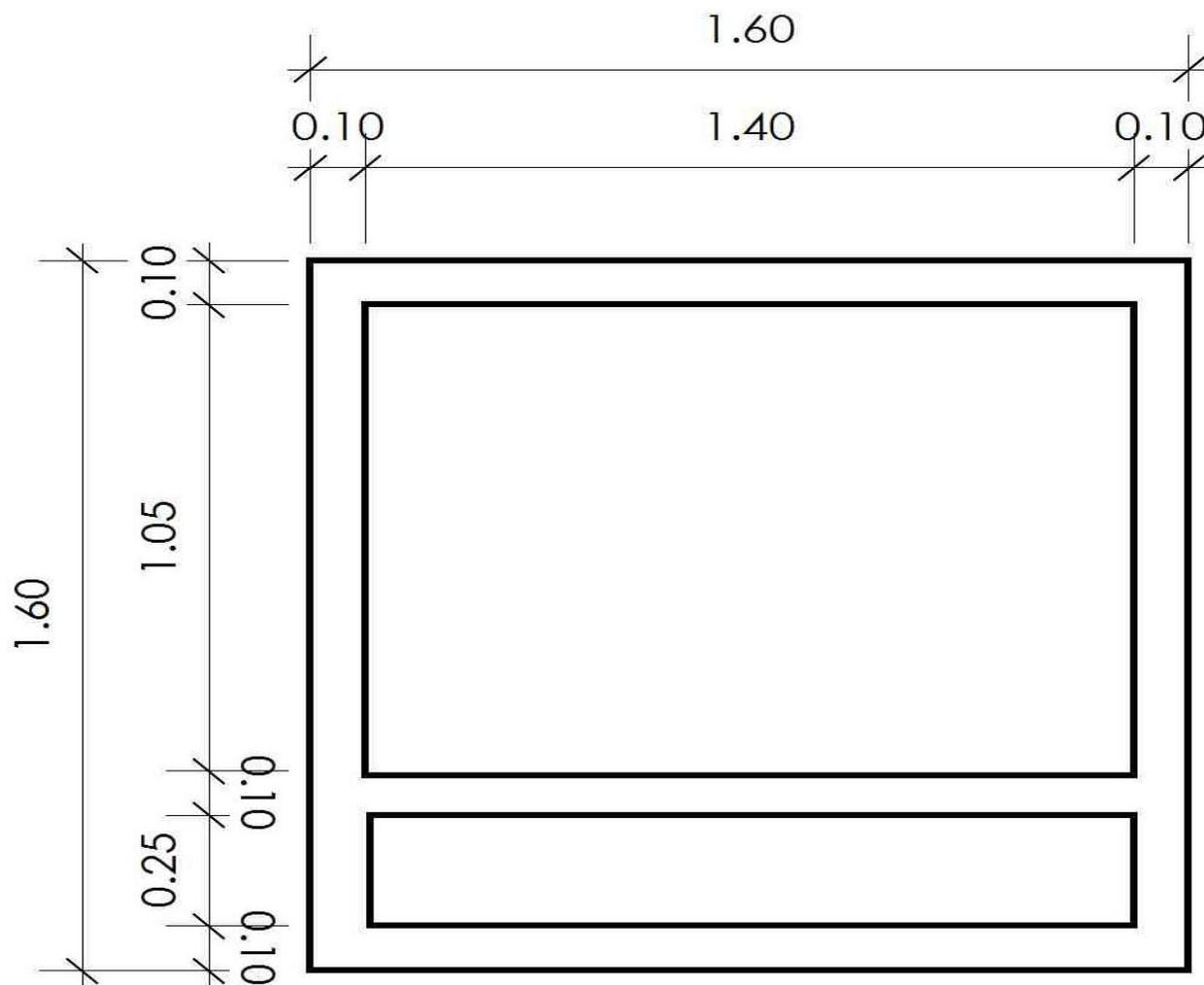
Fuente: Elaboración propia. En base a información obtenido en la biblioteca del Colegio de Ingenieros de Guatemala.

Figura 21, Oficina administrativa y bodega



Fuente: Elaboración propia. En base a información obtenida en la biblioteca del Colegio de Ingenieros de Guatemala.

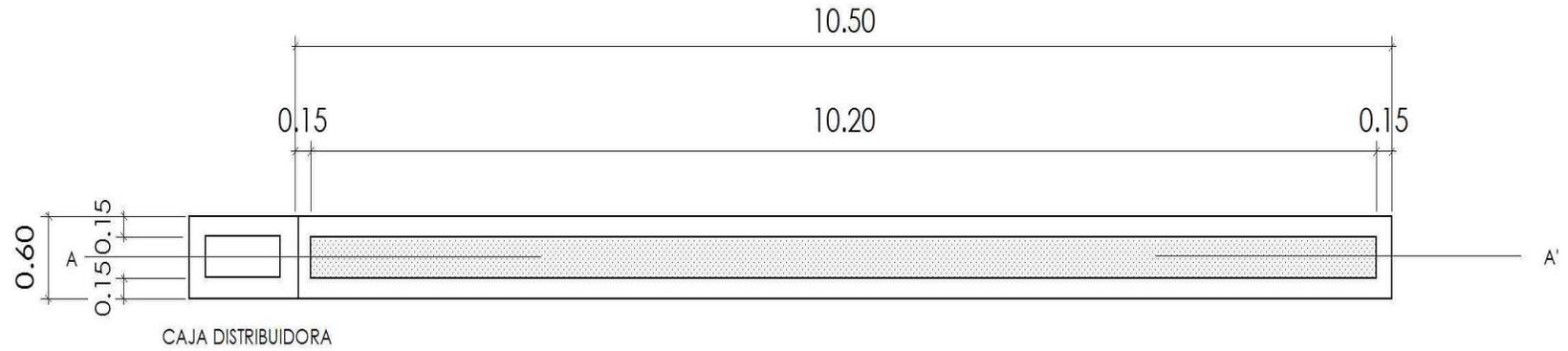
Figura 22, Canal de entrada



CANAL DE ENTRADA

Fuente: Elaboración propia. Con diseño original del Ingeniero Arturo Pazos, obtenido en la biblioteca del Colegio de Ingenieros de Guatemala.

Figura 23, Desarenador

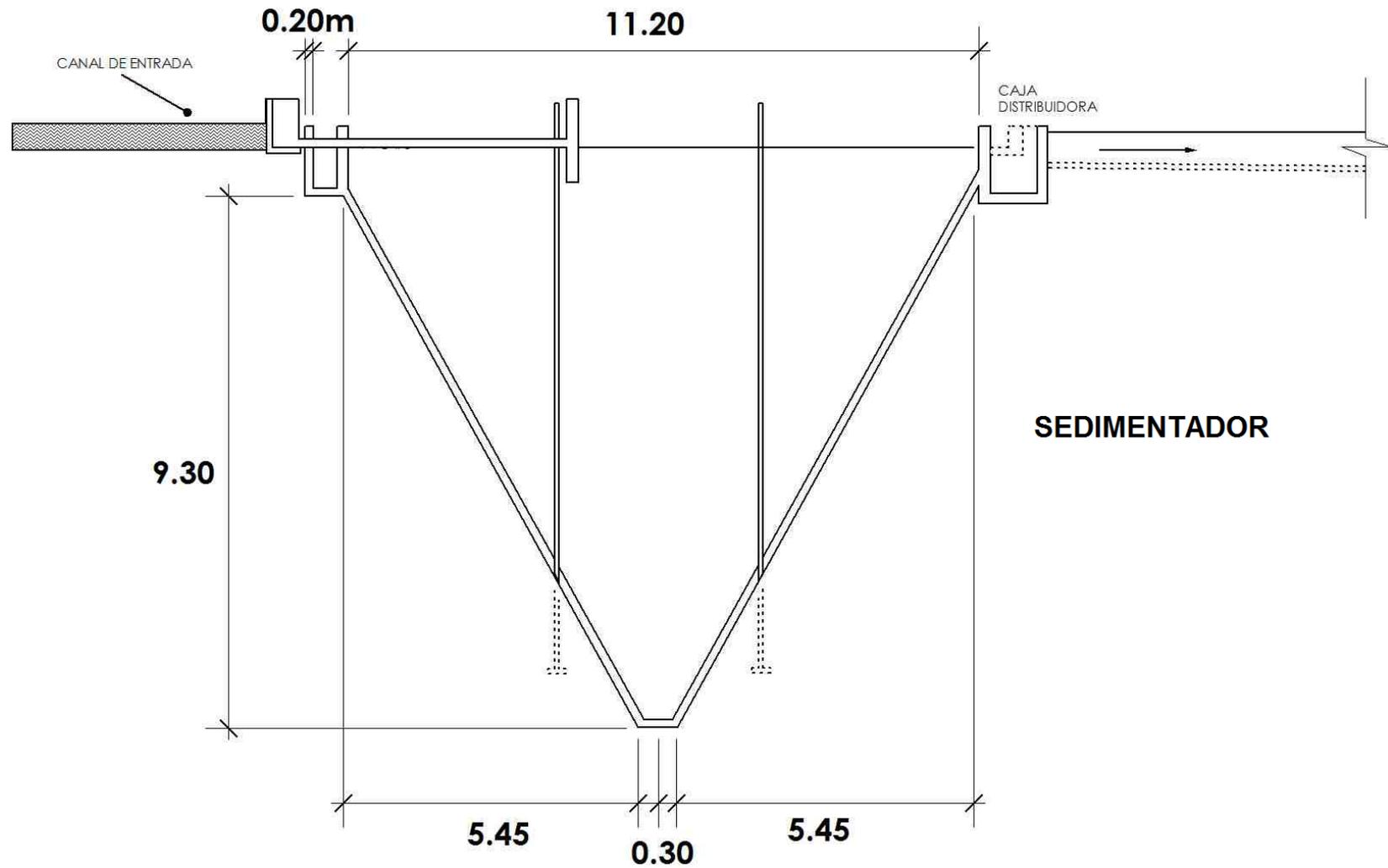


# DESARENADOR



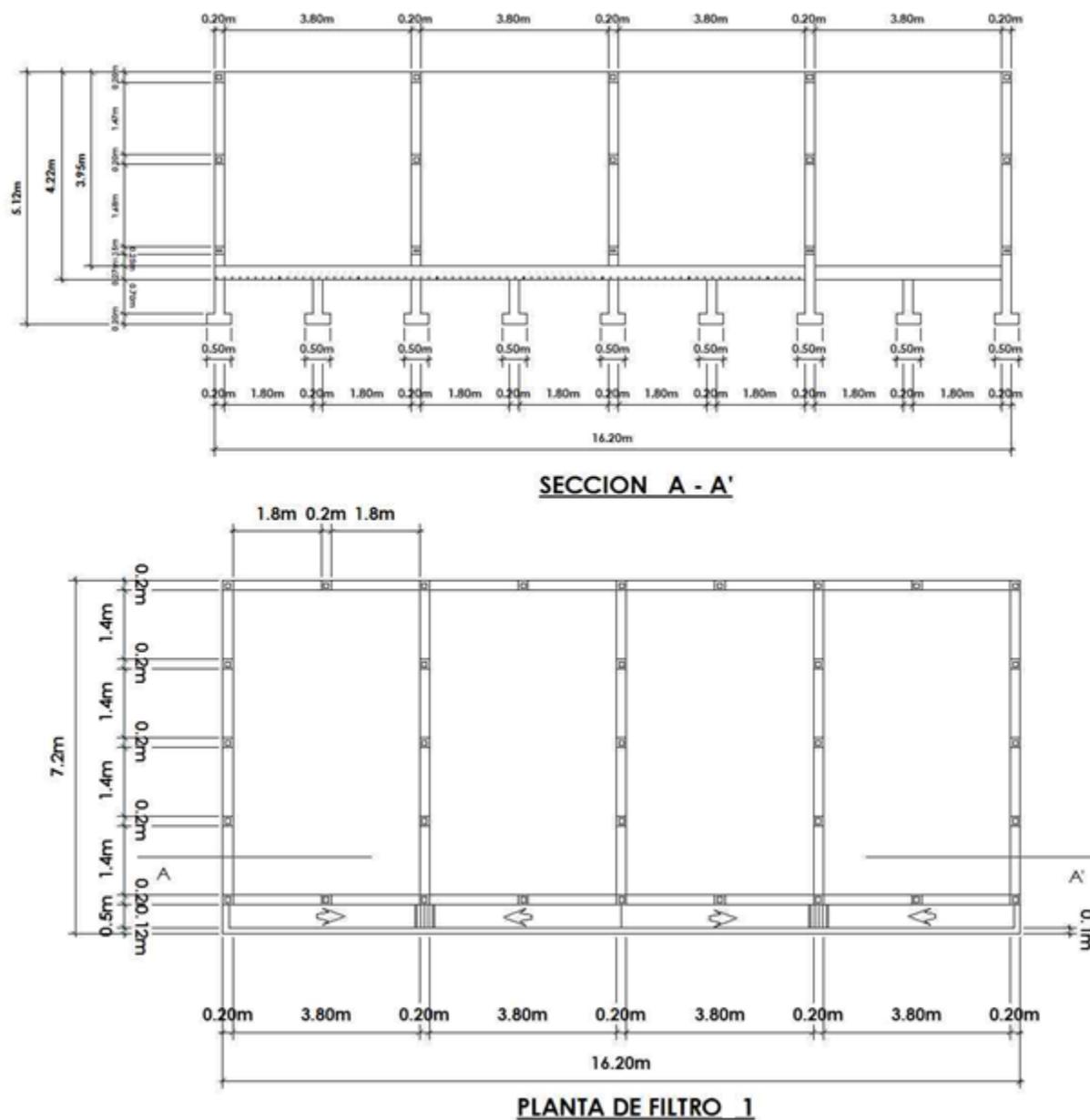
Fuente: Elaboración propia. Con diseño original del Ingeniero Arturo Pazos, obtenido en la Biblioteca del Colegio de Ingenieros de Guatemala.

Figura 24, Sedimentador primario y secundario



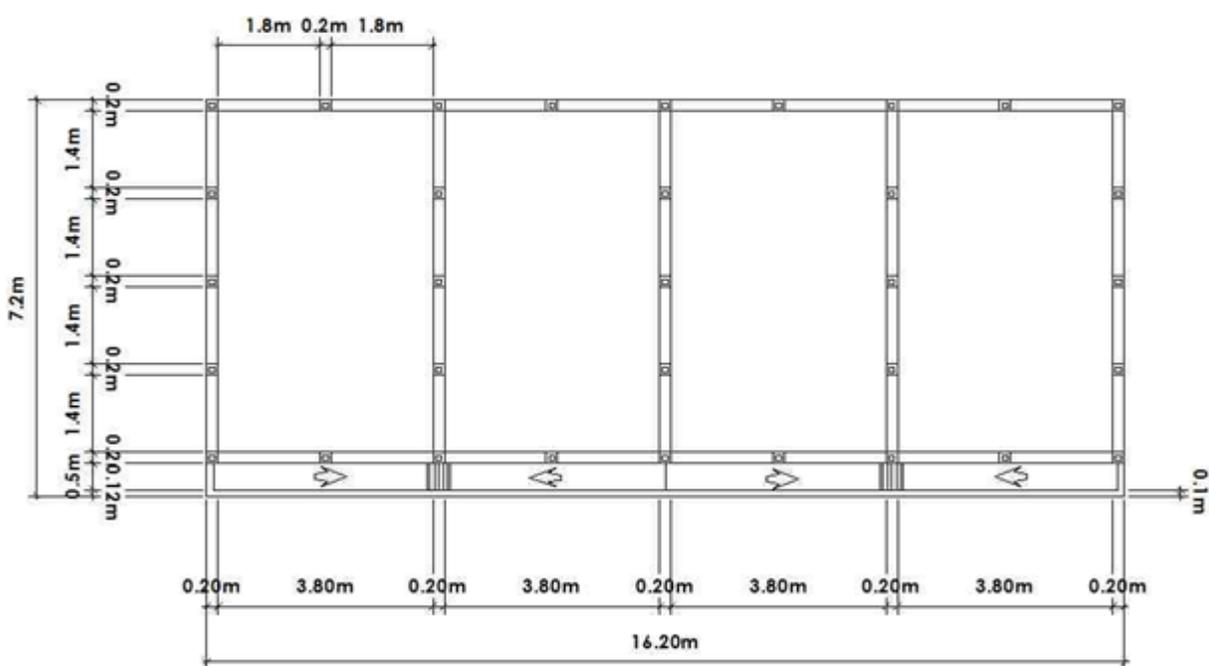
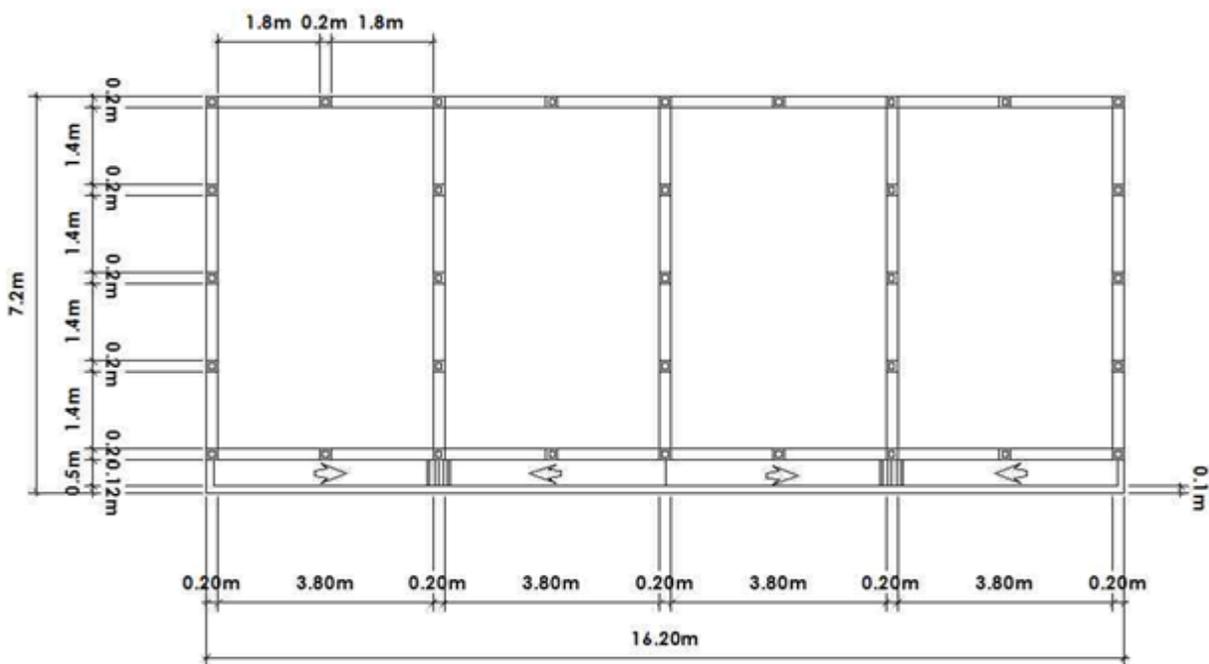
Fuente: Elaboración propia. Con diseño original del Ingeniero Arturo Pazos, obtenido en la Biblioteca del Colegio de Ingenieros de Guatemala.

Figura 25, Perfil de filtros y planta de filtro 1



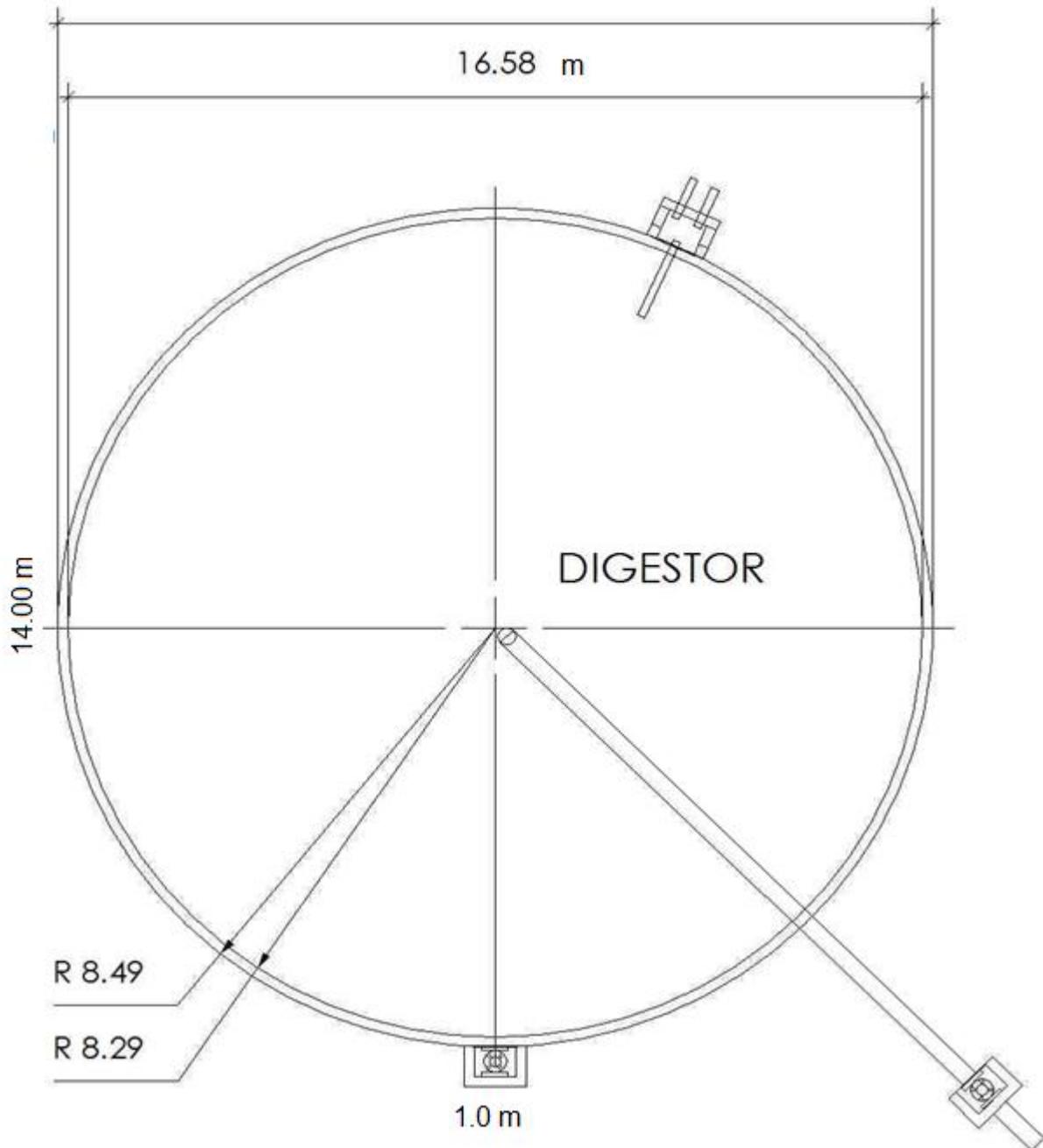
Fuente: Elaboración propia. Con diseño original del Ingeniero Arturo Pazos, obtenido en la Biblioteca del Colegio de Ingenieros de Guatemala.

Figura 26, Filtros 2 y 3

**PLANTA DE FILTRO 2****PLANTA DE FILTRO 3**

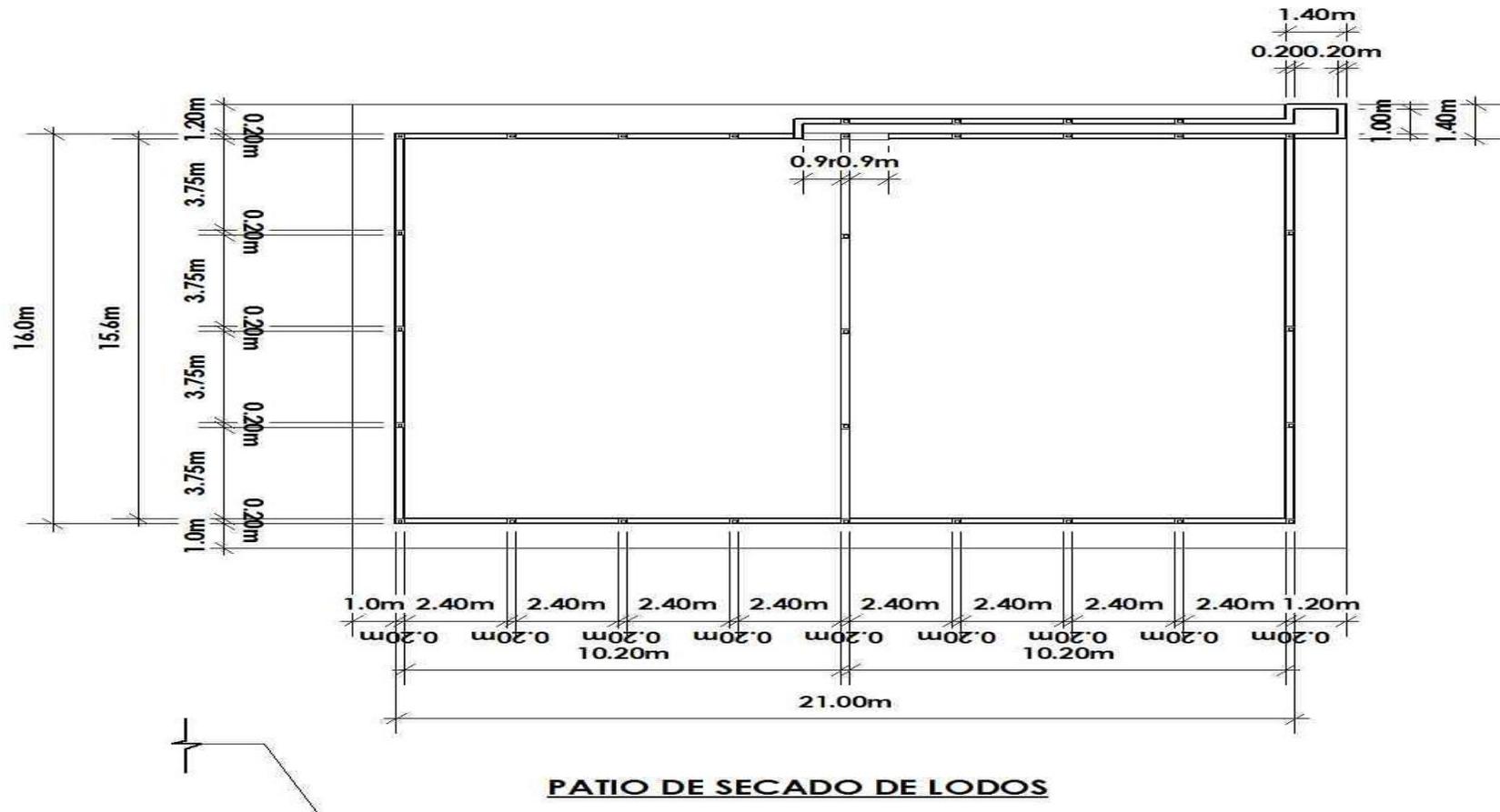
Fuente: Elaboración propia. Con diseño original del Ingeniero Arturo Pazos, obtenido en la Biblioteca del Colegio de Ingenieros de Guatemala.

Figura 27, Digestor



Fuente: Elaboración propia. Con diseño original del Ingeniero Arturo Pazos, obtenido en la Biblioteca del Colegio de Ingenieros de Guatemala.

Figura 28, Patio de secado de lodos



Fuente: Elaboración propia. Con diseño original del Ingeniero Arturo Pazos, obtenido en la Biblioteca del Colegio de Ingenieros de Guatemala.

## **5.6. Descripción de los procesos unitarios que conforman el tratamiento de las aguas residuales**

El proceso de tratamiento de aguas residuales del Sector Sur del municipio de Chimaltenango, se operan de forma manual en las siguientes etapas<sup>38</sup>:

### **5.6.1. Etapa preliminar**

Con este proceso inicia el tratamiento de las aguas a través de la caja distribuidora y el desarenador.

#### **5.6.1.1. Caja distribuidora**

Su función es distribuir el caudal de aguas residuales que llega a la planta para los procesos de tratamiento.

#### **5.6.1.2. Desarenador**

Su función principal, retener el material flotante, separar la arena y partículas gruesas en suspensión que traen las aguas residuales, para evitar que ingresen a la siguiente etapa. El tipo de desarenador es longitudinal, ya que esto permite que los cuerpos de tamaño grande y pesado se depositen al fondo, y el agua disminuya su velocidad de entrada.

### **5.6.2. Etapa primario**

Esta etapa contribuye a eliminar los sólidos suspendidos, complementando el proceso de tratamiento aproximadamente de 60-70%<sup>39</sup>, antes de ser trasladados a las siguientes etapas, y la estructura encargada de realizar este proceso es el sedimentador primario.

---

<sup>38</sup>Guía para la Disposición Final de Excretas y Aguas Residuales en Guatemala

<sup>39</sup>Departamento de Sanidad. Estado de Nueva York. Aguas Negras. Tratamiento secundario. 1964

### **5.6.2.1. Sedimentación primaria**

La función principal del Sedimentador primario, es la separación de sólidos suspendidos por medio del proceso de sedimentación simple por gravedad. Con un periodo de retención aproximado de 1 a 2 horas.

### **5.6.3. Etapa secundaria**

El tratamiento secundario propuesto para esta etapa es un proceso biológico, que transforma la materia orgánica e inorgánica fina, a casi líquida hasta un 85%<sup>40</sup>, por medio del proceso de filtro percolador.

#### **5.6.3.1. Filtro percolador o biológico**

Este proceso, consiste en un lecho absorbente a través de materiales porosos como la piedra poma o rosetas de plástico, que permiten a los microorganismos que descomponen el agua residual se adhieren a sus paredes. Dichos microorganismos dejan que el agua se filtre, pero al mismo tiempo se alimentan de los microorganismos patógenos del agua residual.

### **5.6.4. Digestor**

Esta etapa, consiste en depositar los lodos en el digestor, con la finalidad de descomponer la materia orgánica, por medio de microorganismos anaerobios, que se encargan de reducir el volumen de los lodos. Finalmente pasan al patio de secado de lodos.

#### **5.6.4.1. Patio de secado lodos**

Este proceso final del tratamiento se encarga de trasladar el lodo al patio, para luego ser incinerados, reutilizables para los invernaderos o abono para la siembra de los árboles.

---

<sup>40</sup> Reglamento técnico del sector agua potable y saneamiento básico RAS-2000.

### **5.7. Personal operativo y vigilancia de la planta de tratamiento**

El personal operativo de la planta de tratamiento de aguas residuales se integra por tres personas: un encargado y dos operadores. Operan con un turno normal de ocho horas diarias y seis días a la semana. Adicionalmente, estar de llamada los días domingos o festivos o por cualquier emergencia. Para el personal de vigilancia (guardianía) se consideran dos personas, con turnos rotativos de 24 horas cada uno.

Los operadores deben contar con su equipo personal (overol, botas, guates, casco y mascarillas) para realizar los trabajos de operación y mantenimiento, por lo que se estima un costo de Q2,000.00<sup>41</sup> anuales por cada juego, haciendo un total de Q6,000.00 por los tres juegos.

A los operadores y vigilantes de la planta de tratamiento, se les estima un salario mensual mínimo de Q2,171.00, un bono incentivo de Q250.00 mensual. El aguinaldo, bono 14, indemnizaciones y vacaciones según estable la ley de prestaciones (2,013)<sup>42</sup>. Ver resume de pagos de salarios y prestaciones en el siguiente cuadro.

---

<sup>41</sup> Parámetro Consejo de Desarrollo (CODEDE) Chimaltenango. 2,012.

<sup>42</sup> Acuerdo Gubernativo 359-2012, publicado en el Diario de Centroamérica de fecha 14 de diciembre del 2012.

**Cuadro 8, Costos anuales de Salarios y prestaciones de ley del personal operativo y de vigilancia.**

**(Cifras en Quetzales)**

<b>Puestos</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Salario mensual</b>	<b>Bono incentivo</b>	<b>Salario final mensual</b>	<b>Salario anual</b>
Operador	3	6,513.00	750	7,263.00	87,156.00
Seguridad	2	4,342.00	500	4,842.00	58,104.00
<b>Sub total</b>					<b>145,260.00</b>
		<b>Bono 14</b>	<b>Vacaciones</b>	<b>Aguinaldo indemnización</b>	<b>Costo Anual</b>
Operador	3	6,513.00	4,342.00	13,026.00	23,881.00
Seguridad	2	4,342.00	2,895.00	8,684.00	15,921.00
<b>Total</b>					<b>185,062.00</b>

Fuente: Elaboración propia. Con información obtenida del Acuerdo Gubernativo 359-2012.

**5.8. Insumos para la operación de la planta de tratamiento**

Los insumos necesarios para la operación y funcionamiento de la planta de tratamiento se detallan en el siguiente cuadro:

**Cuadro 9, Costos anuales de insumos para la operación y mantenimiento**

**(Cifras en quetzales)**

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo mensual</b>	<b>Total anual</b>
Agua potable	12 meses	50.00	600.00
Cloro	12 toneles	650.00	7,800.00
Energía eléctrica	12 meses	700.00	8,400.00
<b>Total</b>			<b>16,800.00</b>

Fuente: Elaboración propia. Con información obtenida en el Colegio de Ingenieros de Guatemala.

### 5.9. Herramientas para la operación de la planta de tratamiento

Se describe una lista anual de herramientas para los trabajos de los procesos de tratamiento de las aguas residuales del Sector Sur. Véase cuadro 10.

**Cuadro 10, Costos de herramientas**

**(Cifras en quetzales)**

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo mensual</b>	<b>Total anual</b>
Azadones	12	75.00	900.00
Palas	12	50.00	600.00
Escobas	6	20.00	120.00
Rastrillos	6	75.00	450.00
Carretas	2	800.00	1,600.00
<b>Total</b>			<b>3,670.00</b>

Fuente: Elaboración propia. En base al Manual de planta de tratamiento, Mariano Seoáñez Calvo.

## 6. ESTUDIO LEGAL Y ADMINISTRATIVO

El ordenamiento jurídico guatemalteco fijado por la constitución política de la república, y los reglamentos municipales, determina diversas condiciones que permiten la ejecución de los proyectos relacionados con el medio ambiente y para la calidad de vida de la población de la población del Sector Sur del municipio de Chimaltenango.

### 6.1. Marco legal

A continuación, se presenta en los siguientes cuadros; los aspectos más relevantes del marco legal relacionados con el manejo y la descarga de las aguas residuales a los riachuelos, ríos o mares. Para este caso la descarga a la Quebrada del Rastro.

**Cuadro 11, Acuerdo 236-2006. Descargas de aguas residuales**

<b>Objeto</b>	La ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente, tiene por objeto velar por el equilibrio ecológico y la calidad del medio ambiente para mejorar la calidad de vida de los habitantes del país.
<b>Artículo 5</b>	<b>Estudio técnico.</b> La persona individual o jurídica, pública o privada, responsable de generar o administrar aguas residuales de tipo especial, ordinario o mezcla de ambas, que vierten éstas o no a un cuerpo receptor o al alcantarillado público tendrán la obligación de preparar un estudio avalado por técnicos en la materia a efecto de caracterizar efluente, descargas, aguas para reuso y lodos.
<b>Artículo 20</b>	Límites máximos permisibles de descargas de aguas residuales a cuerpos receptores. (Ver anexos 13.1.1)

Elaboración propia. Fuente Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.

**Cuadro 12, Acuerdo 66-2005. Descargas de Aguas Residuales y la disponibilidad de lodos**

<b>Objeto</b>	Regular las descargas directas de aguas residuales a cuerpos receptores de agua, sean estos superficiales, subterráneos o alcantarillados sanitarios, estableciendo para efecto los límites máximos, previo a ser vertidas, así regular el reúso de las aguas residuales tratadas.
<b>Artículo 22</b>	<b>Disponibilidad de lodos</b> Los lodos resultantes de los diversos procesos de tratamiento y manejo de aguas residuales deberán ser manejados sanitariamente, tratados para su estabilización y dispuestos en sitios autorizados para el efecto por las municipalidades de la jurisdicción territorial que corresponda, previo dictamen de los Ministerios de Ambiente y Recursos Naturales y de Salud Pública y Asistencia Social.

Fuente. Elaboración propia. Con información obtenida por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales MARN y Salud pública.

**Cuadro 13, Decreto 68-86 Ley de protección del medio ambiente**

<b>Artículo 1</b>	<b>Principios fundamentales:</b> El Estado, las Municipalidades y los habitantes del territorio nacional, propiciarán el desarrollo social, económico, científico y tecnológico que prevenga la contaminación del medio ambiente y mantenga el equilibrio ecológico. Por lo tanto, la utilización y el aprovechamiento de la fauna, de la flora, suelo, subsuelo y el agua, deberán realizarse racionalmente.
<b>Artículo 3</b>	El Estado destinará los recursos técnicos y financieros para el funcionamiento de la Comisión Nacional del Medio Ambiente.

Elaboración propia. Fuente de la Constitución Política de la República de Guatemala.

**Cuadro 14, Decreto 90-97 Código de salud, Salud y ambiente**

<b>Artículo 68</b>	<b>Ambientes Saludables.</b> El Ministerio de Salud, en colaboración con la Comisión Nacional del Medio Ambiente, las Municipalidades y la comunidad organizada, promoverán un ambiente saludable que favorezca el desarrollo pleno de los individuos, familias y comunidades.
<b>Artículo 96</b>	<b>Construcción de Obras de tratamiento.</b> Es responsabilidad de las Municipalidades o de los usuarios de las cuencas o sub-cuencas afectadas, <u>la construcción de obras para el tratamiento de las aguas negras y servidas</u> para evitar la contaminación de otras fuentes de aguas, ríos, lagos, nacimientos de agua. El Ministerio de Salud deberá brindar asistencia técnica en aspectos vinculados a la construcción, funcionamiento y mantenimiento de las mismas.
<b>Artículo 97</b>	<b>Descarga de aguas residuales.</b> Queda prohibida la descarga de contaminantes de origen industrial, agroindustrial y el uso de aguas residuales que no hayan sido tratadas sin previo dictamen favorable del Ministerio de Salud. Se prohíbe, asimismo. La descarga de aguas residuales no tratadas en ríos, lagos, riachuelos y lagunas o cuerpos de agua ya sean estos superficiales o subterráneos.

Elaboración propia. Fuente Código de Salud (1997), Congreso de la República de Guatemala.

**Cuadro 15, Decreto 74-96, Medio ambiente y equilibrio ecológico.**

<b>Artículo 97</b>	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. Evitando su depredación.
--------------------	---

Elaboración propia. Fuente de la Constitución Política de la República de Guatemala.

**Cuadro 16, Decreto 52-87. Funciones del consejo municipal**

<b>Artículo 11</b>	<b>Coordinación Municipal.</b> Cada Consejo de Desarrollo Municipal, dentro de la jurisdicción que le corresponde, convocará a los presidentes de los comités ejecutivos de los Consejos Locales de Desarrollo cada tres (3) meses, con el objeto de deliberar sobre los problemas del municipio y analizar sus posibles soluciones.
<b>Artículo 13</b>	<b>A)</b> Promover el desarrollo económico, social <b>B)</b> Promover la participación efectiva de la población en la identidad y solución de problemas. <b>D)</b> Promover la participación efectiva de la población en la identificación y solución de problemas. <b>E)</b> Gestionar los recursos económicos y financieros que requieren para programas y proyectos de su localidad.

Elaboración propia. Con información obtenida en La Ley de los Consejos de Desarrollo Urbano y Rural.

**Cuadro 17, Decreto 12-2002 del Código Municipal, Presupuesto Municipal**

<b>Artículo 70</b>	<b>Competencias delegadas al municipio:</b> el municipio ejercerá competencias por delegación en los términos establecidos por la ley y convenios, en atención a la actividad pública de que se trate y a la capacidad de gestión del Gobierno Municipal. Específicamente los incisos d) Promoción y gestión ambiental de los recursos naturales del municipio y f) Ejecutar programas y proyectos de salud preventiva.
<b>Artículo 130</b>	Objetivo de las inversiones: Las inversiones se harán preferentemente en la creación, mantenimiento y mejora de los servicios públicos municipales y en la realización de obras sanitarias y de urbanización.

Elaboración propia. Fuente Constitución política de la República de Guatemala. Código Municipal.

## 6.2. Marco administrativos

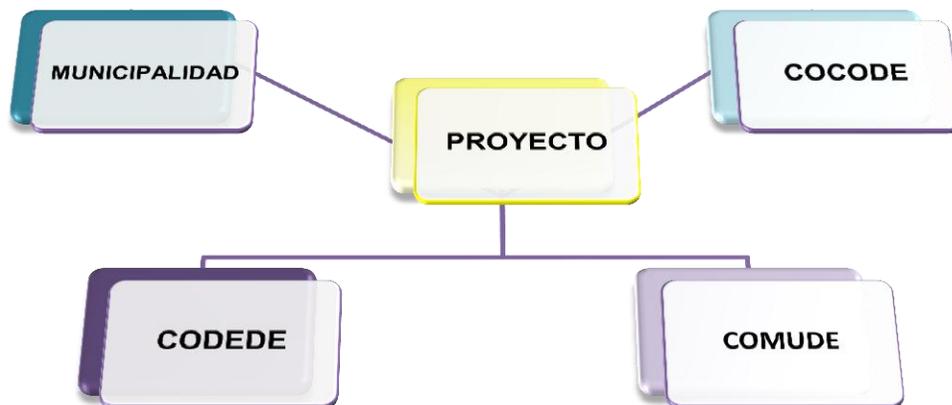
Para garantizar, la calidad de las aguas residuales del Sector Sur del municipio de Chimaltenango, se debe cumplir con algunos requisitos entre entidades responsables de la ejecución, administración y control de los proyectos o programas del medio ambiente, los reglamentos y las normas.

## 6.3. Entidades responsables

Entre las entidades públicas, relacionadas con la colaboración económica y técnica del presente proyecto, se encuentran: la Municipalidad de Chimaltenango y el Consejo de Desarrollo Departamental de Chimaltenango (CODEDE). Otras organizaciones como el Consejo Comunitario de Desarrollo (COCODE) del Sector Sur y el Consejo Municipal de Desarrollo (COMUDE) tienen participación en gestiones administrativas para el desarrollo del proyectos planta de tratamiento de las aguas residuales.

En la siguiente figura se aprecia la relación entre las entidades responsables de la ejecución y operación del proyecto de las aguas residuales.

**Figura 29, Entidades responsables**



Fuente: Elaboración propia. Dato obtenido de la Gobernación Departamental de Chimaltenango

### 6.3.1. Municipalidad de Chimaltenango

La municipalidad de Chimaltenango, es la entidad responsable del proceso de gestión y ejecución y operación del proyecto: construcción de la planta de tratamiento de las aguas residuales del Sector Sur. Por medio del Departamento Municipal de Planificación (DMP), y coordinar con el Sub-departamento de Mantenimiento el correcto funcionamiento.

Así mismo, es necesario identificar las funciones de cada uno de los puestos del personal responsable de la operación de la planta de tratamiento. Dichas funciones se desarrolla en los siguientes cuadros.

**Cuadro 18, Funciones del encargado de la planta de tratamiento**

Naturaleza Del Puesto	Funciones	Jefe
Técnico en tratamiento de residuos líquidos	Planificar los trabajos de operación de la planta de tratamiento de las aguas residuales. Garantizar el funcionamiento continuo de la planta por medio de los diferentes procesos de tratamiento. Rendir informe mensual del caudal de aguas tratadas y reportes de insumos necesarios para la operación de la planta. Coordinar el traslado de los lodos a los sitios autorizados. Supervisar y dirigir a los operadores y al personal de seguridad o vigilancia.	Corporación Municipal o Alcalde Municipal

Fuente: Elaboración propia. Con información proporcionada por el Departamento de Recursos Humanos, Municipalidad de Chimaltenango.

**Cuadro 19, Funciones del operador de la planta de tratamiento**

Naturaleza del puesto	Funciones	Jefe
Técnico en operación de planta de tratamiento de aguas residuales.	Ejecutar trabajos referentes a los procesos de tratamiento de las aguas residuales. (limpiar las rejillas, quitar las grasas, sacar los lodos, entre otros)	Encargado de la planta de tratamiento.

Fuente: Elaboración propia. Con información proporcionada por el Departamento de Recursos Humanos, Municipalidad de Chimaltenango.

**Cuadro 20, Funciones de vigilante de seguridad de la planta de tratamiento**

Naturaleza del puesto	Funciones	Jefe
Personal con experiencia en seguridad.	Control y vigilancia respecto al ingreso de los visitantes y sobre los activos de la planta de tratamiento. Recorrido programado en las instalaciones de la planta de tratamiento durante las 24 horas de servicio.	Encargado de la planta de tratamiento.

Fuente: Elaboración propia. Con información proporcionada por el Departamento de Recursos Humanos, Municipalidad de Chimaltenango.

#### 6.4. Fuente de financiamiento

Para promover la ejecución y operación de la planta de tratamiento de aguas residuales del Sector Sur, es necesario que la Municipalidad de Chimaltenango disponga de recurso financiero. Con los recursos propios, como la recaudación municipal de servicios varios<sup>43</sup>: la cuota fija mensual de Q25.00 por abastecimiento de agua potable, y Q2.00 por el servicio de drenaje sanitario, el pago de derecho de construcción y el pago de boleto de ornato, no son suficientes para ejecutar este tipo de proyecto.

<sup>43</sup> Departamento de Tesorería Municipal de Chimaltenango.

Desde el año 2,002 la Municipalidad Chimaltenango cuenta con la recaudación fiscal del impuesto único sobre inmuebles (IUSI)<sup>44</sup> que está relacionado legalmente con la construcción de estos proyectos. Véase cuadro 21.

### Cuadro 21, Decreto 15-98 Ley del impuesto unico sobre inmuebles

<b>Capítulo I. Artículo 2.</b>	<b>Ley del impuesto único sobre el inmueble</b> El producto recaudado por la administración tributaria de los contribuyentes afectos al dos (2) por millar, se trasladará a las municipalidades, ingresándolos como fondos propios; el producto recaudado de los contribuyentes afectos al seis (6) o nueve (9) por millar, se distribuirá veinticinco por ciento (25%) para el Estado y el setenta y cinco por ciento (75%), para las municipalidades, en cuya jurisdicción territorial esté ubicado cada inmueble, como fondos privados. únicamente podrán destinarse por las municipalidades como mínimo un setenta por ciento (70%) para inversiones en servicios básicos y obras de infraestructura de interés y uso colectivo; y el treinta por ciento (30%) para gastos administrativos.
------------------------------------	---

Fuente. <http://portalgl.minfin.gob.gt>

Otras fuentes importantes de financiamiento que la Municipalidad de Chimaltenango dispone son los asignados por el gobierno central, a través de los siguientes aportes mensuales. En el cuadro 22 se presenta uno de los aportes mensuales del año 2,013.

### Cuadro 22, Fuente de Financiamiento Institucional

Municipio	10% Constitucional	IVA-Paz	Vehículos	Petróleo
Chimaltenango	Q3,910,306.76	Q4,036,950.80	Q786,548.71	Q101,860.80

Fuentes. Ministerio de Finanzas Públicas.

<sup>44</sup> Departamento de Catastro de la Municipalidad de Chimaltenango.

Sobre los datos presentados en el cuadro anterior indica que El Ministerio de Finanzas Publicas, distribuye directamente a las Municipalidades, el 10% del aporte constitucional, impuesto del IVA, la recaudación sobre vehículos y el impuesto del petróleo y sus derivados. Según decreto reformado 22-2010 de la Constitución Política de la República de Guatemala.

### 6.5. Gestión inicial del proyecto

Para promover la ejecución del proyecto, es necesario realizar gestiones como la autorización del estudio técnico<sup>45</sup>, (Ver anexo 13.1.2) ante el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN) y establecer mecanismos de evaluación, control y seguimiento del sistema de tratamiento de las aguas residuales del Sector Sur. Para llevar a cabo dicha actividad se estiman los siguientes rubros. Ver cuadro 23.

**Cuadro 23, Costos de gestión inicial del proyecto**

(Cifras en Quetzales)

Descripción	Cantidad	Costo unitario	Total
Tramites de estudio técnico	1	10,000.00	10,000.00
Diseño del estudio técnico	1	50,000.00	50,000.00
<b>Total</b>			<b>60,000.00</b>

Fuente: Elaboración propia.

### 6.6. Mobiliario y equipo

A continuación se detalla el mobiliario y equipo necesarios para el funcionamiento de la planta de tratamiento. Con los costos aproximados. (Ver cuadro 24).

<sup>45</sup> Acuerdo gubernativo 236-2006. Capitulo III. Estudio técnico. Artículo 5.

**Cuadro 24, Costos de mobiliario y equipo****(Cifras en quetzales)**

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio unitario</b>	<b>Total anual</b>
Escritorio + 2 sillas	Global	1,200.00	1,200.00
Computadora + impresora	Global	4,000.00	4,000.00
<b>Total</b>			<b>5,200.00</b>

Fuente: Elaboración propia. Con información obtenida con el personal del Departamento Municipal de Planificación de la Municipalidad de Chimaltenango.

## **7. ESTUDIO AMBIENTAL**

La planta de tratamiento de las aguas residuales, se considera como una medida de mitigación del impacto ambiental que se genera en el Sector Sur del municipio de Chimaltenango, por la descarga de aguas no tratadas a la Quebrada del Rastro. Sin embargo, es un proyecto que generará sus propios impactos en las fases de construcción, operación y de cierre. Dichos impactos son identificados por medio de la matriz de Leopold<sup>46</sup>.

### **7.1. Identificación de las fuentes generadoras de impactos**

Las aguas residuales que se descarga a la quebrada del Rastro generan un olor peculiar debido a la carga de materia orgánica, identificándola con un color turbio provocando un alto grado de contaminación.

Sin embargo, para establecer esa problemática es necesario, implementar una obra civil con un sistema de tratamiento para las aguas residuales. Dicha obra generará impactos positivos y negativos, los cuales deben dimensionarse para poder establecer las medidas de mitigación correspondiente.

Los impactos a evaluar y mitigar son los generados en la fase de construcción, operación y cierre, para su respectivo análisis se utilizó la matriz de Leopold, que es determinada por medio una ecuación, obteniendo como resultado una puntuación que servirá para definir en qué escala se ubicará. Para ello se aplicó el siguiente análisis: menor a -25 es un impacto negativo, de nivel bajo, mayor a -25 es un impacto negativo, de nivel alto, menor a +25 es un impacto positivo, de nivel bajo y de mayor a +25 es un impacto positivo, de nivel alto. Ver anexo 3.

---

<sup>46</sup>La matriz de Leopold es un método cuantitativo de evaluación de impacto ambiental. Se utiliza para identificar el impacto inicial de un proyecto en un entorno natural.

## 7.2. Impactos de construcción

En la evaluación de la fase de construcción se identificaron los siguientes impactos negativos y positivos.

**Caudro 25, Impactos de construcción**

Impacto en los diferentes medios	Actividades	
	Acondicionamiento de camino	Construcción de Planta de tratamiento
<b>Impactos sobre el medio abiótico</b>		
<b>Impactos sobre el aire</b>		
Generación de desechos móviles	-28	
<b>Impactos sobre el suelo</b>		
Contaminación del suelo		-19
<b>Impactos sobre el relieve</b>		
Belleza escénica		-22
<b>Impactos sobre el medio biótico</b>		
<b>Impacto en el paisaje terrestre</b>		
Fragmentación del paisaje natural		-19
<b>Impactos sobre la flora</b>		
Destrucción de la flora natural		-34
<b>Impactos sobre la fauna</b>		
<b>Impactos sobre el medio socio-económico</b>		
<b>Impactos sociales</b>		
Generación de empleos	24	32
<b>Infraestructura social</b>		
Daños a la infraestructura vehicular	-16	

Fuente: Elaboración propia, con base de datos de la matriz de Leopold. Ver anexo 3

## 7.3. Impactos de operación

Es la fase medular de la evaluación de impactos positivos y negativos, de los cuales son identificados por medio de la matriz de Leopold, en el siguiente cuadro.

Cuadro 26, Impactos de operación

Impactos en los diferentes medios	Actividades				
	Proceso de tratamiento de las aguas residuales	Extracción de basura de la PTAR	Extracción y secado de lodos	Desfogue de las aguas tratadas	Carga y transportación de desechos sólidos
<b>Impactos sobre el medio abiótico</b>					
<b>Impactos sobre el aire</b>					
Generación de partículas o desechos móviles	-25	-22	-36	33	-15
<b>Impactos sobre el suelo</b>					
Contaminación del suelo			-19		
<b>Impactos sobre el medio biótico</b>					
<b>Impacto en el paisaje terrestre</b>					
Fragmentación del paisaje natural		-22			-19
<b>Impactos sobre la flora</b>					
Destrucción de la flora natural		-25			-19
<b>Impactos sobre el medio socio-económico</b>					
<b>Impactos sociales</b>					
Generación de empleos	26	28	27		24
<b>Infraestructura social</b>					
Daños a la infraestructura vehicular					-15

Fuente: Elaboración propia, con base de datos de la Matriz de Leopold. Ver anexo 3.

#### 7.4. Impactos de cierre

El cierre de la planta de tratamiento de aguas residuales del Sector Sur, generara los siguientes impactos negativos. Ver cuadro 27.

**Cuadro 27, impactos de cierre**

Impacto en los diferentes medios	Actividades		
	Desfogue de aguas no tratadas	Limpieza y habilitación de tierras	Creación de empleo
<b>Impactos sobre el medio abiótico</b>			
<b>Impactos sobre el suelo</b>			
Contaminación del suelo	-23		
<b>Impactos sobre el relieve</b>			
Belleza escénica	-28		
<b>Impactos sobre el medio biótico</b>			
<b>Impactos sobre la flora</b>			
Destrucción de la flora natural		-12	
<b>Impactos sobre el medio socio-económico</b>			
<b>Impactos sociales</b>			
Aumento de enfermedades	-57		
Generación de empleos	-40		
<b>Infraestructura social</b>			
Centro recreativo			23

Fuente: Elaboración propia, con base de datos de la Matriz de Leopold, ver anexo 3.

### 7.5. Análisis de medidas de mitigación

En base al análisis de impactos realizado en las tres fases del proyecto de las aguas tratadas del Sector Sur del municipio de Chimaltenango, se presenta algunas medidas de mitigación para los impactos negativos (Cuadro 28). De la misma manera se contempla un costo aproximado de mitigación de impactos negativos. Ver cuadro 28.

**Cuadro 28, Medidas de mitigación<sup>47</sup>**

Impacto	Actividad	Mitigación
<b>Fase de construcción</b>		
Generación de partículas móviles	Acondicionamiento de camino	<u>Aspersión de agua con camión cisterna.</u>
Nuevas viviendas		Impacto positivo
<b>Fase de operación</b>		
Generación de desechos	Extracción y secado de lodos	<u>Traslado de lodos con camión al sitio autorizado</u>
Contaminación atmosférica	Desfogue de las aguas tratadas	Impacto positivo a aproximado a un 90%
Generación de empleos	Proceso de tratamiento de las aguas residuales	Impacto positivo
<b>Fase de cierre</b>		
Alteración de las aguas superficiales	Desfogue de aguas residuales no tratadas	Replantar un sistema de tratamiento
Reforestar	Eliminar planta de tratamiento de aguas residuales	Siembra de pino, ciprés u otros
Incremento de enfermedades infecciosas	Desfogue de aguas residuales no tratadas	Replantar un sistema de tratamiento
Generación de empleos	Cierre de empleos	Replantar un sistema de tratamiento

Fuente: Elaboración propia, con base de datos de la Matriz de Leopold, ver anexo 3.

<sup>47</sup> La matriz de Leopold es un método cuantitativo de evaluación de impacto ambiental. Se utiliza para identificar el impacto inicial de un proyecto en un entorno natural.

Respecto a los impactos negativos identificados en el cuadro anterior, de la fase de construcción y operación, de la cuales se describe las medidas de mitigación para cada uno y el costo aproximado.

**Aspersión de agua con camión cisterna:** Para mitigar los impactos negativos identificados para la fase de construcción (12 meses) como: la generación de partículas móviles, se contratará un camión cisterna con pipa dando un servicio de riego una vez por semana, a un costo de Q 1,500.00, por viaje.

**Traslado de lodos:** para el traslado de los lodos a los lugares autorizados por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, se contempla el servicio de flete de camión con un aproximado de un viaje al mes y un costo estimado de Q2,000.00, durante los 20 años de beneficio del proyecto

A continuación se presenta el costo total de los servicios de transporte para mitigar ambos impactos:

### Cuadro 29, Costos de mitigación de impactos

(Cifras en quetzales)

Descripción	Cantidad	Costo mensual	Total anual
Fletes de camión cisterna (fase de construcción)	12	1,500.00	18,000.00
Fletes por traslado de lodos (fase de operación)	12	2000.00	24,000.00
<b>Total</b>			<b>42,000.00</b>

Fuente: Elaboración propia. Con información obtenida en el Colegio de Ingenieros de Guatemala.

## 8. ESTUDIO ECONÓMICO Y FINANCIERO

El objetivo de este estudio, es analizar los costos y beneficios de la planta de tratamiento de aguas residuales del Sector Sur del municipio de Chimaltenango. A pesar de que su implementación es una obligación del Gobierno local, la información que acá se genera servirá para guiar la toma de decisiones.

Adicionalmente, se analizan otros escenarios que suponen la necesidad de que los vecinos se organicen y puedan ellos, a través de una tarifa mensual, cubrir los costos de inversión inicial o el costo total del proyecto. Este ejercicio calcula una tarifa que permitirá dar la sostenibilidad financiera en cada escenario.

### 8.1. Análisis financiero

El propósito es sistematizar la integración de los ingresos y egresos con otros elementos financieros alrededor del proyecto, para determinar si es una inversión financiera atractiva.

#### 8.1.1. Inversión inicial

En la inversión inicial del proyecto tratamiento de aguas residuales del sector Sur, se consideraron los siguientes rubros que se detallan en el siguiente cuadro.

**Cuadro 30, Costos de inversión inicial**

(Cifras en Q)

Paginas	Cuadros	Descripción	Total
Pag. 73	Cuadro 23	Gestión inicial del proyecto	60,000.00
Pag. 47	Cuadro 6	Trabajos preliminares	250,000.00
Pag. 50	Cuadro 7	Obra física	4,850,680.00
Pag. 74	Cuadro 24	Mobiliario y equipo	5,200.00
Pag. 80	Cuadro 29	Fletes de camión cisterna (Mitigación de la fase de construcción)	18,000.00
<b>Total</b>			<b>5,183,880.00</b>

Fuente: Elaboración propia. En base a resultados obtenidos en los estudios anteriores.

### 8.1.2. Costos de operación y mantenimiento

Esta sección integra los costos de insumos, de operación y el cálculo de prestaciones de ley, conforme Acuerdo Gubernativo 259-2012.

#### Cuadro 31, Costos de operación y mantenimiento

(Cifras en Q)

Paginas	Cuadros e incisos	Descripción	Total
Pag. 63	Cuadro 8	Salario y prestaciones	185,062.00
Pag. 63	Cuadro 9	Insumos	16,800.00
Pag. 64	Cuadro 10	Herramientas	3,670.00
Pag. 62	Inciso 5.7	Personal operativo	6,000.00
Pag. 80	Cuadro 29	Fletes de traslado de lodos (Mitigación de la fase de operación)	24,000.00
<b>Total</b>			<b>235,532.00</b>

Fuente. Elaboración propia. En base a resultados obtenidos en los estudios anteriores.

### 8.2. Supuestos financieros

Para realizar estos análisis financieros se han utilizado algunos supuestos elementales a fin de entender mejor los resultados.

#### 8.2.1. Tasa social de descuento

La tasa social de descuento general para proyectos de interés social es del 9%<sup>48</sup>, calculada sobre la base de precios reales o constantes.

La ejecución y operación de la planta de tratamiento de las aguas residuales del Sector Sur del municipio de Chimaltenango es un proyecto de tipo social a precio constante. Por lo tanto utiliza una tasa de descuento general del 9% referida, para transformar a valor actual los flujos de beneficios y costos.

<sup>48</sup> Según SEGEPLAN “La tasa social de descuento (TSD) representa el costo en que incurre la sociedad cuando el sector público extrae recursos de la economía para financiar sus proyectos”

### **8.2.2. Costo de Capital**

El presente proyecto será evaluado bajo un plan de financiamiento con fondos propios (sin recurrir a un préstamo bancario). Por lo tanto, el costo de capital es Cero.

### **8.2.3. Periodo de análisis**

El periodo de beneficio del presente proyecto será diseñado en base a la “Guía de normas para la Disposición Final de Excretas y Aguas Residuales en Guatemala SEGEPLAN” a (20 años), a partir del año 2013 al 2033.

### **8.2.4. Depreciación**

Para este proyecto no aplica el cálculo de depreciación, dicho proyecto será de carácter gubernamental, que generará beneficios económicos y sociales a la población afectada y demás comunidades vecinas.

## **8.3. Análisis de escenarios financieros**

En este apartado se analizan diversos escenarios de inversión y operación del proyecto. Considera el escenario más probable dando la responsabilidad directa y total a la Municipalidad de Chimaltenango, y analiza también escenarios donde hay responsabilidad compartida con los vecinos organizados del Sector Sur de Chimaltenango.

### **8.3.1. Escenario con subsidio total por parte de la Municipalidad de Chimaltenango**

Es el escenario más probable de este proyecto, en el cual el Gobierno Local es el responsable de cubrir los costos de inversión inicial Q5,183,880.00 y el costo total de operación y mantenimiento de Q235,532.00

Bajo este supuesto, no hay una tarifa definida, pues existe la cultura de no pago para este tipo de servicios y el nivel de pobreza de la población del municipio es alto. Esto significa que el vecino no participa financieramente en el proyecto. Sin tarifa mensual y no aportara cuota por conexión de servicio.

El total de familias beneficiadas es de 7,148, con un promedio de 5 personas por familia<sup>49</sup>, en relación al crecimiento población del Sector Sur del municipio de Chimaltenango.

El resultado del cálculo del VPN de este escenario es de Q(7,333,945.00) y con una TIR sin valor, que se presenta en el siguiente cuadro.

---

<sup>49</sup> XI Censo nacional de población y VI de habitación (Guatemala)

**Cuadro 32 Escenario con subsidio total de la Municipalidad**  
**(Cifras en Quetzales)**

Datos																					
Total de familias beneficiadas al año 2033	7,148	Tarifa mensual Q -      Tarifa Annual = Q -      Cuota unica por conexion = Q -      Tasa de Descuento = 0.09																			
		Periodo de evaluacion																			
ITEM	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
<b>DATOS DE USUARIOS</b>																					
Registro de familias ( * )	-	3,195	3,333	3,477	3,628	3,785	3,949	4,120	4,298	4,484	4,678	4,881	5,092	5,313	5,543	5,783	6,033	6,295	6,567	6,851	7,148
<b>COSTOS DE INVERSION</b>																					
Total de inversion inicial	7,853,200																				
<b>COSTOS DE OPERACION</b>																					
Costos de Operación	-	235,532	235,532	235,532	235,532	235,532	235,532	235,532	235,532	235,532	235,532	235,532	235,532	235,532	235,532	235,532	235,532	235,532	235,532	235,532	235,532
<b>Total Egresos</b>	7,853,200	235,532	235,532	235,532	235,532	235,532	235,532	235,532	235,532	235,532	235,532	235,532	235,532	235,532	235,532	235,532	235,532	235,532	235,532	235,532	235,532
Egresos Actualizados		235,532	235,532	235,532	235,532	235,532	235,532	235,532	235,532	235,532	235,532	235,532	235,532	235,532	235,532	235,532	235,532	235,532	235,532	235,532	235,532
<b>INGRESOS</b>																					
Subsidio	-																				
Ingresos por Derecho de conexión	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ingreso por cuota anual	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Total de ingresos</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Saldo Final</b>	(7,853,200)	(235,532)	(235,532)	(235,532)	(235,532)	(235,532)	(235,532)	(235,532)	(235,532)	(235,532)	(235,532)	(235,532)	(235,532)	(235,532)	(235,532)	(235,532)	(235,532)	(235,532)	(235,532)	(235,532)	(235,532)
NPV	(10,003,265)																				
TIR	#NUM!																				

Fuente: Elaboración propia. En base a resultados obtenidos en los estudios anteriores.

(\*) El registro por familias, es en relación al crecimiento anual de la población del Sector Sur, durante los años de servicio de la planta de tratamiento, desde el año 1 hasta el año 20.

### **8.3.2. Escenario con subsidio municipal parcial que cubre la inversión inicial**

En este escenario se evalúa el proyecto considerando un aporte de la Municipalidad de Chimaltenango para cubrir UNICAMENTE LA INVERSION INICIAL por un monto de Q5,183,880.00. Por lo tanto, la comunidad deberá aportar una cuota única de Q100 por familia como derecho de conexión. Además, cada familia pagará una cuota fija mensual Q3.56, que cubrirán el costo total de Q235,532.00 anual de operación y mantenimiento de la planta de tratamiento. Ver cuadro 33.

Bajo dichas tarifas, se alcanza una TIR igual a la tasa social de descuento (9%) SEGEPLAN y un Valor Actual Neto igual a 0. Para una mejor apreciación sobre el cálculo, ver el siguiente cuadro. En cuanto al equilibrio de la tarifa mensual observar figura 30.

### Cuadro 33 Escenario con subsidio municipal parcial en la inversion inicial

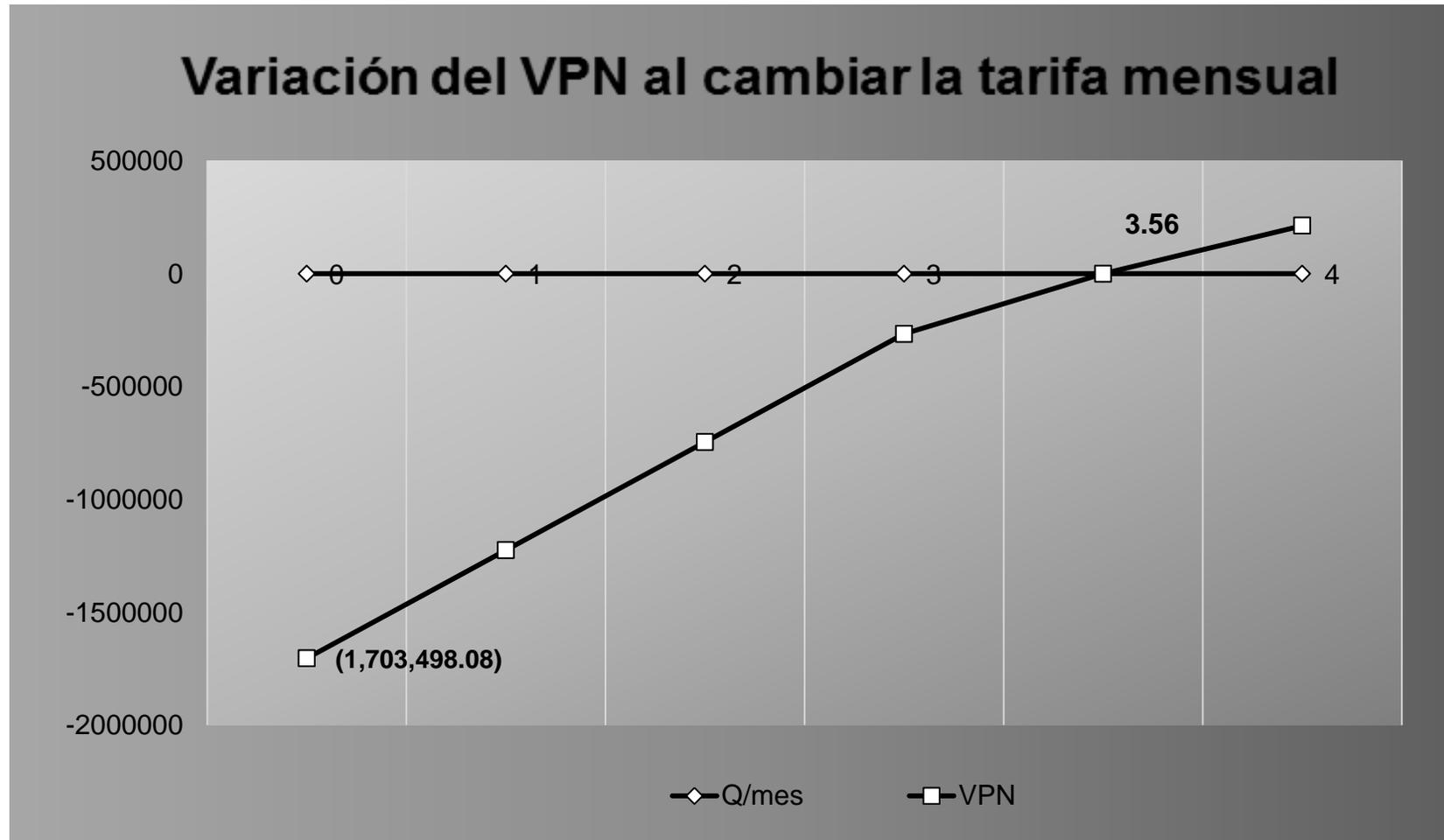
(Cifras en Quetzales)

Datos																					
Total de familias beneficiadas al año 2033	7,148	Tarifa mensual =			3.56	Tarifa Annual =			42.68	Cuota unica por conexión			100.00								
Periodo de evaluacion																					
Tasa de Descuento	9%																				
ITEM	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
<b>DATOS DE USUARIOS</b>																					
Registro por familias (*)	-	3,195	3,333	3,477	3,628	3,785	3,949	4,120	4,298	4,484	4,678	4,881	5,092	5,313	5,543	5,783	6,033	6,295	6,567	6,851	7,148
<b>COSTOS DE INVERSION</b>																					
Total de inversion inicial	7,853,200																				
<b>COSTOS DE OPERACION</b>																					
Costos de Operación	-	235,532	235,532	235,532	235,532	235,532	235,532	235,532	235,532	235,532	235,532	235,532	235,532	235,532	235,532	235,532	235,532	235,532	235,532	235,532	235,532
<b>Total Egresos</b>	<b>7,853,200</b>	<b>235,532</b>	<b>235,532</b>	<b>235,532</b>	<b>235,532</b>	<b>235,532</b>	<b>235,532</b>	<b>235,532</b>	<b>235,532</b>	<b>235,532</b>	<b>235,532</b>	<b>235,532</b>	<b>235,532</b>	<b>235,532</b>	<b>235,532</b>	<b>235,532</b>	<b>235,532</b>	<b>235,532</b>	<b>235,532</b>	<b>235,532</b>	<b>235,532</b>
Egresos Actualizados	-	216,084	198,243	181,874	166,857	153,080	140,440	128,844	118,206	108,445	99,491	91,276	83,740	76,826	70,482	64,662	59,323	54,425	49,931	45,809	42,026
<b>INGRESOS</b>																					
<b>Pago por la poblacion</b>																					
Ingresos por conexión		319,458	13,833	14,432	15,056	15,708	16,388	17,098	17,838	18,611	19,417	20,257	21,135	22,050	23,004	24,001	25,040	26,124	27,255	28,435	29,667
Ingreso por cuota anual	-	136,347	142,251	148,410	154,836	161,541	168,536	175,833	183,447	191,390	199,677	208,323	217,344	226,755	236,573	246,817	257,504	268,654	280,286	292,423	305,085
<b>Total de ingresos</b>	<b>7,853,200</b>	<b>455,805</b>	<b>156,083</b>	<b>162,842</b>	<b>169,893</b>	<b>177,249</b>	<b>184,924</b>	<b>192,931</b>	<b>201,285</b>	<b>210,001</b>	<b>219,094</b>	<b>228,581</b>	<b>238,478</b>	<b>248,804</b>	<b>259,578</b>	<b>270,817</b>	<b>282,544</b>	<b>294,778</b>	<b>307,542</b>	<b>320,858</b>	<b>334,751</b>
<b>Saldo Final</b>	<b>-</b>	<b>220,273</b>	<b>(79,449)</b>	<b>(72,690)</b>	<b>(65,639)</b>	<b>(58,283)</b>	<b>(50,608)</b>	<b>(42,601)</b>	<b>(34,247)</b>	<b>(25,531)</b>	<b>(16,438)</b>	<b>(6,951)</b>	<b>2,946</b>	<b>13,272</b>	<b>24,046</b>	<b>35,285</b>	<b>47,012</b>	<b>59,246</b>	<b>72,010</b>	<b>85,326</b>	<b>99,219</b>
NPV	0																				
TIR	9%																				

Fuente: Elaboración propia. En base a resultados obtenidos en los estudios anteriores.

(\*) El registro por familias, es en relación al crecimiento anual de la población del Sector Sur, durante los años de servicio de la planta de tratamiento, desde el año 1 hasta el año 20.

Figura 30, Escenario con subsidio municipal en la inversion inicial



Fuente: Elaboración propia. En base a resultados obtenidos en los estudios anteriores.

### **8.3.3. Escenario sin ningún subsidio de la Municipalidad**

Bajo este escenario, se descarta toda posibilidad de apoyo por parte de la Municipalidad de Chimaltenango, por lo tanto, no hará aporte económico en la inversión inicial, ni para cubrir los gastos de operación y mantenimiento.

Bajo dicho escenario, cada una de las familias en las comunidades beneficiadas deberá pagar una cuota de conexión de Q100.00 y una cuota mensual Q14.38 por el servicio, que permita recuperar la inversión inicial y cubrir los gastos operativos, durante los años de servicio de la planta.

De la misma manera que el escenario anterior, se evalúa en forma gráfica el comportamiento del VAN dando un valor de Q0.00 y una TIR de 9%. Ver cuadro 34 y figura 31.

### Cuadro 34 Escenario sin subsidio de la Municipalidad

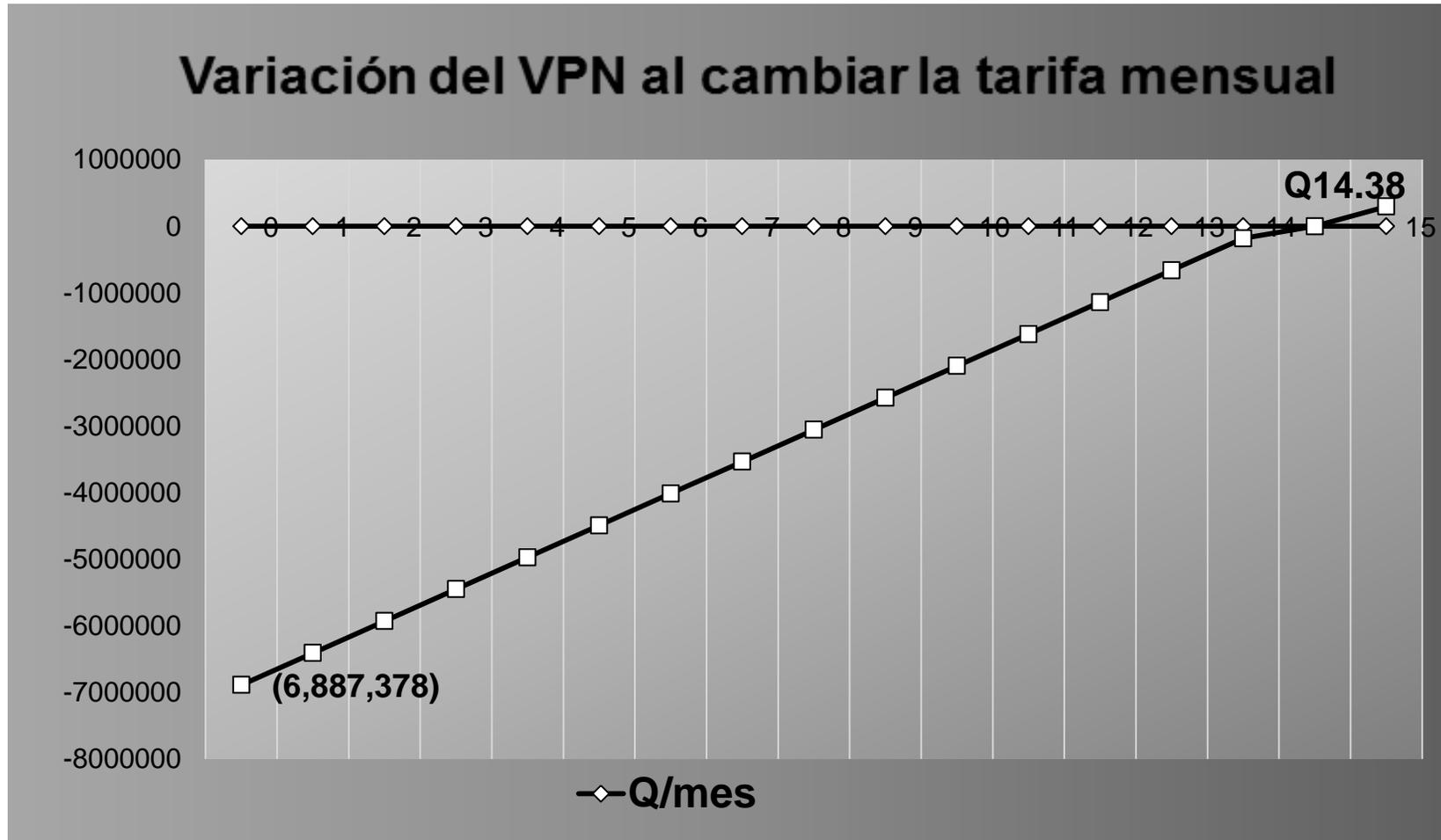
(Cifras en Quetzales)

Total de familias beneficiadas al año 2033	7,148	Tarifa mensual =		14.38	Tarifa Annual =		172.56	Cuota unica por conexion		100.00	Periodo de evaluacion																		
Tasa de Descuento	9%																												
ITEM	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20								
<b>DATOS DE USUARIOS</b>																													
Registro por familias (*)	-	3,195	3,333	3,477	3,628	3,785	3,949	4,120	4,298	4,484	4,678	4,881	5,092	5,313	5,543	5,783	6,033	6,295	6,567	6,851	7,148								
<b>COSTOS DE INVERSION</b>																													
Total de inversion inicial	5,183,880																												
<b>COSTOS DE OPERACIO</b>																													
Costos de Operación	-	235,532	235,532	235,532	235,532	235,532	235,532	235,532	235,532	235,532	235,532	235,532	235,532	235,532	235,532	235,532	235,532	235,532	235,532	235,532	235,532								
<b>Total Egresos</b>	<b>5,183,880</b>	<b>235,532</b>	<b>235,532</b>	<b>235,532</b>	<b>235,532</b>	<b>235,532</b>	<b>235,532</b>	<b>235,532</b>	<b>235,532</b>	<b>235,532</b>	<b>235,532</b>	<b>235,532</b>	<b>235,532</b>	<b>235,532</b>	<b>235,532</b>	<b>235,532</b>	<b>235,532</b>	<b>235,532</b>	<b>235,532</b>	<b>235,532</b>	<b>235,532</b>								
Egresos Actualizados	-	216,084	198,243	181,874	166,857	153,080	140,440	128,844	118,206	108,445	99,491	91,276	83,740	76,826	70,482	64,662	59,323	54,425	49,931	45,809	42,026								
<b>INGRESOS</b>																													
<b>Pago por la poblacion</b>																													
Ingresos por conexión		319,458	13,833	14,432	15,056	15,708	16,388	17,098	17,838	18,611	19,417	20,257	21,135	22,050	23,004	24,001	25,040	26,124	27,255	28,435	29,667								
Ingreso por cuota anual	-	551,262	575,131	600,035	626,016	653,123	681,403	710,908	741,690	773,805	807,311	842,267	878,738	916,787	956,484	997,900	1,041,109	1,086,189	1,133,221	1,182,289	1,233,482								
<b>Total de ingresos</b>	<b>-</b>	<b>870,720</b>	<b>588,964</b>	<b>614,466</b>	<b>641,073</b>	<b>668,831</b>	<b>697,791</b>	<b>728,006</b>	<b>759,528</b>	<b>792,416</b>	<b>826,728</b>	<b>862,525</b>	<b>899,872</b>	<b>938,837</b>	<b>979,488</b>	<b>1,021,900</b>	<b>1,066,148</b>	<b>1,112,313</b>	<b>1,160,476</b>	<b>1,210,724</b>	<b>1,263,149</b>								
<b>Saldo Final</b>	<b>(5,183,880)</b>	<b>635,188</b>	<b>353,432</b>	<b>378,934</b>	<b>405,541</b>	<b>433,299</b>	<b>462,259</b>	<b>492,474</b>	<b>523,996</b>	<b>556,884</b>	<b>591,196</b>	<b>626,993</b>	<b>664,340</b>	<b>703,305</b>	<b>743,956</b>	<b>786,368</b>	<b>830,616</b>	<b>876,781</b>	<b>924,944</b>	<b>975,192</b>	<b>1,027,617</b>								
NPV	0																												
TIR	9%																												

Fuente: Elaboración propia. En base a resultados obtenidos en los estudios anteriores.

(\*) El registro por familias, es en relación al crecimiento anual de la población del Sector Sur, durante los años de servicio de la planta de tratamiento, desde el año 1 hasta el año 20.

Figura 31, Escenario sin subsidio de la Municipalidad de Chimaltenango



Fuente: Elaboración propia. En base a resultados obtenidos en los estudios anteriores.

## **8.4. Análisis económico**

Como resultado del análisis anterior se considera que el proyecto no es de interés financiero para el municipio. Sin embargo, por los beneficios económicos que se perciben en el mismo, vale la pena hacer un análisis que permita evaluar los beneficios que la población del Sector Sur y el municipio de Chimaltenango en general, percibirán con la implementación del proyecto planta de tratamiento de las aguas residuales.

### **8.4.1. Análisis de beneficios**

Este análisis engloba las diversas maneras de expresar la magnitud de beneficios que proporcionara la planta de tratamiento de aguas residuales al Sector Sur y a la población en la parte baja de la Quebrada del Rastro y su vinculación con los costos incurridos para lograrlo.

### **8.4.2. Beneficios ambientales**

Actualmente existe un deterioro ambiental en la Quebrada del Rastro, el cual es ocasionado por el desfogue de las aguas residuales del Sector Sur, sin ningún tratamiento. La incorporación de esta planta de tratamiento tendrá un impacto favorable directo al reducir la contaminación del río y su entorno, son ríos que no reúnen condiciones para la flora y fauna, debido a la calidad del agua fluyendo.

El pre-tratamiento a través de rejillas, estaría reduciendo la carga de los desechos sólidos (basura, madera, trapos, restos de animales entre otros), posteriormente el tratamiento primario reducirá hasta un 60%<sup>50</sup> de los contaminantes como grasas y aceites, para completar a un 90%<sup>51</sup> aproximado con el tratamiento secundario.

---

<sup>50</sup> Departamento de Sanidad. Estado de Nueva York. Aguas Negras. Tratamiento secundario.

<sup>51</sup> Ingeniería ambiental. Tratamiento secundario. James Mihelcic-Julie Beth

Este proceso permite que las aguas residuales resultantes que se vierten al río sean aceptables y no causen tanto daño al ambiente, ni a la población colindante.

Económicamente el país evitará el costo ambiental enorme si se hacen inversiones como ésta para evitar la contaminación de ríos. En este caso es para proteger directamente la Quebrada del Rastro, el río Guacalate y a las poblaciones circundantes.

#### **8.4.2.1 Beneficios en los aspectos agrícolas**

La agricultura es la principal actividad económica del municipio de Chimaltenango, y en especial, en la parte baja de las tierras del Sector Sur. El impacto en la agricultura es muy amplio y difícil de cuantificar por la falta de información en las entidades responsables. Estos beneficios en el tema agrícola<sup>52</sup>, se relacionan con el deterioro de la calidad de los suelos la calidad del agua de riego y la contaminación de las cosechas. Por esa razón, proponer un sistema de tratamiento de las aguas residuales del Sector Sur, permitirá mantener la productividad de los suelos, usar el agua para fines agrícolas, así como también, se reduce la incidencia de plagas y enfermedades en los cultivos.

Además, existe un ingreso adicional para la Municipalidad de Chimaltenango, procedente de la venta de lodos extraídos de la planta de tratamiento, que pueden ser sometidos a tratamientos adicionales, para ser utilizados como fuente de materia orgánica en la recuperación de suelos.

#### **8.4.2.2 Beneficios en la plusvalía**

El municipio de Chimaltenango está autorizado para recaudar IUSI desde Diciembre del 2000, (Decreto 15-98) del Congreso de la República de Guatemala, el cual ha venido operando hasta la fecha. El mejoramiento de las condiciones de infraestructura y servicios en los diversos sectores permiten al municipio aumentar o disminuir su recaudación según la condición de los mismos.

---

<sup>52</sup>El riego en América Latina y el Caribe en Cifras. Informes sobre temas hídricos. Numero 20

Actualmente, el Sector Sur del municipio de Chimaltenango y las poblaciones ubicadas en la parte baja de la cuenca, tienen condiciones infrahumanas en su entorno, esto hace que el lugar tenga una plusvalía depreciable, por la contaminación que genera la Quebrada del Rastro. Según comentarios de los vecinos de dicho sector sobre el costo de las propiedades que están en venta, los compradores o interesados ofrecen un valor muy bajo comparado con el precio del mercado de inmuebles.

Con la implementación de la planta de tratamiento de las aguas, se espera un incremento en el costo de las propiedades, por lo tanto la población del Sector Sur y colonias aguas abajo obtendría un beneficiado económico familiar.

#### **8.4.2.3 Beneficios en la Salud**

Uno de los impactos más relevantes en la evaluación económica, es la salud, tomando como base el estudio realizado “varios países de América Latina y el Caribe, las enfermedades diarreicas agudas figuran entre las 10 causas principales de defunción y son responsables de miles de muertes por año”<sup>53</sup>.

Para el análisis de beneficio físico se considera a la población demandante de 35,740 habitantes en la parte generadora de las aguas residuales, más una incontable población que está siendo afectada por los caudales de aguas contaminadas que son vertidos sobre el río.

En síntesis este proyecto prometerá mejorar la calidad de vida de los habitantes del Sector Sur del Municipio de Chimaltenango y a la población de aguas-abajo.

---

<sup>53</sup> Calidad del agua. Organización Panamericana de la Salud. Las condiciones de salud en las Américas. Washington, D.C. OPS,1994; vol 1:293-94. (Publicación Científica; 549).

## 9. CONCLUSIONES

- En base a la proyección de la población para el año 2,033 para el Sector Sur de Chimaltenango, se estimó que será de 35,740 habitantes, la cual generará un caudal de aguas residuales de alrededor de 5,468m<sup>3</sup>/día, (demanda insatisfecha proyectada), que sumados a un caudal de aguas pluviales estimado para la zona de 1,093.66m<sup>3</sup>/día (durante la temporada de lluvia), harán un caudal total de 6,561,66 m<sup>3</sup>, que necesita tratamiento.
- Técnicamente el diseño propuesto cubre la demanda insatisfecha de 6,561.66 m<sup>3</sup> de agua contaminada y está fundamentada en un sistema de filtro percolador, con capacidad de proceder las tres etapas de tratamiento de aguas residuales.
- Según el resultado del análisis del marco legal, se revisaron acuerdos y decretos relacionados con el tratamiento de las aguas residuales, y se estableció que el manejo de las aguas y el cuidado de los recursos naturales son obligaciones que deben ser atendidas por los gobiernos municipales, para lo cual deberán realizar las inversiones necesarias para mejorar la calidad de vida de la población y proteger los recursos naturales.
- Ambientalmente, el proyecto tiene impactos positivos y negativos. Para los impactos negativos se establecieron algunas medida de mitigación. Sin embargo, se estableció que la planta de tratamiento es una medida de mitigación urgente que debe implementarse para evitar que se continúe el deterioro de la biodiversidad (flora y fauna), la destrucción del agua, suelo y bosque; Lo que redundará en el deterioro del valor de las propiedades en la zona.

- El estudio financiero estableció que el escenario base del proyecto no es financieramente viable, debido a la ausencia de una tarifa por el servicio; lo que obliga al municipio a absorber los costos de inversión inicial y los costos de la operación y mantenimiento del proyecto. Su van es de Q(7,333,945.00).
- Sin embargo, en el caso de que el gobierno local decidiera solo subsidiar el costo de la inversión inicial y pedirle a los vecinos del Sector sur que cubran una tarifa de Operación y Mantenimiento, éste sería de: Q3.56. Pero si el gobierno local, no pudiera cubrir el costo de la inversión inicial, ni el costo de la operación y mantenimiento, ese pago mensual por cada vecino, sería de: Q19.95.
- Económicamente, el proyecto es altamente valioso pues ofrece muchos beneficios al ambiente, a la agricultura y sobre todo en la salud, que se considera un aspecto de suma importancia, quizá la más relevante a la salud.

## 10. RECOMENDACIONES

- Establecer una estrategia de socialización que involucre a la población y a las organizaciones para poder crear programas de recuperación de suelo, de educación ambiental que permitiría mejorar las condiciones de vida.
- Técnicamente, el presente estudio se hizo considerando un solo modulo, pero a nivel de factibilidad debería analizarse la construcción del proyecto en dos módulos, lo cual viene a diferir la inversión y evita tener infraestructura ociosa.
- Elaborar una línea base del proyecto y continuar con la realización de pruebas de laboratorio que servirán como indicadores de la cantidad de materia orgánica existente, lo cual ayudara a determinar las proporciones de cloro a utilizar para la desinfección.
- El gobierno local debe asumir sus obligaciones legales de velar por el manejo responsable de los recursos naturales y por la calidad de vida de la población. Sin embargo, para hacerlo más práctico debe crear un normativo que debe ser exigido a todos los vecinos, para que manejen mejor el agua que consumen y el agua que vierten en el drenaje.
- A nivel ambiental, considerar las medidas de mitigación plateadas y promover acuerdos de Responsabilidad Social Corporativa enfocada en temas ambientales y de mejorar la calidad de vida, pero sin un enfoque paternalista.

## 11. BIBLIOGRAFIA

Castro, G. Orlando. (1991). Análisis financiera, económica y social. San José de Costa Rica. Primera edición.

Ramírez, D. José. (2010). Evaluación financiera de proyectos. Bogotá Colombia. Primera edición.

Córdoba, P. Marcial. (2006). Formulación y evaluación de proyecto. Bogotá DC.

Metcalf & Heddy, (1995). Ingeniería de aguas residuales: tratamiento vertido y reutilización. Madrid. Tercera edición.

Barnes, G. (1967). Tratamiento de aguas tratadas y desechos industriales. México. Primera edición.

Ferrer, J. & Seco, A. (1989). Tratamientos biológicos de aguas residuales. México. Primera edición.

Falcon, C. (1964). Manual de tratamiento de aguas residuales. Sanidad de Nueva York.

Portavella, M. (1995). Tener un medio ambiente, Aguas residuales. Barcelona: ediciones Cíceros.

Valdez, C. (2003). Ingeniería sanitaria, síntesis histórica el manejo de las aguas residuales.

Okum, D. (1868). Remoción de aguas residuales. México

Ramalho, R. (1996). Tratamiento de aguas residuales. Barcelona. Reverté SA.

González, M. (1997). Metodología de la investigación social. Técnicas de recolección de datos Aguas residuales.

Metcalf & Eddy, Inc. (1995). Ingeniería de Aguas residuales. Tratamiento, vertido y reutilización. McGraw-Hill. Tercera edición.

Colegio de ingenieros de Guatemala, departamento de saneamiento ambiental.

[http://sni.mideplan.gob.cl/documentos/Metodologias/me\\_agua\\_potable.pdf](http://sni.mideplan.gob.cl/documentos/Metodologias/me_agua_potable.pdf)

[http://es.wikipedia.org/wiki/Aguas\\_residuales](http://es.wikipedia.org/wiki/Aguas_residuales)

Hernández, S. & Fernández C, Y Baptista, L. 2000. Metodología de la Investigación, México. McGraw Hill,

Consejo municipal, Código municipal decreto 58-88

[www.marn.gob.gt/](http://www.marn.gob.gt/) Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.

Romeo, J. Teoría y principios de diseño tratamiento de aguas Residuales.

Ramalho. R. 1996 Tratamiento de aguas residuales. Editorial Reverte.

<http://www.femica.org/archivos/financiamiento.htm>

<http://www.slideshare.net/obertorobert/proyectos-comunitarios>

<http://desastres.usac.edu.gt/documentos/pdf/spa/doc10206/doc10206-2a.pdf>

<http://www.redpermacultura.org/articulos/28-gestion-del-agua/130-reutilizar-el-agua-de-la-ducha.html>

[www.slideshare.net/carmenoliva/aguas-residuales-](http://www.slideshare.net/carmenoliva/aguas-residuales-)

[http://www.kenbi.eu/kenbipedia\\_3.php?seccion=kenbipedia&capitulo=3](http://www.kenbi.eu/kenbipedia_3.php?seccion=kenbipedia&capitulo=3)

[http://aulavirtual.usal.es/aulavirtual/demos/simulacion/modulos/curso/uni\\_03/u3c2s](http://aulavirtual.usal.es/aulavirtual/demos/simulacion/modulos/curso/uni_03/u3c2s)

[http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lic/vazquez\\_r\\_d/capitulo2.pdf](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lic/vazquez_r_d/capitulo2.pdf)

<http://www.ine.es/revistas/cifraine/0108.pdf>

<http://www.eclac.cl/publicaciones/xml/0/41140/lcw335e.pdf>

<http://www.arqhys.com/construccion/absorcion-pozo.html>

<http://www.metabase.net/docs/inguat/05598.html>

[http://www.cepal.org/celade/migracion/migracion\\_interna/](http://www.cepal.org/celade/migracion/migracion_interna/)

<http://ingenieriacivil.tutorialesaldia.com/determinacion-de-caudales-maximos-con-el-metodo-racional/>

<http://www.lenntech.es/tratamiento-lodos-tecnicas.htm#ixzz3EXBNmdAE>

## 12. ANEXOS

### 12.2. Metodología

#### Medición del caudal de aguas residuales del sector sur del Municipio de Chimaltenango



### 12.3. Estudio técnico

#### Calculos de las medidas de los componentes de la planta de tratamiento

Oficina y bodega	Area =	10.00	*	10.50	.=	105 m <sup>2</sup>	
Canal de entrada	Volumen =	1.60	*	1.60	*	0.60	.= 1.54 m <sup>3</sup>
Desarenador	Volumen =	10.50	*	0.60	*	0.90	.= 5.67 m <sup>3</sup>
Sedimentador	Volumen =	9.30	*	3.1416	*	(0.15) <sup>2</sup> +(5.60) <sup>2</sup> +(0.15*5.60)	
			3				
	Volumen =	9.73896	*	(0.022+31.36+0.84)			
	Volumen =	9.73896	*	32.22	.=	313,79 m <sup>3</sup>	
Filtros	Volumen =	7.20	*	16.20	*	4.00	.= 466.53 m <sup>3</sup>
Digestor	Volumen =	14.00	*	3.1416	.=	(0.50) <sup>2</sup> +(8.29) <sup>2</sup> +(0.50*8.29)	
			3				
		14.66	*	(0.025+68.72+4.15)			
		14.66	*	72.90	.=	1068.71 m <sup>3</sup>	
Patio de secado	Volumen =	21.00	*	16.00	*	0.50	.= 168 m <sup>3</sup>

## 12.4. Administrativo y legal

### 12.4.1. Límites mínimos y máximos permisibles de descarga de aguas residuales

<b>Artículo 20. LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES A CUERPOS RECEPTORES.</b> Los límites máximos permisibles de los parámetros para las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores son:						
			Fecha máxima de cumplimiento			
			Dos de mayo de dos mil once	Dos de mayo de dos mil quince	Dos de mayo de dos mil veinte	Dos de mayo de dos mil veinticuatro
			Etapa			
Parámetros	Dimensionales	Valores iniciales	Uno	Dos	Tres	Cuatro
Temperatura	Grados Celsius	TCR +/- 7	TCR +/- 7	TCR +/- 7	TCR +/- 7	TCR +/- 7
Grasas y aceites	Miligramos por litro	1500	100	50	25	10
Materia flotante	Ausencia/presencia	Presente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
Sólidos suspendidos	Miligramos por litro	3500	600	400	150	100
Nitrógeno total	Miligramos por litro	1400	100	50	25	20
Fósforo total	Miligramos por litro	700	75	30	15	10
Potencial de hidrógeno	Unidades de potencial de hidrógeno	6 a 9	6 a 9	6 a 9	6 a 9	6 a 9
Coliformes fecales	Número más probable en cien mililitros	$< 1 \times 10^5$	$< 1 \times 10^5$	$< 1 \times 10^5$	$< 1 \times 10^4$	$< 1 \times 10^4$
Arsénico	Miligramos por litro	1	0.5	0.1	0.1	0.1
Cadmio	Miligramos por litro	1	0.4	0.1	0.1	0.1
Cianuro total	Miligramos por litro	6	3	1	1	1
Cobre	Miligramos por litro	4	4	3	3	3
Cromo hexavalente	Miligramos por litro	1	0.5	0.1	0.1	0.1
Mercurio	Miligramos por litro	0.1	0.1	0.02	0.02	0.01
Níquel	Miligramos por litro	6	4	2	2	2
Plomo	Miligramos por litro	4	1	0.4	0.4	0.4
Zinc	Miligramos por litro	10	10	10	10	10
Color	Unidades platino cobalto	1500	1300	1000	750	500

TCR = temperatura del cuerpo receptor, en grados Celsius.

### 12.4.2. Contenido del estudio técnico

<b>Información general</b>	
a)	Nombre, razón o denominación social.
b)	Persona contacto ante el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.
c)	Descripción de la naturaleza de la actividad de la persona individual o jurídica sujeta al presente Reglamento
d)	Horarios de descarga de aguas residuales.
e)	Descripción del tratamiento de aguas residuales.
f)	Caracterización del efluente de aguas residuales, incluyendo sólidos sedimentables.
g)	Caracterización de las aguas para reuso.
h)	Caracterización de lodos a disponer.
i)	Caracterización del afluente. Aplica en el caso de la deducción especial de parámetros del artículo 23 del presente Reglamento.
j)	Identificación del cuerpo receptor hacia el cual se descargan las aguas residuales, si aplica.
k)	Identificación del alcantarillado hacia el cual se descargan las aguas residuales, si aplica
l)	Enumeración de parámetros exentos de medición y su justificación respectiva.
<b>II. Documentos:</b>	
a)	Plano de localización y ubicación, con coordenadas geográficas, del ente generador o de la persona que descarga aguas residuales al alcantarillado público.
b)	Plano de ubicación y localización, con coordenadas geográficas, del o los dispositivos de descarga, para la toma de muestras, tanto del afluente como del efluente. En el caso del afluente cuando aplique.
c)	Plan de gestión de aguas residuales, aguas para reuso y lodos. Las municipalidades o empresas encargadas de prestar el servicio de tratamiento de aguas residuales, a personas que descargan sus aguas residuales de tipo especial al alcantarillado público, incluirán la siguiente información: el catastro de dichos usuarios y el monitoreo de sus descargas.
d)	Plan de tratamiento de aguas residuales, si se descargan a un cuerpo receptor o alcantarillado.
e)	Informes de resultados de las caracterizaciones realizadas.

## 12.5. Estudio ambiental

### 12.5.1. Evaluación de impactos, fase de construcción.

EVALUACION DE LA MAGNITUD DE IMPACTOS										
Fase		Actividad o accion	(+1/-1)	(I)	(E)	(M)	(P)	(R)	Importancia del impacto	
Construccion	<b>Construccion del sistema de tratamiento de aguas residuales</b>									
	<b>Impactos sobre el aire</b>									
		Generación de particulas o desechos moviles	Acondicionamiento de caminos	-1	3	3	4	1	8	-28
		Contaminación atmosferica	Construccion de Planta de tratamiento	-1	5	2	3	8	8	-38
	<b>Impactos sobre el suelo</b>									
		Contaminación del suelo	Construccion de Planta de tratamiento	-1	1	1	4	2	8	-19
	<b>Impactos sobre el relieve</b>									
		Belleza escénica	Construccion de Planta de tratamiento	-1	2	1	4	2	8	-22
	<b>Impacto en el paisaje terrestre</b>									
		Fragmentación de la flora natural	Construccion de Planta de tratamiento	-1	1	1	4	2	8	-19
	<b>Impactos sobre la flora</b>									
		Destrucción y/o degradación de la flora natural	Acondicionamiento de caminos	-1	5	4	2	1	8	-34
	<b>Impactos sobre la fauna</b>									
		Daños a la comunidad faunistica	Construccion de Planta de tratamiento	-1	2	3	4	2	3	-21
	<b>Impactos sociales</b>									
		Generación de empleos	Acondicionamiento de caminos	1	2	2	4	2	8	24
			Construccion de Planta de tratamiento	1	4	5	3	2	5	32
		Instalación de nuevas viviendas	Construccion de Planta de tratamiento	1	2	3	2	8	5	27
<b>Infraestructura social</b>										
	Daños a la infraestructura vehicular	Acondicionamiento de caminos	-1	1	2	2	2	5	-16	

## 12.5.2. Evaluación de impactos, fase de operación

Fase		Actividad o acción	(+1/-1)	(I)	(E)	(M)	(P)	(R)	Importancia del impacto	
Operación	<b>Proceso de tratamiento de las aguas residuales</b>									
	<b>Impactos sobre el aire</b>									
		Generación de partículas o desechos móviles	Proceso de tratamiento de las aguas residuales	-1	2	1	1	8	8	-25
			Extracción y transporte de basura de la PTAR	-1	2	1	1	8	5	-22
			Extracción y secado de lodos	-1	6	2	1	8	5	-36
			Desfogue de las aguas tratadas	-1	1	8	1	8	5	-33
			Carga y transportación de desechos sólidos al basurero	-1	1	1	1	4	5	-15
		Contaminación atmosférica	Proceso de tratamiento de las aguas residuales	-1	1	1	4	2	3	-14
			Extracción y transporte de basura de la PTAR	-1	1	1	4	2	5	-16
			Extracción y secado de lodos	-1	4	1	1	8	3	-26
			Carga y transportación de desechos sólidos al basurero	-1	1	1	1	1	1	-8
		<b>Impactos sobre el agua</b>								
		Contaminación del suelo	Extracción de lodos	-1	1	1	1	8	5	-19
		<b>Impacto en el paisaje terrestre</b>								
		Fragmentación del paisaje natural	Extracción y secado de lodos	-1	1	1	1	8	8	-22
			Carga y transportación de desechos sólidos al basurero	-1	1	1	1	8	5	-19
		<b>Impactos sobre la flora</b>								
		Destrucción y/o degradación de la flora natural	Extracción de lodos	-1	2	1	1	8	8	-25
			Carga y transportación de desechos sólidos al basurero	-1	1	1	1	8	5	-19
		Introducción de especies exógenas	Proceso de tratamiento de las aguas residuales	-1	1	2	3	5	8	-23
		<b>Impactos sobre la fauna</b>								
		<b>Impactos sociales</b>								
		Generación de empleos	Proceso de tratamiento de las aguas residuales	1	2	3	1	8	5	26
	Extracción y transporte de basura de la PTAR		1	2	4	1	8	5	28	
	Extracción de lodos		1	3	2	1	8	5	27	
	Carga y transportación de desechos sólidos al basurero		1	2	2	1	8	5	24	
	<b>Infraestructura social</b>									
	Daños a la infraestructura vehicular	Carga y transportación de desechos sólidos al basurero	-1	1	2	1	2	5	-15	

### 12.5.3. Evaluación de impactos, fase de abandono

EVALUACION DE LA MAGNITUD DE IMPACTOS										
Fase		Actividad o accion	(+1/-1)	(I)	(E)	(M)	(P)	(R)	Importancia del impacto	
Cierre o abandono	<b>Generacion de aguas residuales</b>									
	<b>Impactos sobre el agua</b>									
		Alteración de la calidad de aguas superficiales	Desfogue de aguas residuales no tratadas	-1	4	8	4	8	1	-41
	<b>Impactos sobre el suelo</b>									
		Contaminación del suelo	Desfogue de aguas residuales no tratadas	-1	2	2	3	7	3	-23
	<b>Impactos sobre el relieve</b>									
		Belleza escénica	Desfogue de aguas residuales no tratadas	-1	3	4	4	4	3	-28
	<b>Impactos sobre la flora</b>									
		Dstrucción y/o degradación de la flora natural	Limpieza y habilitación de tierras	-1	1	1	2	2	3	-12
		Reforestar	Siembra de pino,cipres u otros	1	4	8	5	8	5	46
	<b>Impactos sobre la fauna</b>									
		Rescate de fauna	Traslado de especies	1	2	2	1	8	5	24
	<b>Impactos sociales</b>									
		Aumento de enfermedades infeciosas	Desfogue de aguas residuales no tratadas	-1	8	8	4	8	5	-57
		Generación de empleos	Cierre de empleos	-1	5	4	1	8	8	-40
	<b>Infraestructura social</b>									
	Centro recreativo	Creacion de empleos	1	2	1	2	8	5	23	