

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS  
ESCUELA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO  
MAESTRÍA EN FORMULACIÓN Y EVALUACIÓN DE PROYECTOS**



**CREACIÓN DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO PRIMARIO DEL AGUA DE  
ESCORRENTÍA EN LA COLONIA RIBERA DEL RÍO, UBICADA EN EL MUNICIPIO  
DE SAN MIGUEL PETAPA, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA**



**LICENCIADO ALDO LÓPEZ-SELVA MORALES**

**GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2020**

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS  
ESCUELA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO  
MAESTRÍA EN FORMULACIÓN Y EVALUACIÓN DE PROYECTOS**



**CREACIÓN DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO PRIMARIO DEL AGUA DE  
ESCORRENTÍA EN LA COLONIA RIBERA DEL RÍO, UBICADA EN EL MUNICIPIO  
DE SAN MIGUEL PETAPA, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA**

Informe final del trabajo profesional de graduación para la obtención del Grado de Maestro en Artes, con base en el instructivo aprobado por Junta Directiva de la Facultad de Ciencias Económicas, el 15 de octubre de 2015, según Numeral 7.8 Punto SÉPTIMO del Acta 26-2015, ratificado por el Consejo Directivo del Sistema de Estudios de Postgrado de la Universidad de San Carlos de Guatemala, según Punto 4.2, subincisos 4.2.1 y 4.2.2 del Acta 14-2018 del 14 de agosto de 2018.

**LICENCIADO ALDO LÓPEZ-SELVA MORALES**

**GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2020**

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS  
HONORABLE JUNTA DIRECTIVA

Decano: Lic. Luis Antonio Suárez Roldán  
Secretario: Lic. Carlos Roberto Cabrera Morales  
Vocal Primero: Lic. Carlos Alberto Hernández Gálvez  
Vocal Segundo: MSc. Byron Giovani Mejía Victorio  
Vocal Tercero: Vacante  
Vocal Cuarto: BR. CC.LL. Silvia María Oviedo Zacarías  
Vocal Quinto: P.C. Omar Oswaldo García Matzuy

TERNA QUE PRACTICÓ LA EVALUACIÓN DEL TRABAJO PROFESIONAL DE  
GRADUACIÓN

Coordinador: José Ramon Lam Ortíz  
Evaluador: Hugo Romeo Arriaza Morales  
Evaluador: Gilberto Alfredo Robledo Robles

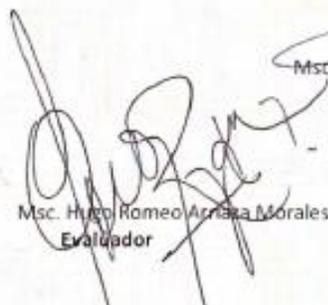


## ACTA No. MFEP-01-2020

De acuerdo al Estado de Emergencia Nacional decretado por el Gobierno de la República de Guatemala y a las resoluciones del Consejo Superior Universitario, que obligaron a la suspensión de actividades académicas y administrativas presenciales en el Campus Central de la Universidad de San Carlos de Guatemala, ante tal situación la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ciencias Económicas, debió incorporar tecnología virtual para atender la demanda de necesidades del sector estudiantil, por lo que en esta oportunidad nos reunimos de forma virtual los infrascritos miembros del Jurado Examinador, el Domingo 20 de septiembre de 2020, a las 10:00 horas, para practicar el EXAMEN PRIVADO DEL TRABAJO PROFESIONAL DE GRADUACION del Licenciado **Aldo López-Selva Morales**, carné No. 199816692, estudiante de la sección **A** 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 Artes** en Formulación y Evaluación de Proyectos. El examen se realizó de acuerdo con el Instructivo, aprobado por la Junta Directiva de la Facultad de Ciencias Económicas, el 15 de octubre de 2015, según Numeral 7.8 Punto SÉPTIMO del Acta No. 26-2015 y ratificado por el Consejo Directivo del Sistema de Estudios de Postgrado -SEP- de la Universidad de San Carlos de Guatemala, según Punto 4.2, subincisos 4.2.1 y 4.2.2 del Acta 14-2018 de fecha 14 de agosto de 2018.

Cada examinador evaluó de manera oral los elementos técnico-formales y de contenido profesional del informe final presentado por el sustentante, denominado "**CREACIÓN DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO PRIMARIO DEL AGUA DE ESCORRENTÍA EN LA COLONIA RIBERA DEL RÍO, UBICADA EN EL MUNICIPIO DE SAN MIGUEL PETAPA, DEPARTAMENTO DE 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 **80** puntos, obtenida de las calificaciones asignadas por cada integrante del jurado examinador. El Tribunal hace las siguientes recomendaciones: Que cada uno de la Terna Evaluadora incorporó en cada documento del Trabajo Profesional de Graduación que se adjunta, para lo cual dispone de cinco (5) días hábiles de acuerdo con el Instructivo para Elaborar Trabajo Profesional de Graduación para optar a la Maestría en Artes.

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

  
Msc. Hugo Romeo Arriaza Morales  
Evaluador

  
Msc. José Ramón Carrón Ortiz  
Coordinador

  
Msc. Gilberto Alfredo Robledo Robles  
Evaluador

  
Lic. Aldo López-Selva Morales  
Postulante



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS  
ESCUELA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO  
MAESTRIA EN ARTES EN FORMULACION Y EVALUACION DE PROYECTOS

### ADENDUM al ACTA No. MFEP-01-2020

El infrascrito Coordinador del Jurado Examinador CERTIFICA que el estudiante **Aldo López-Selva Morales**, carne No. **199816692** incorporó los cambios y enmiendas sugeridas por cada miembro de la terna evaluadora.

Guatemala, 28 de septiembre de 2020.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'José Ramón Lam Ortiz', written over a horizontal line.

Msc. José Ramón Lam Ortiz  
Coordinador

## **AGRADECIMIENTOS**

- A DIOS:** Por su amor y por brindarme los medios que hicieron posible esta meta profesional.
- A MIS PADRES:** Que desde el cielo ven los frutos de su ejemplo y amor incondicional.
- A MI HERMANO:** Por darme su amistad y apoyo.
- A MI TÍA VERENA:** Por creer en mí y apoyarme cuando lo he necesitado.
- A MIS AMIGOS:** Por ser parte fundamental en mi vida.
- A MIS COMPAÑEROS DE ESTUDIO:** Con constancia, dedicación y esfuerzo alcanzamos nuestro sueño.
- A LA ESCUELA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO:** Por la formación profesional que me brindaron y hoy me permite culminar esta meta.
- A LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA:** Por haberme abierto sus puertas y formarme como un profesional en sus aulas magnas.

## CONTENIDO

RESUMEN .....	i
INTRODUCCIÓN .....	iv
<b>1. ANTECEDENTES .....</b>	<b>1</b>
1.1 Historia del tratamiento del agua.....	1
1.2 Tratamiento de aguas de escorrentía.....	2
1.3 Ley de protección y mejoramiento del medio ambiente .....	4
1.4 Responsables de cuidar el medio ambiente .....	6
1.5 Reglamento de las descargas y reúso de aguas residuales y de la disposición de lodos .....	7
1.6 Marco normativo para la evaluación de proyectos en Guatemala .....	8
1.7 Antecedentes de trabajos profesionales similares .....	8
1.7.1 Sistema de tratamiento del agua de escorrentía superficial procedente de aparcamientos impermeables usando flujo ascendente y geotextiles .....	9
1.7.2 Técnicas de depuración natural de aguas residuales.....	9
1.7.3 Tratamiento de aguas de escorrentía mediante humedales artificiales: Estado del Arte .....	10
1.7.4 Otros trabajos similares en la colonia objeto de estudio .....	11
<b>2. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>12</b>
2.1 Formulación y evaluación de proyectos .....	12
2.1.1 Decisiones de un proyecto .....	12

<b>2.1.2</b>	<b>Tipología de proyectos.....</b>	<b>14</b>
<b>2.1.3</b>	<b>Evaluación de proyectos.....</b>	<b>15</b>
<b>2.1.4</b>	<b>Evaluación social de proyectos.....</b>	<b>16</b>
<b>2.2</b>	<b>Escorrentía o escurrimiento .....</b>	<b>19</b>
<b>2.3</b>	<b>Eutrofización o Eutroficación .....</b>	<b>20</b>
<b>2.4</b>	<b>Análisis de la calidad del agua .....</b>	<b>20</b>
<b>2.4.1</b>	<b>Consideraciones generales .....</b>	<b>21</b>
<b>2.4.2</b>	<b>Desinfección .....</b>	<b>24</b>
<b>2.4.3</b>	<b>Aspectos químicos.....</b>	<b>24</b>
<b>2.4.4</b>	<b>Aspectos radiológicos .....</b>	<b>26</b>
<b>2.4.5</b>	<b>Recolección de agua de lluvia .....</b>	<b>26</b>
<b>2.5</b>	<b>Tratamiento de aguas.....</b>	<b>27</b>
<b>2.5.1</b>	<b>Etapas del proceso de tratamiento.....</b>	<b>28</b>
<b>2.5.2</b>	<b>Métodos del proceso de tratamiento de aguas residuales .....</b>	<b>29</b>
<b>2.5.3</b>	<b>Métodos de tratamiento mediante aplicación directa en el terreno .....</b>	<b>31</b>
<b>2.5.4</b>	<b>Tratamiento primario de aguas residuales .....</b>	<b>33</b>
<b>2.5.5</b>	<b>Tratamiento secundario de aguas residuales.....</b>	<b>34</b>
<b>2.6</b>	<b>Plantas de tratamiento de aguas .....</b>	<b>36</b>
<b>2.6.1</b>	<b>Tipos de plantas de tratamiento de aguas residuales .....</b>	<b>37</b>

2.6.2	Funcionamiento de las plantas de tratamiento de aguas residuales.....	38
2.6.3	Diseño de plantas de tratamiento de aguas residuales .....	39
3.	<b>METODOLOGÍA.....</b>	<b>41</b>
3.1	Definición del problema .....	41
3.2	Delimitación del problema .....	42
3.2.1	Unidad de análisis .....	42
3.2.2	Período a investigar.....	42
3.2.3	Ámbito geográfico .....	42
3.3	Objetivos .....	42
3.3.1	Objetivo general.....	42
3.3.2	Objetivos específicos .....	42
3.4	Justificación.....	43
3.5	Método científico .....	43
3.6	Técnicas e instrumentos de investigación aplicados .....	44
3.6.1	Técnicas de investigación documental.....	44
3.6.2	Técnicas de investigación de campo .....	45
4.	<b>DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....</b>	<b>46</b>
4.1	Situación de las aguas de escorrentía en la zona de estudio .....	46
4.1.1	Aspectos comunitarios .....	46

4.1.1.5	Reglamento de convivencia .....	50
4.1.2	Descripción de la situación actual de los drenajes pluviales y los problemas relacionados.....	51
4.1.3	Análisis de los resultados de entrevistas a la Asociación y vecinos. ....	53
4.1.3.1	Cantidad de residentes que son propietarios de la casa donde vive.....	53
4.1.3.2	Vecinos que sufren molestias con la acumulación de agua en las calles donde viven.....	54
4.1.3.3	Aceptación de la propuesta de implementar un adecuado manejo de las aguas de escorrentía. ....	55
4.1.3.4	Residentes dispuestos a pagar una cuota para implementar la propuesta de proyecto de manejo de agua de escorrentía. ....	56
4.2	Análisis del marco administrativo y legal .....	57
4.2.1	Aspectos administrativos .....	58
4.2.2	Marco legal.....	59
4.3	Alternativas para el manejo del agua de escorrentía.....	63
4.3.1	Opciones disponibles para el manejo de las aguas de escorrentía.....	64
4.3.2	Situación con y sin proyecto. ....	66
4.4	Propuesta para el tratamiento de las aguas superficiales.....	67
4.4.1	Aspectos sociales de la propuesta .....	68
4.4.2	Aspectos técnicos de la propuesta .....	69
4.4.3	Marco Administrativo .....	75

<b>4.4.4 Marco Legal.....</b>	<b>76</b>
<b>4.4.5 Aspectos ambientales de la propuesta .....</b>	<b>77</b>
<b>4.4.6 Causas de impacto con el proyecto .....</b>	<b>80</b>
<b>4.4.7 Impactos negativos sobresalientes.....</b>	<b>80</b>
<b>4.4.8 Impacto ambiental del proyecto – Matriz de Leopold .....</b>	<b>81</b>
<b>4.4.9 Medidas de mitigación .....</b>	<b>83</b>
<b>4.4.10 Plan de contingencia.....</b>	<b>84</b>
<b>4.4.11 Aspectos económicos de la propuesta.....</b>	<b>84</b>
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>89</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>91</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>92</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>98</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS.....</b>	<b>103</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS.....</b>	<b>104</b>

## RESUMEN

La colonia Ribera del Río en el Municipio de San Miguel Petapa del departamento de Guatemala, fue construida en 1993. Se encuentra ubicada en el kilómetro 18.5 de la carretera RD-GUA-01 que conduce desde la ciudad de Guatemala hacia Villa Canales. La colonia cuenta con 1,390 viviendas, en donde habitan aproximadamente 5,560 personas, estimando que viven 4 personas por familia.

El diseño de ingeniería de la colonia, con cierto desnivel hacia un costado y el inadecuado sistema de drenajes pluviales, permite que el agua de escorrentía proveniente de las precipitaciones pluviales, sea conducida a través de la colonia sin ningún tipo de tratamiento de descontaminación que aisle elementos sólidos previo a que sea vertida en el río Plátano, el cual se une al río Villalobos y finalmente llega al lago de Amatitlán.

La investigación consistió en realizar una propuesta de acciones para corregir los problemas de escorrentía existentes en la colonia, lo cual provoca molestias en los residentes, deterioro del adoquín en las calles y contaminación en el río. Se planteó como objetivo: Proponer un sistema de manejo del agua de escorrentía en la colonia Ribera del Río, del Municipio de San Miguel Petapa, Departamento de Guatemala.

La metodología utilizada en la investigación es el método científico, mediante la aplicación de un enfoque de investigación cuantitativo (experimental) con alcance correlacional que permitió el planteamiento del problema, formular las preguntas de investigación; definición de variables; investigación documental y de campo para la recolección de datos; análisis de los datos y presentación de resultados.

Los hallazgos más importantes de la investigación realizada, revelan que, el problema con las aguas de escorrentía durante la época de lluvia, provoca saturación de agua y corriente de agua en las calles. Adicional, la contaminación en el río Plátano por los sedimentos y basura que arrastra.

Se estableció que existe una Asociación y el Gobierno Municipal, pero también incertidumbre sobre quién es el responsable de atender la problemática pues no cuenta

con normativos claros de cómo proceder las partes involucradas. Existen a nivel nacional, regulaciones ambientales y de seguridad que son bastante estrictas respecto a la evaluación, control y seguimiento ambiental. Sin embargo, la situación actual en la colonia no cumple con el marco legal vigente; lo cual es lamentable porque proteger el medio ambiente y la vida humana es una responsabilidad de las instituciones del Estado y de todos los ciudadanos.

Las opciones para el manejo adecuado de aguas de escorrentía en la colonia, que se han considerado en la presente investigación, son las siguientes: pozos de infiltración; canaleta plástica, de metal o concreto con rejilla y basureros de metal o plásticos. Acompañado con una actualización del manual de convivencia y una campaña de concientización sobre el medio ambiente y el impacto ambiental que provoca tirar la basura en las calles.

Se formuló una propuesta que incluye el dimensionamiento del problema, la definición de medidas técnicas apropiadas, así como el análisis financiero. Dicha propuesta también incluye un plan de gestión ambiental y social para mitigar los impactos adversos, así como promueve la inclusión de todos los involucrados (Gobierno Local, Asociación de Vecinos y todos los residentes) a fin de reducir la conflictividad social, los daños a la propiedad y al medio ambiente.

La investigación concluye que actualmente el diseño de la Colonia y la falta de drenajes pluviales generan condiciones de riesgo debido a la amenaza creada por el agua de escorrentía que atraviesa la colonia hasta llegar el río Plátanos. Dicha situación ocurre a pesar de que existe un marco legal vigente que protege al medio ambiente y establece responsabilidades a las instituciones del estado y a todos los ciudadanos, esta normativa no se cumple a cabalidad. En el mercado nacional se encuentra la tecnología para el adecuado manejo del agua de escorrentía. Se elaboró y socializó una propuesta que permite mitigar los impactos y efectos del problema del agua de escorrentía; así como otros daños ocasionados a los vecinos y medio ambiente.

Se recomienda a las autoridades locales fortalecer la organización local y buscar alianzas estratégicas con las autoridades municipales y otras organizaciones cooperantes. Al Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, se le recomienda establecer acciones de monitoreo y seguimiento ambiental que involucre a la Asociación y a la Municipalidad de San Miguel Petapa para implementar un plan de gestión ambiental que conlleve a reducir los daños ocasionados por las aguas de escorrentía.

## INTRODUCCIÓN

El manejo inadecuado de las aguas de escorrentía proveniente principalmente de las precipitaciones pluviales es un aspecto sumamente importante que genera contaminación de las aguas y la destrucción del suelo e infraestructura en las cuencas hidrográficas. Dicha situación es lo que está ocurriendo en la colonia Ribera del Río, ubicada en San Miguel Petapa; en donde el diseño original no contempló infraestructura apropiada para el manejo de las aguas de escorrentías. Lo anterior provoca inundaciones, deterioro de la infraestructura y arrastre de material contaminante hacia el río Plátano y posteriormente hacia el lago de Amatitlán.

La investigación se enfoca en la presentación de una propuesta de creación de un sistema de manejo del agua de escorrentía en la colonia Ribera del Río, del Municipio de San Miguel Petapa, Departamento de Guatemala. La propuesta incluye el diseño de infraestructura para el drenaje de las aguas de escorrentía, sistemas de infiltración, sistemas de recolección de basuras y proceso de organización e inclusión comunitaria. Esto último mediante modificaciones al manual de convivencia y una campaña de concientización sobre medio ambiente, enfocado en todos los vecinos de la colonia.

Los objetivos específicos que se abordaron en el trabajo de investigación son los siguientes: análisis de la problemática, análisis del marco administrativo legal, identificación de alternativas para el manejo adecuado del agua de escorrentía y por último realizar la propuesta integral para la atención de la problemática identificada.

El presente informe consta de los siguientes capítulos: Antecedentes, descripción de la situación actual del residencial, la evolución del problema que provoca que las aguas de escorrentía; asimismo de trabajos de investigación similares, que fueron realizados por diferentes instituciones públicas o privadas, universidades, centros de investigación y organismos de cooperación. El Marco Teórico, contiene la exposición y análisis de las teorías, enfoques y conceptos utilizados para fundamentar la investigación y el desarrollo de una propuesta de solución.

La metodología contiene la explicación en detalle del proceso realizado para gestionar la información a nivel de fuentes primarias y secundarias para la búsqueda de una propuesta de solución. En general, contiene un resumen del procedimiento usado para el desarrollo de la investigación. En la discusión de resultados se hace una integración de la problemática actual en la colonia con las disposiciones administrativo legales relacionadas con la evaluación de control y seguimiento ambiental; así como un análisis de las opciones tecnológicas disponibles en el mercado para presentar una propuesta técnica, social, legal y financieramente realizable.

Finalmente se presentan las conclusiones y recomendaciones de la investigación realizada.

## **1. ANTECEDENTES**

Los antecedentes están referidos a los acontecimientos de carácter histórico que guardan estrecha relación con el tema objeto de la investigación relacionado con el tratamiento del agua de escorrentía en la colonia Ribera del Río, del Municipio de San Miguel Petapa; asimismo, presenta una recopilación de trabajos de investigación similares, realizados por diferentes instituciones públicas o privadas, universidades, centros de investigación, organismos de cooperación, entre otros.

### **1.1 Historia del tratamiento del agua**

Los seres humanos han almacenado y distribuido el agua durante siglos. Hace aproximadamente 7,000 años en Jericó (Israel) el agua almacenada en los pozos se utilizaba como fuente de recurso de agua, además se empezaron a desarrollar los sistemas de transporte y distribución del agua. Este transporte se realizaba mediante canales sencillos, excavados en la arena o las rocas y más tarde se comenzarían a utilizar tubos huecos. (Innovagua, 2012, p.1)

En la antigua Grecia el agua de escorrentía, agua de pozos y agua de lluvia eran utilizadas desde épocas muy tempranas. Debido al crecimiento de la población se vieron obligados al almacenamiento y distribución (mediante la construcción de una red de distribución) del agua. El agua utilizada se retiraba mediante sistemas de aguas residuales, a la vez que el agua de lluvia. Los griegos fueron de los primeros en tener interés en la calidad del agua. Ellos utilizaban embalses de aireación para la purificación del agua. (Innovagua, 2012, p.1)

Los romanos fueron los mayores arquitectos en construcciones de redes de distribución de agua que ha existido a lo largo de la historia. Los romanos construyeron presas para el almacenamiento y retención artificial del agua. El sistema de tratamiento por aireación se utilizaba como método de purificación. El agua de mejor calidad y por lo tanto más popular era el agua proveniente de las montañas. En los sistemas de

tuberías en las ciudades utilizaban cemento, roca, bronce, plata, madera y plomo. Las fuentes de agua se protegían de contaminantes externos. (Innovagua, 2012, p.1)

Durante la edad media se manifestaron gran cantidad de problemas de higiene en el agua y los sistemas de distribución de plomo, porque los residuos y excrementos se vertían directamente a las aguas. La gente que bebía estas aguas enfermaba y moría. Para evitarlo se llevaba agua existente fuera de las ciudades no afectada por la contaminación. (Innovagua, 2012, p.1)

El primer sistema de suministro de agua potable a una ciudad completa fue construido en Paisley, Escocia, alrededor del año 1804 por John Gibb. En tres años se comenzó a transportar agua filtrada a la ciudad de Glasgow. (Innovagua, 2012, p.1)

En 1,806 en París empezó a funcionar la mayor planta de tratamiento de agua. El agua sedimentaba durante 12 horas antes de su filtración. Los filtros consistían en arena, carbón y su capacidad era de seis horas. (Innovagua, 2012, p.1)

En 1827 el inglés James Simplón construyó un filtro de arena para la purificación del agua potable, el cual se considera el primer sistema efectivo utilizado con fines de salud pública. (Innovagua, 2012, p.1)

## **1.2 Tratamiento de aguas de escorrentía**

Las aguas de lluvia en ambientes urbanizados se recogen para ser vertidas en diferentes cuerpos hídricos, y pueden ayudar como caudales de dilución en cuerpos contaminados y para otros usos humanos; sin embargo, muchas veces no llegan con las condiciones fisicoquímicas óptimas, debido a que durante el primer intervalo de tiempo en un evento de lluvia, el proceso de escorrentía y el lavado atmosférico aportan contaminantes que se reflejan en las concentraciones de la precipitación, fenómeno conocido como *first flush*<sup>1</sup>. (Peña y Lara, 2012, p. 40).

---

<sup>1</sup> First flush: Es la escorrentía inicial en el invierno (tiempo de lluvias), fase en la que el agua lleva grandes niveles de contaminación.

Los contaminantes asociados al first flush en las áreas urbanas, se deben a las diferentes actividades humanas que por el lavado atmosférico y las superficies receptoras (calles, avenidas, parques, cubiertas), son introducidos al agua por diferentes procesos físicos y químicos. Como se mencionó, las aguas de lluvia son vertidas a los cuerpos hídricos, y al empeorar sus condiciones naturales, se convierten en puntos de contaminación en las fuentes receptoras, ya sea de manera puntual o difusa. Por lo general, los tratamientos primarios utilizados son: trampas para aceites, sedimentadores y canales perimetrales para contención de derrames de aceite. (Peña y Lara, 2012, p. 42).

El consumo masivo de agua que genera la contaminación de las mismas, ha llegado a preocupar a los investigadores y a adoptar nuevos procesos y tecnologías unitarias para el tratamiento de aguas residuales, como una manera de retribuir al medio ambiente y devolverle en mejores condiciones el agua utilizada. (Chávez-Vera, 2017, p. 5).

Las aguas residuales o esorrentía no deben desecharse sin previo tratamiento en las redes de alcantarillado convencionales o al medio receptor que puede ser en ríos, lagos, mares; es por eso por lo que el tratamiento de aguas residuales no es una opción, sino una obligación, para beneficio del medio ambiente y de todos los seres vivientes. Con la aplicación de tratamientos, ya sean físicos, químicos o biológicos se logra disminuir o eliminar los contaminantes presentes en los vertidos, en cumplimiento de las leyes y normativas legales vigentes, relacionadas con el medio ambiente. Es indispensable contar con sistemas eficientes de tratamiento de aguas, para preservar su calidad. Estos procesos de tratamiento aumentan los estándares requeridos de la calidad del agua a ser descargada en ríos, lagos, mares y otras cuencas hidrográficas. (Chávez-Vera, 2017, p. 5).

### **1.3 Ley de protección y mejoramiento del medio ambiente**

La protección y mejoramiento del medio ambiente y los recursos naturales y culturales es fundamental para el logro de un desarrollo social y económico del país, de manera sostenida. Por esta razón, Guatemala aceptó la declaración de principios de las resoluciones de la histórica conferencia de las Naciones Unidas, celebrada en Estocolmo Suecia, en el año 1972, por lo que debe integrarse a los programas mundiales para la protección y mejoramiento del medio ambiente y la calidad de vida. (Decreto 68-86, p. 1).

El Decreto 68-86, Ley de protección y mejoramiento del medio ambiente, emitida por el Congreso de la República, del 28 de noviembre de 1986, establece que el Estado, las municipalidades y los habitantes del territorio nacional, propician el desarrollo social económico, científico y tecnológico que prevenga la contaminación el medio ambiente y mantenga el equilibrio ecológico. Por lo tanto, la utilización y el aprovechamiento de la fauna, de la flora, suelo, sustituirlo y el agua, deberán realizarse racionalmente. (Artículo 1).

El Decreto 68-86, Ley de protección y mejoramiento del medio ambiente, determina que todo proyecto, obra, industria o cualquier otra actividad que por sus características pueda producir deterioro a los recursos naturales renovables o no, al ambiente, o introducir modificaciones nocivas o notorias al pasaje, será necesario previamente a su desarrollo un estudio de evaluación de impacto ambiental, realizado por los técnicos en la materia y aprobado por la Comisión de Medio Ambiente (Artículo 8).

El Decreto 68-86, Ley de protección y mejoramiento del medio ambiente, tiene por objeto velar por el mantenimiento del equilibrio ecológico y la calidad del medio ambiente para mejorar la calidad de vida de los habitantes del país, entre ellos. Entre sus objetivos, está: salvar y curar cuerpos de agua que estén amenazando o en grave peligro de extinción. (Artículos 11 y 12).

El artículo 13, establece que el medio ambiente comprende: los sistemas atmosféricos (aire); lúdrico (agua); lítico (roca y minerales); edáfico (suelos); biótico (animales y

plantas); elementos audiovisuales y recursos naturales y culturales. (Decreto 68-86, p. 5).

El artículo 15, establece que el Gobierno, vela por el mantenimiento de la cantidad de agua para uso humano, así como: (Decreto 68-86, p. 5).

- Evaluar la calidad del agua y sus posibilidades de aprovechamiento mediante análisis periódicos sobre sus características físicas, químicas y biológicas.
- Controlar que el aprovechamiento y uso de las aguas no cause deterioro ambiental.
- Revisar sistemas de disposición de aguas servidas o contaminadas para que cumplan con las normas de higiene y saneamiento ambiental.
- Determinar técnicamente los casos en que debe producirse o permitirse el vertimiento de residuos, basuras, desechos o desperdicios en una fuente receptora, de acuerdo a las normas de calidad del agua.
- Investigar y controlar cualquier causa o fuente de contaminación hídrica para asegurar la conservación de los ciclos biológicos y el normal desarrollo de las especies.
- Velar por la conservación de la flora, principalmente los bosques, para el mantenimiento y el equilibrio del sistema hídrico, promoviendo la inmediata reforestación de las cuencas lacustre de ríos y manantiales.
- Prevenir, controlar y determinar los niveles de contaminación de los ríos, lagos y mares de Guatemala;
- Investigar, prevenir y controlar cualesquiera otras causas o fuentes de contaminación hídrica.

#### **1.4 Responsables de cuidar el medio ambiente**

La Constitución Política de la República de Guatemala, vigente desde el año 1985, en el artículo 97 establece que 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, por lo que se dictarán todas las normas necesarias para garantizar que la utilización y el aprovechamiento de la fauna, de la flora, de la tierra y del agua, se realicen racionalmente, evitando su depredación.

El Acuerdo Gubernativo 137-2016, Reglamento de evaluación, control y seguimiento ambiental, establece lineamientos, estructura y procedimientos necesarios para apoyar el desarrollo sostenible del país en el tema ambiental, estableciendo reglas para el uso de instrumentos y guías que faciliten la evaluación, control y seguimiento ambiental de los proyectos, obras, industrias o actividades, que se desarrollan y los que se pretenden desarrollar en el país. El reglamento facilita la determinación de las características y los posibles impactos ambientales, para orientar su desarrollo en armonía con la protección del ambiente y los recursos naturales. (Artículo 1).

Corresponde al Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN), la aplicación del reglamento por medio de la Dirección de Gestión Ambiental y Recursos Naturales (DIGARN), la Dirección de Coordinación Nacional (DCN) a través de las delegaciones departamentales cuando corresponda, la Dirección de Cumplimiento Legal (DCL) y demás dependencias que así lo ameriten. (Acuerdo Gubernativo 137-2016, Artículo 2).

El ambiente o medio ambiente, es el sistema de elementos bióticos, abióticos, socioeconómicos, culturales y estéticos que interactúan entre sí, en permanente modificación por la acción humana o natural y que afectan o influyen sobre las condiciones de vida de los organismos, incluyendo al ser humano. (Acuerdo Gubernativo 137-2016, Artículo 3).

## **1.5 Reglamento de las descargas y reúso de aguas residuales y de la disposición de lodos**

El Acuerdo Gubernativo 236-2006, Reglamento de las descargas y reúso de aguas residuales y de la disposición de lodos, del Presidente de la República de Guatemala, tiene por objeto, establecer los criterios y requisitos que deben cumplirse para la descarga y reúso de aguas residuales, así como para la disposición de lodos, para que, a través del mejoramiento de las aguas, se logre establecer un proceso continuo que permita: (Artículo 1).

- a) Proteger los cuerpos receptores de agua de los impactos provenientes de la actividad humana.
- b) Recuperar los cuerpos receptores de agua en proceso de eutrofización.
- c) Promover el desarrollo del recurso hídrico con visión de gestión integrada.

Los parámetros de medición de aguas residuales son los siguientes: (Artículo 16).

- a) Temperatura
- b) Potencial de hidrógeno
- c) Grasas y aceites
- d) Materia flotante
- e) Sólidos suspendidos totales
- f) Demanda bioquímica de oxígeno a los cinco días a veinte grados Celsius
- g) Demanda química de oxígeno
- h) Nitrógeno total
- i) Fósforo total
- j) Arsénico
- k) Cadmio
- l) Cianuro total

- m) Cobre
- n) Cromo hexavalente
- o) Mercurio
- p) Níquel
- q) Plomo
- r) Zinc
- s) Color y
- t) Coliformes fecales

### **1.6 Marco normativo para la evaluación de proyectos en Guatemala**

En Guatemala la metodología general para la evaluación social de proyectos fue emitida por la Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia (SEGEPLAN) en 2012, como una sección del marco normativo para el proceso de planificación y normas, para proyectos de inversión pública denominado Sistema Nacional de Inversión Pública (SNIP). (CEPAL, 2015, p. 45).

El SNIP contempla de manera integral el proceso de inversión a través de darle seguimiento al ciclo de vida del proyecto, desde la transformación de una idea de inversión hasta que entra en operación. Esto implica un flujo permanente de información con distintos grados de elaboración a medida que se vaya avanzando en el proceso. (SEGEPLAN, 2013, p. 42).

### **1.7 Antecedentes de trabajos profesionales similares**

Algunos trabajos de investigación relacionados con el tratamiento del agua de escorrentía son los siguientes:

### **1.7.1 Sistema de tratamiento del agua de escorrentía superficial procedente de aparcamientos impermeables usando flujo ascendente y geotextiles**

La incidencia de la contaminación difusa de la escorrentía en el medio natural ha motivado la promulgación de normativas que limiten los valores de los contaminantes presentes en los efluentes vertidos a los cuerpos receptores, tanto en países de Europa como en otros países del mundo. (Fernández, 2009, p. 1).

El fenómeno de la contaminación de las aguas de lluvia producto del lavado de las superficies por las que escurre, denominado contaminación difusa, se viene estudiando desde hace muchos años. Las investigaciones realizadas han demostrado que los contaminantes presentes en la escorrentía superficial tienen un origen principalmente antrópico (Producido o modificado por la actividad humana), y pueden afectar negativamente al medio ambiente y a las personas. (Fernández, 2009, p. 5).

La medición y caracterización de la carga contaminante de la escorrentía es un problema, para lo cual se han desarrollado distintos métodos y sistemas para la estimación de la carga contaminante por medio de la concentración media (Event Mean Concentration, EMC); así como para la comparación de medidas de contaminación entre varios estudios. (Fernández, 2009, p. 7).

### **1.7.2 Técnicas de depuración natural de aguas residuales**

Tradicionalmente se ha planteado el tratamiento de las aguas residuales o escorrentía como una acción de mejora ambiental lineal y desconexa de su entorno. Se depura para no dañar el río, se invierte dinero para que residuos no perjudiquen el entorno, pero casi nunca se plantea el tratamiento de las aguas residuales como un mecanismo de cuidado del agua y de los nutrientes que provocan contaminación. (Rodríguez, 2016, p. 1).

La depuración natural utiliza y maximiza una serie de procesos que se dan en el medio, en un emplazamiento controlado, que crea un espacio en el que se desarrollan una serie de ecosistemas que permitan la recuperación de un recurso, el agua, y la

reintroducción al ciclo biológico de excedentes (contaminación-nutrientes). Estos sistemas son altamente adaptables a los diferentes usos que se le quieran dar, pueden abarcar de una forma efectiva, técnica y económica, desde el tratamiento de casas aisladas, pequeños núcleos, pueblos, industrias agroalimentarias, residuos ganaderos, entre otros. (Rodríguez, 2016, p. 2).

Se distinguen dos ramas en los métodos de tratamiento: Los de aplicación directa sobre el terreno y los sistemas acuáticos. Ambos son una acción combinada de vegetación, suelo y microorganismos. (Rodríguez, 2016, p. 3).

### **1.7.3 Tratamiento de aguas de escorrentía mediante humedales artificiales: Estado del Arte**

La concentración de contaminantes en aguas de lluvia es un tema que preocupa a las entidades gubernamentales porque deterioran la calidad hídrica de las fuentes receptoras. En varios países, se han iniciado investigaciones y desarrollo de metodologías para tratar este tipo de aguas. Una de estas técnicas es la ejecución de humedales artificiales, y es una de las más aceptadas por su gran eficiencia en la remoción de contaminantes. (Peña y Lara, 2012, p. 39).

Las investigaciones sobre el aporte de contaminantes en las precipitaciones propiciaron, el manejo integral de drenajes urbanos y atenuar los impactos ambientales generados, por lo cual se creó el concepto de las mejores prácticas de manejo (BMPs Best Management Practices), también conocidas como SUDS (Sustainable Urban Drainage Systems, o Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible. (Peña y Lara, 2012, p. 40).

Los humedales artificiales son uno de los SUDS más usados para la gestión de los contaminantes en escorrentías, debido a que combinan la eliminación de las concentraciones de diferentes contaminantes, la atenuación de picos, y una buena relación costo beneficio. Además, mejoran la biodiversidad y son poco sensibles a las variaciones de las cargas contaminantes. (Peña y Lara, 2012, p. 41).

Este sistema de tratamiento se ha implementado en varios países, paralelamente al avance de la investigación. En Holanda fue diseñado un HSFH con un área de 638 m<sup>2</sup> para tratar escorrentías de la ciudad de Ámsterdam; en Australia y Nueva Zelanda se han construido HFL para tratar aguas de lluvia con el propósito de utilizarlas para el riego de campos. En China, se han construido humedales de tipo horizontal para tratar la escorrentía producida en cultivos agrícolas; en Taiwán, se cuenta con plantas piloto de humedales de Flujo Libre y Horizontales que tratan en forma combinada, aguas residuales y aguas de lluvia. (Peña y Lara, 2012, p. 42).

#### **1.7.4 Otros trabajos similares en la colonia objeto de estudio**

En el Municipio de San Miguel Petapa, del departamento de Guatemala, se encuentra ubicada la colonia Ribera del Río, en la zona 13, en el kilómetro 18.5 de la carretera RD-GUA-01. La colonia Ribera del Río fue construida en 1993, a la fecha cuenta con un total de 1,390 viviendas en donde, habitan aproximadamente 5,560 personas. El diseño original de la colonia permite que el agua de escorrentía, proveniente de las precipitaciones pluviales, desemboque en el río Plátanos.

Se investigó con las autoridades del residencial Ribera del Río y en la municipalidad del municipio de San Miguel Petapa y se determinó que no han existido estudios similares en el residencial para la creación de una planta de tratamiento de agua de escorrentía; por lo que esta investigación suma valor a los esfuerzos de la municipalidad para disminuir la contaminación y es de mucha importancia por ser la primera que se realiza.

## **2. MARCO TEÓRICO**

El marco teórico contiene la exposición y análisis de las teorías y enfoques teóricos y conceptuales utilizados para fundamentar la investigación relacionada con el tratamiento del agua de escorrentía en la colonia Ribera del Río, del Municipio de San Miguel Petapa. Proviene de la revisión de la literatura correspondiente y la adopción de una teoría o desarrollo de una propuesta teórica.

### **2.1 Formulación y evaluación de proyectos**

Un proyecto de inversión es una propuesta técnica y económica enfocada a resolver un problema de la sociedad, utilizando los recursos humanos, materiales y tecnológicos disponibles, mediante un documento escrito que comprende una serie de estudios que permiten al inversionista determinar si es viable su realización. (Córdova, 2013, p. 1).

Un proyecto es la búsqueda de una solución inteligente al planteamiento de un problema, la cual tiende a resolver una necesidad humana. En este sentido puede haber diferentes ideas, inversiones de monto distinto, tecnología y metodologías con diverso enfoque, pero todas ellas destinadas a satisfacer las necesidades del ser humano en todas sus facetas, como pueden ser: educación, alimentación, salud, ambiente, cultura. (Baca Urbina, 2013, p. 2).

El proyecto de inversión es un plan que, si se le asigna determinado monto de capital y se le proporcionan insumos de varios tipos, producirá un bien o un servicio, útil a la sociedad. La evaluación de un proyecto de inversión, cualquiera que éste sea, tiene por objeto conocer su rentabilidad económica y social, de tal manera que asegure resolver una necesidad humana en forma eficiente, segura y rentable. Sólo así es posible asignar los recursos económicos a la mejor alternativa. (Baca Urbina, 2013, p. 2).

#### **2.1.1 Decisiones de un proyecto**

Para tomar una decisión sobre un proyecto es necesario someterlo al análisis multidisciplinario de diferentes especialistas. Una decisión de este tipo no puede ser

tomada por una sola persona con un enfoque limitado, o ser analizada sólo desde un punto de vista. Una decisión siempre debe estar fundada en el análisis de un sinnúmero de antecedentes con la aplicación de una metodología lógica que abarque la consideración de todos los factores que participan y afectan al proyecto. (Baca Urbina, 2013, p. 2).

No existe una concepción rígida definida para establecer mecanismos precisos en la toma de decisiones asociadas con un proyecto. No obstante, resulta obvio señalar que la adopción de decisiones exige disponer de un sinnúmero de antecedentes que permitan que esta se efectúe inteligentemente. Para ello se requiere la aplicación de técnicas asociadas a la idea que origina un proyecto, conceptualizadas mediante un raciocinio lógico que implique considerar toda una gama de factores que participan en el proceso de concreción y puesta en marcha. (Sapag et al., 2014, p. 4).

La toma de decisión lleva consigo elementos de riesgo, incertidumbre y ambigüedad. Obviamente, algunas decisiones tienen un menor grado de incertidumbre y otras son muy riesgosas. Resulta lógico pensar que frente a decisiones de mayor riesgo, exista como consecuencia una opción de mayor rentabilidad. (Sapag et al., 2014, p. 4).

Al realizar un análisis previo, no implica que al invertir, el dinero estará exento de riesgo. El futuro siempre es incierto y por esta razón el dinero siempre se arriesgará. El hecho de calcular unas ganancias futuras, a pesar de realizar un análisis profundo, no garantiza que esas utilidades se ganen, tal como se calculó. En los cálculos no están incluidos los factores fortuitos como huelgas, incendios, derrumbes, simplemente porque no son predecibles y no es posible asegurar que una empresa de nueva creación o cualquier otra, estará a salvo de factores fortuitos. (Baca, 2013, p. 2).

Existen diversos mecanismos operacionales mediante los cuales un empresario decide invertir recursos económicos en un determinado proyecto. Los niveles decisorios son múltiples y variados, puesto que en el mundo moderno cada vez es menor la posibilidad de tomar decisiones de manera unipersonal. Regularmente, los proyectos están

asociados interdisciplinariamente y requieren diversas instancias de apoyo técnico antes de ser sometidos a la aprobación de cada nivel. (Sapag et al., 2014, p. 3).

### **2.1.2 Tipología de proyectos**

Según el objetivo o la finalidad del estudio, es decir, de acuerdo con lo que se espera medir con la evaluación, es posible identificar tres tipos de proyectos que obligan a conocer tres formas de obtener los flujos de caja para lograr el resultado deseado: (Sapag et al., 2014, p. 4).

- a) Estudios para medir la rentabilidad del proyecto, es decir, del total de la inversión, independientemente de dónde provengan los fondos.
- b) Estudios para medir la rentabilidad de los recursos propios invertidos en el proyecto o rentabilidad del inversionista.
- c) Estudios para medir la capacidad del propio proyecto, a fin de enfrentar los compromisos de pago asumidos en un eventual endeudamiento para su realización.

Según el objeto de la inversión, los proyectos se hacen para evaluar: (Sapag et al., 2014, p. 6).

- La creación de un nuevo negocio
- Un proyecto de modernización en empresas en marcha, el cual puede incluir:
  - Externalización
  - Internalización
  - Reemplazo
  - Ampliación
  - Cierre de negocio

### **2.1.3 Evaluación de proyectos**

La evaluación de proyectos se basa en la definición de criterios para diseñar procesos de elegibilidad que garantizan la selección de alternativas viables tanto técnica como financieramente, lo cual permite agilizar la toma de decisiones sobre la asignación de recursos. (Córdova, 2013, p. 5).

Si un proyecto de inversión privada (con fines de lucro) se diera a evaluar a dos grupos multidisciplinarios distintos, con seguridad que sus resultados no serían iguales. Esto se debe a que conforme avanza el estudio, las alternativas de selección son múltiples en el tamaño, la localización, el tipo de tecnología que se emplee, la organización. (Baca, 2013, p. 3).

La evaluación de proyectos se encarga de construir toda la metodología necesaria para reducir al máximo cualquier posibilidad de pérdida financiera y contar con una base científica que sustente las inversiones realizadas. Dicha metodología incluye diversos estudios tales como análisis de la demanda, de la oferta, del mercado, entre otros. (Córdova, 2013, p. 5).

Por otro lado, considere un proyecto de inversión gubernamental (sin fines de lucro) que evalúan los mismos grupos de especialistas. Sus resultados también serán distintos, debido principalmente al enfoque que adopten en su evaluación, incluso pueden considerar que el proyecto en cuestión no es prioritario o necesario como pueden serlo otros. (Baca, 2013, p. 3).

En el análisis y la evaluación de ambos proyectos se emitirán datos, opiniones, juicios de valor, prioridades, que aplazarán la decisión final. Desde luego, ambos grupos argumentarán que, como los recursos son escasos, desde sus particulares puntos de vista la propuesta que formulan proporcionará los mayores beneficios comunitarios y ventajas. (Baca, 2013, p. 3).

#### **2.1.4 Evaluación social de proyectos**

La planificación constituye un proceso mediador entre el futuro y el presente. Se ha señalado que el futuro es incierto, puesto que lo que ocurrirá mañana no es tan solo una consecuencia de muchas variables cambiantes, sino que fundamentalmente dependerá de la actitud que adopten los seres humanos en el presente. El futuro, incidirá en cada agente económico ahora, en el momento en el que debe efectuarse el proceso de evaluación de un proyecto con efectos para mañana. Si no se efectúa esa indagación y no se prevén las posibilidades del mañana, se corre el riesgo evidente de actuar tardíamente ante problemas ya creados u oportunidades, que serán desaprovechadas por no haberlas previsto con la suficiente antelación. (Sapag et al., 2014, p. 8).

Tanto la evaluación social como la privada usan criterios similares para estudiar la viabilidad de un proyecto, aunque difieren en la valoración de las variables determinantes de los costos y beneficios que se les asocian. A este respecto, la evaluación privada trabaja con el criterio de precios de mercado, mientras que la evaluación social lo hace con precios sombra o sociales, lo cuales tienen por objeto de medir el efecto del proyecto sobre la comunidad. Para el efecto, deben tener en cuenta los efectos indirectos y externalidades que generan sobre su bienestar, por ejemplo, la redistribución de los ingresos o la disminución de la contaminación ambiental. (Sapag et al., 2014, p. 7).

Un proyecto social es la unidad mínima de asignación de recursos, que a través de un conjunto integrado de procesos y actividades pretende transformar una parcela de la realidad, disminuyendo o eliminando un déficit, o solucionando un problema. (Perea, 2011, p. 1).

La evaluación social pretende determinar los costos y beneficios pertinentes del proyecto para la comunidad, comparando la situación actual respecto de la situación con proyecto, para lo cual se cuantifica y compara las externalidades positivas con las externalidades negativas, además de otros factores que pudieran influir en la toma de

decisión. Son externalidades de un proyecto los efectos positivos y negativos que sobrepasan a la institución inversora, tales como la contaminación ambiental que puede generar el proyecto, o aquellos efectos redistributivos del ingreso que este pudiera ocasionar. (Sapag et al., 2014, p. 8 y 327).

Los proyectos sociales producen y/o distribuyen bienes o servicios (productos), para satisfacer las necesidades de aquellos grupos que no poseen recursos para solventarlas autónomamente, con una caracterización y localización espacio-temporal precisa y acotada. Los programas y proyectos sociales, se enmarcan en una política, de la que constituyen su traducción operacional, vía asignación de recursos que permite su implementación. (Perea, 2011, p. 1).

La evaluación social se basa en costos y beneficios que podrían ser muy diferentes a los costos y beneficios privados. Lo anterior se sustenta en el hecho de que el valor social de los bienes y servicios que genera el proyecto es distinto a los valores que paga o percibe el inversionista privado. (Sapag et al., 2014, p. 327).

Las principales diferencias que explican un flujo social respecto de uno privado son: (Sapag et al., 2014, p. 328).

- a) Beneficio y costo social no significa lo mismo que beneficio y costo privado, aunque ambos se miden en una unidad de cuenta real común.
- b) El precio social de un bien producido por el proyecto no es lo mismo que su precio privado.
- c) Las externalidades, que no son más que efectos indirectos generados positiva o negativamente por el proyecto, pueden afectar a la sociedad, aunque no necesariamente al inversionista privado.
- d) La tasa a la cual debe descontarse un flujo social es distinta de lo que se entiende por la tasa relevante de descuento desde el punto de vista privado.

e) La rentabilidad social de un proyecto persigue estimar su impacto en el crecimiento económico del país, pudiendo incorporar información sobre cambios en la distribución del ingreso que pudiera generar.

El proceso de evaluación trata de establecer sus contenidos preliminares en términos de qué se va a evaluar y por qué; quién lo va a hacer y para qué; cómo, cuándo y dónde se realizará. Resulta algo equivalente a la formulación del proyecto, pero, en esta ocasión, la finalidad consiste en diseñar un proceso concreto de evaluación. El diseño metodológico constituye un punto central del proceso de evaluación. Se trata no sólo de seleccionar una serie de técnicas de recogida de información y sus correspondientes tipos de análisis, sino de definir el enfoque metodológico de la evaluación. (Perea, 2011, p. 31 y 45).

La evolución en los diseños metodológicos ha provocado que la metodología de evaluación de impactos haya evolucionado hacia un concepto más amplio, en el que los aspectos cualitativos cobran cada vez mayor relevancia y las técnicas cuantitativas tienden a integrarse como un elemento más del proceso evaluador. La ventaja de la evaluación de carácter cuantitativo es que permite medir reacciones o cuestiones en un grupo de variables (individuos, empresas) y, además, posibilita la agregación y tratamiento estadístico. Por su parte, la evaluación cualitativa tiene la ventaja de producir una mayor riqueza de detalles sobre los grupos o variables, aunque sea de difícil agregación y estandarización. (Perea, 2011, p. 46).

La aplicación del enfoque metodológico recomendado por la Comisión de la Unión Europea para la evaluación combina el enfoque de “arriba a abajo” (top-down), que posibilita evaluar el impacto total y efecto neto de la intervención, con estudios “de abajo a arriba” (bottom-up), para analizar las relaciones de causalidad y determinar el impacto de cada medida específica, a través de la información recogida de las personas participantes y las personas beneficiarias del proyecto. (Perea, 2011, p. 46).

Muchos son los sectores específicos en los que podrían desarrollarse proyectos sociales. Pueden existir proyectos vinculados con el sector de vialidad, de agua potable,

de sistemas de riego, de proyectos de educación, de salud, de áreas verdes, parques y plazas, de proyectos relacionados con programas sociales, con el desarrollo de microempresas, de descontaminación ambiental, de defensa nacional, de soberanía, de promoción para la superación de la pobreza y de tantos otros que pueden ser evaluados, en la mayoría de los casos también a nivel privado. (Sapag et al., 2014, p. 328).

## **2.2 Escorrentía o escurrimiento**

De acuerdo con el ciclo hidrológico, la escorrentía o el escurrimiento se puede definir como la porción de la precipitación pluvial que ocurre en una zona o cuenca hidrológica y que circula sobre o debajo de la superficie terrestre y que llega a una corriente para ser drenada hasta la salida de una cuenca o bien alimentar un lago, si se trata de cuencas abiertas o cerradas, respectivamente. (Braña y Jacobo, 2006, p. 119).

En términos generales, la escorrentía es la circulación libre del agua de lluvia sobre las superficies (suelo, techos, calles, carreteras). El agua al correr por la superficie del terreno, arrastra consigo partículas de suelo, pero también carga todo tipo de sustancia que encuentra en su paso, hasta basura. (González, 2009, p. 13).

En superficies impermeables, el agua no se infiltra por el terreno, corre libremente y llega a los drenajes pluviales. Estos descargan en los cuerpos de agua sin ningún tratamiento previo de descontaminación. (González, 2009, p. 16).

En hidrología la escorrentía hace referencia a la lámina de agua que circula sobre la superficie en una cuenca de drenaje, es decir, la altura en milímetros del agua de lluvia escurrida y extendida. Es una de las principales causas de erosión a nivel mundial. Suele ser particularmente dañina en suelos poco permeables, como los arcillosos, y en zonas con una cubierta vegetal escasa. (Braña y Jacobo, 2006, p. 119).

La escorrentía inadecuadamente manejada puede: Causar inundaciones, aumentar la temperatura en los cuerpos de agua afectando la vida acuática, alterar los cauces de

los cuerpos de agua, contaminar las fuentes de agua potable y hacer que después sea más costoso su tratamiento. (González, 2009, p. 21).

Los efectos adversos de la contaminación por escorrentía recaen sobre las plantas, peces, animales y sobre las personas debido a: turbidez por carga de sedimento que imposibilita crecimiento plantas acuáticas; exceso de nutrientes que causa crecimiento desmedido de algas, eutrofización; bacterias y otros patógenos pueden llegar a las playas y causar problemas de salud; basura (plástico, botellas) son arrastrados hasta los cuerpos de agua y sofocan o incapacitan la vida acuática y de las aves; desperdicios peligrosos del hogar pueden envenenar la vida acuática; las aguas de escorrentía contaminan las fuentes para agua potable, afectando la salud humana y aumentan los costos de tratamiento para hacer el agua apta para consumo humano (González, 2009, p. 34).

### **2.3 Eutrofización o Eutroficación**

Corresponde a un alto nivel de nutrientes en la tierra o en el agua, el término es más utilizado en el agua, que da lugar a la degradación de los ecosistemas acuáticos, provocando un agotamiento del oxígeno disuelto en las aguas provocando la muerte de los seres vivos por asfixia. Este fenómeno puede suceder de forma natural, por ejemplo, como cuando hay un terremoto, quedan desechos naturales y orgánicos sobre el suelo, los cuales llegan al agua. También puede suceder de forma artificial, por intervención del ser humano, por ejemplo, cuando se vota desechos de comida o basura en el suelo, que, como consecuencia de las lluvias, son arrastrados al agua. (Silván, 2012, p. 13).

### **2.4 Análisis de la calidad del agua**

De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (2017), 2,100 millones de personas carecen de agua potable en el hogar y más del doble no disponen de saneamiento seguro, es decir, en todo el mundo alrededor de 3 de cada 10 personas carecen de acceso a agua potable y 6 de cada 10 (4,500 millones), carecen de un saneamiento seguro.

Muchos países carecen de datos sobre la calidad de los servicios de agua y saneamiento. El agua potable, el saneamiento y la higiene en el hogar no deben ser un privilegio exclusivo de quienes son ricos o viven en centros urbanos, dice el Dr. Tedros Adhanom Ghebreyesus, Director General de la Organización Mundial de la Salud. Se trata de un servicio fundamental para la salud humana. Los países tienen la responsabilidad de garantizar el acceso a ellos. (OMS, 2017, p. 1).

La OMS ha publicado guías para la calidad del agua potable. La finalidad principal de las Guías para la calidad del agua de consumo humano es la protección de la salud pública. Las Guías proporcionan las recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud (OMS) para gestionar el riesgo de los peligros que pueden comprometer la seguridad del agua de consumo humano. (OMS, 2011, p. 1).

#### **2.4.1 Consideraciones generales**

El agua es esencial para la vida y todas las personas deben disponer de un abastecimiento satisfactorio (suficiente, seguro y accesible). La mejora del acceso al agua de consumo humano puede proporcionar beneficios tangibles para la salud. Se debe hacer el máximo esfuerzo para lograr que el agua de consumo humano sea tan segura como sea posible. (OMS, 2011, p. 1).

##### **2.4.1.1 Aspectos microbiológicos**

La garantía de la inocuidad microbiana de los abastecimientos de agua de consumo humano se basa en la aplicación de barreras múltiples, desde la captación hasta el consumidor para evitar la contaminación del agua de consumo humano o para reducirla a niveles que no sean perjudiciales para la salud. La seguridad aumenta mediante la implantación de múltiples barreras, como la protección de los recursos hídricos, la selección y la operación correctas de una serie de etapas de tratamiento, y la gestión de sistemas de distribución (por tuberías o de otro tipo) para mantener y proteger la calidad del agua tratada. (OMS, 2011, p. 5).

Los mayores riesgos microbiológicos se asocian a la ingestión de agua contaminada con heces humanas o de animales (incluidas las de las aves). Las heces pueden ser fuente de agentes patógenos, como bacterias, virus, protozoos y helmintos. Puede haber aumentos repentinos en los niveles de agentes patógenos, lo que puede aumentar considerablemente el riesgo de enfermedades y que podrían desencadenar brotes de enfermedades transmitidas por el agua. (OMS, 2011, p. 6).

Las enfermedades infecciosas causadas por bacterias, virus y parásitos patógenos (p. ej., protozoos y helmintos) son el riesgo para la salud más común y extendido asociado al agua de consumo humano. La carga para la salud pública se determina por la gravedad y la incidencia de las enfermedades asociadas con agentes patógenos, su infectividad y la población expuesta. (OMS, 2011, p. 140).

Aunque el consumo de agua contaminada representa el mayor riesgo, otras vías de transmisión también pueden causar enfermedades, pues los agentes patógenos se transmiten por múltiples vías (p. ej., los adenovirus). Ciertas enfermedades graves ocurren por la inhalación de gotitas de agua (aerosoles) en las que los organismos causantes se han multiplicado debido a la mayor temperatura del agua y la presencia de nutrientes. Estas incluyen la legionelosis, causada por *Legionella* spp y las enfermedades causadas por la ameba *Naegleria fowleri* (la meningoencefalitis amebiana primaria) y *Acanthamoeba* spp. (Meningitis amebiana, infecciones pulmonares). (OMS, 2011, p. 145).

#### **2.4.1.1.1 Agentes patógenos de referencia**

Los criterios para seleccionar a los agentes patógenos de referencia incluyen los siguientes elementos: (OMS, 2011, p. 146).

- La transmisión por el agua establecida como una vía de infección;
- Suficientes datos disponibles para permitir que se realice la ECRM (evaluación cuantitativa del riesgo microbiológico), incluidos los datos sobre la relación dosis-respuesta en los seres humanos y la carga de morbilidad;

- Ocurrencia en las fuentes de agua;
- Persistencia en el ambiente;
- Sensibilidad a la eliminación o inactivación mediante procesos de tratamiento;
- Infectividad, incidencia y gravedad de la enfermedad.

#### **2.4.1.1.1.1 Virus**

Los virus son los agentes patógenos más pequeños y, por lo tanto, son más difíciles de eliminar por procedimientos físicos, como la filtración. Hay virus específicos que pueden ser menos sensibles a la desinfección que las bacterias y parásitos (p. ej., el adenovirus es menos sensible a la luz UV). Los virus pueden persistir durante largos períodos en el agua. Las dosis infecciosas generalmente son bajas. Se han identificado rotavirus, enterovirus y norovirus como potenciales agentes patógenos de referencia. (OMS, 2011, p. 151).

#### **2.4.1.1.1.2 Bacterias**

Las bacterias son generalmente el grupo de agentes patógenos más sensible a la inactivación por la desinfección. Algunos organismos patógenos de vida libre, como Legionella y micobacterias no tuberculosas, pueden proliferar en el agua, pero las bacterias entéricas normalmente no crecen en el agua y sobreviven durante períodos más cortos que los virus o protozoos. Muchas especies de bacterias infecciosas para los seres humanos son transmitidas por animales. (OMS, 2011, p. 152).

Hay agentes patógenos bacterianos potencialmente transmitidos por el agua para los cuales se han desarrollado modelos de dosis-respuesta, incluidos Vibrio, Campylobacter, E. coli O157, Salmonella y Shigella. El Vibrio cholerae toxigénico puede causar diarrea acuosa. La infección por E. coli O157 y otras cepas enterohemorrágicas de E. coli transmitidas por el agua es mucho menos común que la infección por Campylobacter, pero los síntomas de la infección son más graves, incluido el síndrome hemolítico urémico y la muerte. Una causa importante de diarrea en todo el mundo es Campylobacter. Shigella causa más de dos millones de infecciones cada año e incluye

cerca de 60,000 muertes, principalmente en los países en desarrollo. (OMS, 2011, p. 152).

Los protozoos son el grupo de agentes patógenos menos sensibles a la inactivación por la desinfección química. La irradiación de luz UV es eficaz contra *Cryptosporidium*, pero *Cryptosporidium* es altamente resistente a los desinfectantes oxidantes como el cloro. (OMS, 2011, p. 152).

### **2.4.2 Desinfección**

La desinfección tiene una importancia incuestionable en la seguridad del abastecimiento de agua de consumo humano. La eliminación de microorganismos patógenos es una operación fundamental que muy frecuentemente se realiza con productos químicos reactivos como el cloro. La desinfección constituye una barrera eficaz contra numerosos agentes patógenos (especialmente las bacterias) durante el tratamiento del agua de consumo humano y debe utilizarse tanto para las aguas superficiales como para las aguas subterráneas expuestas a la contaminación fecal. (OMS, 2011, p. 7).

### **2.4.3 Aspectos químicos**

Las preocupaciones relacionadas con la salud que se asocian a los componentes químicos del agua de consumo humano son distintas de las asociadas a la contaminación microbiana y se deben principalmente a la capacidad de los componentes químicos de producir efectos adversos en la salud luego de períodos prolongados de exposición. (OMS, 2011, p. 8).

La mayoría de las sustancias químicas presentes en el agua de consumo humano son potencialmente peligrosas para la salud sólo después de una exposición prolongada (durante años, más que meses). La excepción principal es el nitrato. (OMS, 2011, p. 185).

Los contaminantes químicos en el agua de consumo humano se pueden clasificar considerando la fuente principal del contaminante, es decir, agrupar las sustancias químicas en función del factor que se puede controlar de manera más efectiva. (OMS, 2011, p. 188).

#### **2.4.3.1 Origen natural**

Rocas, suelos y los efectos del marco geológico y el clima; masas de agua eutróficas (también influenciados por el vertido de aguas residuales y la escorrentía agrícola). (OMS, 2011, p. 188).

#### **2.4.3.2 Fuentes industriales**

Minería (industrias extractivas) e industrias de fabricación y procesamiento, aguas residuales (incluidos una serie de contaminantes, son motivo de preocupación), residuos sólidos, fugas de combustibles. (OMS, 2011, p. 188).

#### **2.4.3.3 Núcleos habitados**

Escorrentía urbana. (OMS, 2011, p. 188).

#### **2.4.3.4 Actividades agropecuarias**

Estiércoles, fertilizantes, prácticas de ganadería intensiva y plaguicidas. (OMS, 2011, p. 188).

#### **2.4.3.5 Tratamiento del agua o materiales en contacto con el agua de consumo humano**

Coagulantes, SPD, materiales de tuberías. (OMS, 2011, p. 188).

#### **2.4.3.6 Plaguicidas añadidos al agua por motivos de salud**

Larvicidas utilizados en el control de insectos vectores de enfermedades. (OMS, 2011, p. 188).

#### **2.4.4 Aspectos radiológicos**

También debe tenerse en cuenta el riesgo para la salud asociado a la presencia de radionúclidos de origen natural en el agua de consumo humano, aunque en circunstancias normales la contribución del agua de consumo humano a la exposición total a radionúclidos es muy pequeña. (OMS, 2011, p. 8).

El agua de consumo humano puede contener sustancias radiactivas ("radionúclidos") que podrían presentar un riesgo para la salud humana. En la evaluación de los riesgos para la salud, no se hace distinción entre los radionúclidos de origen natural y los que se derivan de actividades humanas. Sin embargo, se hace la diferenciación en términos de gestión de riesgos, porque en principio, los radionúclidos hechos por el hombre a menudo se pueden controlar en el punto de ingreso al sistema de abastecimiento de agua. En contraste, los radionúclidos naturales pueden entrar potencialmente al suministro de agua en cualquier punto o en varios puntos, antes de su consumo. Por esta razón, es más difícil el control de los radionúclidos de origen natural en el agua de consumo humano. (OMS, 2011, p. 239).

#### **2.4.5 Recolección de agua de lluvia**

La recolección de agua de lluvia es una práctica generalizada en el ámbito domiciliario, pero cada vez más se está utilizando a nivel de la comunidad. El agua de lluvia puede proporcionar una importante fuente de agua de consumo humano en algunas circunstancias, así como una fuente útil de agua para mezclarla con otras fuentes con el propósito de reducir los niveles de contaminantes que afectan la salud, como el arsénico y el fluoruro. (OMS, 2011, p. 112).

Los sistemas de recolección de agua de lluvia con una captación limpia, cisternas y tanques de almacenamiento cubiertos y tratamiento, según sea el caso, apoyados por una buena higiene en el punto de uso, pueden ofrecer agua de consumo humano con un muy bajo riesgo para la salud. (OMS, 2011, p. 113).

El agua de lluvia, inicialmente, está relativamente libre de impurezas, excepto las que capta de la atmósfera. Sin embargo, la calidad del agua de lluvia puede deteriorarse posteriormente durante la recolección, el almacenamiento y el uso domiciliario. El polvo que levanta el viento, las hojas, los excrementos de aves y de otros animales, los insectos y la basura en los alrededores, techos y cisternas pueden contaminar el agua de lluvia, al igual que las partículas de la atmósfera, como el hollín de materiales en combustión, de llantas descartadas, por ejemplo. (OMS, 2011, p. 113).

Se debe limpiar regularmente las superficies de recolección de agua de lluvia y las cunetas para minimizar la acumulación de residuos. Se deberán colocar mallas de alambre o filtros en la parte alta de los conductos para evitar que las hojas y otros desechos entren en los recipientes de almacenamiento, y se deberán limpiar con regularidad para evitar que se obstruyan. (OMS, 2011, p. 113).

## **2.5 Tratamiento de aguas**

En la mayoría de los países en desarrollo, gran parte de las aguas dulces que nutren a los humanos, riegan los cultivos, sostienen la vida acuática, están contaminadas por las aguas residuales generadas por actividades humanas. Las aguas superficiales tienen un papel significativo en la continua transmisión de enfermedades relacionadas a las excretas en América Central, especialmente la transmisión de los parásitos intestinales. (Oakley & Salguero, 2011, p. 1).

Las ciudades o centros urbanos del mundo producen una gran cantidad de aguas residuales, como consecuencia de las diversas actividades humanas tales como la agricultura, ganadería, industrias y las distintas actividades domésticas. Por esta razón, es indispensable que se lleve a cabo un proceso de tratamiento de aguas residuales con el cual se logra la desinfección para garantizar la calidad del agua para su reutilización. (Xinhai Group, 2017, p. 1).

## **2.5.1 Etapas del proceso de tratamiento**

El proceso de tratamiento de aguas residuales, consta de varias etapas, las cuales se exponen a continuación: (Xinhai Group, 2017, p. 1).

### **2.5.1.1 Etapa preliminar**

Se llama preliminar porque es la antesala del tratamiento de depuración de las aguas residuales. Este proceso cumple las funciones de regular y medir el caudal de agua que ingresa a la planta. Además, en este tratamiento se remueven los sólidos flotantes de gran tamaño, la arena y la grasa presentes en las aguas. (Xinhai Group, 2017, p. 1).

Estos agentes indeseables son eliminados mediante un proceso de filtración. En este proceso, el agua residual es preparada para facilitar su tratamiento, resguardar la instalación y evitar daños a los equipos usados en las distintas operaciones y procesos que conforman el sistema de tratamiento. (Xinhai Group, 2017, p. 2).

Se puede realizar una pre-aireación, con la cual se logra la eliminación de compuestos volátiles que se encuentran presentes en el agua residual, que tienen la característica de ser malolientes y aumentar el contenido de oxígeno en el agua. Al realizar este proceso, se disminuye la producción de desagradables olores en las próximas etapas del tratamiento de aguas residuales. (Xinhai Group, 2017, p. 2).

### **2.5.1.2 Etapa primaria**

El objetivo de este tratamiento es la eliminación de los sólidos en suspensión. Se realiza por medio de un proceso de sedimentación simple por gravedad o asistida por sustancias químicas. El agua residual es depositada en grandes estanques decantadores y queda retenida de 1 a 2 horas. (Xinhai Group, 2017, p. 2).

Se le agregan compuestos químicos como aluminio, polielectrolitos floculantes y sales de hierro para completar el proceso. Además, se logra la precipitación del fósforo, los sólidos en estado de coloides en un 70% o en suspensión muy finos. El proceso se

desarrolla a través del uso de maquinaria hidráulica, por lo que también se le reconoce como tratamiento mecánico. (Xinhai Group, 2017, p. 2).

### **2.5.1.3 Etapa secundaria**

El objetivo principal de esta etapa es eliminar la materia orgánica en estado coloidal y en disolución a través de un proceso de oxidación de naturaleza biológica. También, se logra la degradación de sustancias del contenido biológico presente en el agua residual, causado por desechos humanos. (Xinhai Group, 2017, p. 2).

Dentro de esta etapa se realizan procesos aeróbicos y anaeróbicos y fisicoquímico, como la floculación, que disminuyen gran parte de la demanda biológica de oxígeno y remueven las cantidades extras de sólidos sedimentales. (Xinhai Group, 2017, p. 2).

### **2.5.1.4 Etapa terciaria**

Esta es la etapa final del tratamiento de aguas residuales. En ella se realizan una serie de procesos, entre ellos la eliminación de agentes patógenos como bacterias fecales y de los nutrientes. Estos procesos aumentan a estándares requeridos la calidad del agua para ser descargada en mares, ríos, lagos y demás cuencas hidrográficas. (Xinhai Group, 2017, p. 3).

## **2.5.2 Métodos del proceso de tratamiento de aguas residuales**

Existen distintos métodos para el tratamiento de aguas residuales. Entre estos están: (Xinhai Group, 2017, p. 3).

### **2.5.2.1 Método primario o físico**

Consisten en la separación física de sólidos grandes. Los métodos físicos dependen de las propiedades físicas de los contaminantes tales como su peso específico, tamaño de las partículas, viscosidad. Entre los métodos usados están la sedimentación, filtración, regulación, flotación. (Xinhai Group, 2017, p. 3).

El objetivo del tratamiento primario o físico, es eliminar todas las materias gruesas y/o visibles que lleva el agua residual. El vertido de estas materias al medio receptor produce un impacto fundamentalmente estético. Si pasan a etapas posteriores de la línea de depuración se generan problemas y un deficiente funcionamiento de los procesos. Con el tratamiento primario, se trata de eliminar: (Chávez-Vera, 2017, p. 547).

- a) Residuos sólidos o basura que se pueden encontrar en un colector.
- b) Partículas discretas sedimentables o arenas, perjudiciales para los posteriores procesos de eliminación de contaminación.
- c) Grasas, flotantes y espumas, que pueden acceder a la superficie y adherirse a los objetos.

#### **2.5.2.2 Métodos secundario o químico**

Dependen de las propiedades químicas de los contaminantes o de los reactivos incorporados. Entre los métodos usados están la precipitación, coagulación, procesos electroquímicos, intercambio iónico, desinfección, oxidación, neutralización. (Xinhai Group, 2017, p. 3).

El tratamiento secundario o físico-químico realiza la reducción de sólidos suspendidos. Se reduce la turbidez y la demanda biológica de oxígeno que las bacterias consumen (DBO5), debido a que parte de los sólidos suspendidos son materia orgánica. Se elimina algo de contaminación bacteriológica (Coliformes, Estreptococos). De los sólidos suspendidos se trata de eliminar específicamente los sedimentables. (Chávez-Vera, 2017, p. 548).

Dentro de este proceso unitario se puede incluir la decantación primaria, flotación y los procesos físico-químicos, permitiendo éstos últimos un incremento en la reducción de los sólidos suspendidos y la DBO5. (Chávez-Vera, 2017, p. 548).

### 2.5.2.3 Método terciario o biológico

Se usan reacciones bioquímicas para eliminar contaminantes coloidales o solubles. Estos procesos pueden ser aeróbicos o anaeróbicos como lagunas aireadas, lodos activados, biodiscos, zanjas de oxidación, filtro percolador. (Xinhai Group, 2017, p. 4).

El tratamiento terciario o biológico, consiste en reducir la materia orgánica disuelta. El tratamiento básico es biológico. Se trata de eliminar tanto la materia orgánica coloidal como la que está en forma disuelta. Se consigue una coagulación y floculación de la materia coloidal orgánica por medio de biomasa. El proceso se va a basar en el consumo de la materia orgánica por organismos adecuados. En esta etapa se van a conseguir importantes rendimientos en eliminación de DBO. (Chávez-Vera, 2017, p. 549).

Entre los procesos de tipo biológico cabe distinguir:

- Fangos activos.
- Lechos bacterianos / filtros biológicos sumergidos.
- Biodiscos.
- Estanques de estabilización.
- Lagunas aireadas.

Después de esta operación, el efluente pasará por una etapa de clarificación para eliminar los flóculos biológicos que se ha producido (fangos en exceso).

### 2.5.3 Métodos de tratamiento mediante aplicación directa en el terreno

Entre estos métodos se mencionan los siguientes: (Rodríguez, 2015, p. 3).

- **Filtro verde.** Consisten generalmente en el cultivo de masas forestales, que además de favorecer la depuración de las aguas residuales permiten la explotación maderera

del cultivo, con lo que se consigue de forma indirecta la protección de los bosques, la recarga artificial de acuíferos y la mejora de la calidad de la atmósfera.

- **Infiltración rápida.** Se define como la aplicación controlada del agua residual sobre balsas superficiales construidas en suelos de permeabilidad media a alta. La aplicación se realiza de forma cíclica para permitir la regeneración aerobia de la zona de infiltración y mantener la máxima capacidad de tratamiento.
- **Escorrentía superficial.** Es un sistema de depuración relativamente nuevo, siendo en Estados Unidos de América, donde existe mayor número de instalaciones en funcionamiento. La técnica consiste en forzar la escorrentía del agua residual, mediante riego por circulación superficial en láminas, sobre una superficie muy lisa previamente acondicionado (en pendiente y con vegetación no arbórea), alternando períodos de riego con períodos de secado; dependiendo la duración de cada fase de los objetivos de tratamiento.
- **Lecho de arena.** Los filtros de arena son una de las tecnologías más antiguas para la depuración de aguas residuales que se conoce. Empleados de forma adecuada consiguen llegar a niveles de depuración muy elevados. Consisten en lechos de material granular, de tamaño de grano relativamente uniforme, adecuadamente drenados en el fondo. Se emplean generalmente como un sistema de afino de aguas tratadas previamente mediante otros sistemas como puede ser una fosa séptica.

### 2.5.3.1 Métodos acuáticos

Los métodos acuáticos, pueden ser: (Rodríguez, 2015, p. 5).

- **Lagunaje.** La depuración por lagunaje consiste en el almacenamiento de éstas durante un tiempo variable en función de la carga aplicada y de las condiciones climáticas, de forma que la materia orgánica resulte degradada mediante la actividad de los microorganismos presentes en el medio acuático. Las lagunas, también conocidas como estanques de estabilización, se clasifican en: anaerobias, facultativas y aerobias o de maduración.

- **Humedales.** Los humedales son terrenos inundados con profundidades de agua normalmente inferiores a 0.6 m con plantas emergentes. En estos sistemas el agua fluye continuamente y la superficie libre permanece al nivel del suelo, o mejor por encima del mismo (pues evita la proliferación de insectos), manteniéndolo en estado de saturación durante un largo período del año. La vegetación presente en estos sistemas proporciona superficies adecuadas para la formación de películas bacterianas, facilita la filtración y la adsorción de los constituyentes del agua residual, permite la transferencia del oxígeno a la columna de agua, y controla el crecimiento de algas al limitar la penetración de la luz solar.

Los humedales artificiales para el tratamiento de aguas de lluvia, tienen diversas tipologías: existen Humedales de Flujo Libre (HFL), Humedales de Flujo Subsuperficial (HFSS), que a su vez se divide en Humedales Subsuperficiales de Flujo Vertical (HSFV), y Humedales Subsuperficiales de Flujo Horizontal (HSFH). Este sistema de tratamiento natural se ha implementado desde los años 1970 en el estado de California, convirtiéndose desde entonces en una práctica muy empleada en Estados Unidos de América, a mediados de los años 1980. (Peña y Lara, 2012, p. 41).

Los humedales artificiales se pueden clasificar de acuerdo con varios criterios, pero los más importantes son dos: el régimen de flujo del agua (flujo libre y sub-superficial), y el tipo de micrófito que crece en él. Dentro de esta clasificación, los HFL son los más usados para el tratamiento de la lluvia, debido a su capacidad para controlar cambios en las características del agua. (Peña y Lara, 2012, p. 43).

#### **2.5.4 Tratamiento primario de aguas residuales**

Consiste en un conjunto de métodos físicos-químicos, aplicados con el fin de reducir el nivel de contaminación y del contenido de partículas en suspensión del agua. Estas partículas en suspensión pueden ser flotantes o sedimentables. Dependiendo del objetivo que se quiera lograr se emplea un sistema de filtro o flotación. (Xinhai Group, 2017, p. 4).

Los sistemas de flotación son empleados para excluir materiales sean por aire o gas disuelto. Por otro lado, los sistemas de flotación se emplean para extraer los sólidos gruesos del agua residual. Los principales métodos usados en este primer tratamiento de depuración de aguas residuales, se citan a continuación: (Xinhai Group, 2017, p. 4).

#### **2.5.4.1 Sedimentación**

Es el proceso por el cual las partículas se hunden al fondo debido a la acción de la gravedad. Se pueden eliminar los sólidos que el agua contiene hasta un 40%. Este proceso es realizado en unos estanques llamados decantadores. (Xinhai Group, 2017, p. 4).

#### **2.5.4.2 Flotación**

Se realiza para retirar las grasas, espumas y aceites que se encuentran en la capa superficial del agua debido a la baja densidad que estos tienen. Asimismo, se pueden eliminar partículas de baja densidad, para esto se inyectan burbujas de aire lo que facilita su ascensión. Con este método pueden eliminarse hasta un 75% de las partículas suspendidas. Este proceso se lleva a cabo en otros tanques llamados flotadores por aire disuelto. (Xinhai Group, 2017, p. 4).

#### **2.5.4.3 Neutralización**

Consiste en la normalización del pH para ajustarlo al valor del agua que es típicamente en el rango de 6-8,5. En el caso de aguas residuales ácidas (pH bajo) como aquellas que contienen metales pesados se le agregan sustancias alcalinas (pH alto) para aumentar el pH del agua. En aguas residuales alcalinas, por el contrario, suele usarse CO<sub>2</sub> para que disminuya el pH del agua hasta los valores normales. (Xinhai Group, 2017, p. 4).

### **2.5.5 Tratamiento secundario de aguas residuales**

Este tratamiento consiste en un conjunto de métodos biológicos que tienen el objetivo de eliminar la materia orgánica que se encuentra en las aguas residuales. Estos

métodos consisten en el trabajo que realizan algunos microorganismos y bacterias el cual se basa en transformar la materia orgánica en biomasa celular, gases, energía y agua. La eficacia de este tratamiento es de 90%. Dentro de este tratamiento se llevan a cabo diversos procesos aeróbicos y anaeróbicos, de acuerdo al detalle siguiente: (Xinhai Group, 2017, p. 5).

#### **2.5.5.1 Proceso aeróbico**

Son realizados en presencia de oxígeno, siendo indispensable introducirlo en los tanques donde se encuentran las aguas residuales. Durante esta etapa sucede parte de la degradación de la materia orgánica, de la cual se desprende CO<sub>2</sub> y agua. También ocurre la eliminación de los productos nitrogenados. (Xinhai Group, 2017, p. 5).

El amonio, procedente del nitrógeno altamente tóxico, en una reacción denominada nitrificación se transforma en nitrato. Por su parte, el nitrato, a pesar de ya no ser tóxico, es una forma asimilable del nitrógeno. Este podría causar una propagación de algas, así como el enriquecimiento en nutrientes de las aguas en el medio receptor. Mediante la desnitrificación este es convertido en nitrógeno y es liberado a la atmósfera. (Xinhai Group, 2017, p. 5).

#### **2.5.5.2 Proceso anaeróbico**

Son realizados en ausencia del oxígeno. Durante este proceso suceden reacciones fermentativas donde la materia orgánica es transformada en energía, dióxido de carbono y metano. Algunos de los métodos aerobios y anaerobios de depuración de aguas residuales son: (Xinhai Group, 2017, p. 5).

##### **2.5.5.2.1 Lodos activos**

Este proceso aeróbico consiste en agregar grumos o flóculos de materia orgánica con microorganismos al agua residual y constantemente infiltrar oxígeno para producir las reacciones. (Xinhai Group, 2017, p. 5).

#### **2.5.5.2.2 Filtros verdes**

Son cultivos que son regados con aguas residuales, por tener la capacidad de absorber sus compuestos. (Xinhai Group, 2017, p. 5).

#### **2.5.5.2.3 Lechos bacterianos**

Es un proceso aeróbico, que consiste en unos soportes donde están los microorganismos. El agua residual es echada en pocas cantidades para mantener así las condiciones aeróbicas. (Xinhai Group, 2017, p. 5).

#### **2.5.5.2.4 Digestión anaeróbica**

Es un proceso anaeróbico que es realizado en tanques completamente cerrados. Se usan principalmente bacterias que producen metano y ácido cuando degradan la materia orgánica. (Xinhai Group, 2017, p. 6).

### **2.6 Plantas de tratamiento de aguas**

Por medio del tratamiento de las aguas residuales, es posible eliminar de esta los factores contaminantes a diferentes niveles físico-biológicos, proporcionando un nivel de pureza al agua que permita su reutilización en los afluentes naturales con los que cuentan en una comunidad o región específica. Las plantas de tratamiento de aguas residuales, contribuyen a la conservación del medio ambiente. Ayudan a reducir la muerte de peces causada a la eutrofización, la cual es la baja demanda de oxígeno para vivir. (Xinhai Group, 2018, p. 1).

Una planta de tratamiento de aguas residuales es una instalación que cuenta con sistemas diseñados especialmente para retirar los contaminantes, vertidos en el agua, para que no representen un riesgo a la salud o al medio ambiente al ser incorporada a un cuerpo lacustre natural (mares, lagos o ríos). Asimismo, para que pueda ser rehusada en otras actividades de la vida cotidiana con la excepción del consumo humano, es decir, no para ser ingerida o para aseo personal. (Xinhai Group, 2018, p. 1).

Estas plantas trabajan las aguas negras o residuales de fábricas, empresas, bodegas e incluso de comunidades. Llevan a cabo procesos físicos, químicos y biológicos, que permiten la eliminación de los distintos agentes contaminantes que están presentes en el agua que es usada y desechada por las personas. El óptimo funcionamiento de la planta de tratamiento en cada una de sus etapas, es fundamental para que el resultado final cumpla con los requerimientos puntualizados a nivel ambiental. El nivel de descontaminación del agua depende de la calidad en los métodos que se realicen en la planta. No olvidando que el objetivo principal del procedimiento es suministrar agua depurada a los afluentes naturales. (Xinhai Group, 2018, p. 2).

### **2.6.1 Tipos de plantas de tratamiento de aguas residuales**

Debido a la enorme cantidad de agentes contaminantes en se encuentran en las aguas residuales, se han planteado varias opciones para su tratamiento. Estas envuelven a los distintos tipos de planta de tratamiento de aguas residuales. Dependiendo del uso que se desee dar al agua se pueden clasificar los tipos de plantas de tratamiento aguas residuales, se la siguiente manera: (Xinhai Group, 2018, p. 2).

#### **2.6.1.1 Plantas potabilizadoras**

Son llamadas también estaciones de tratamiento de agua potable. Son las encargadas de convertir las aguas residuales aptas para el consumo humano. En las industrias grandes, por lo general, se instalan dos unidades. (Xinhai Group, 2018, p. 2).

#### **2.6.1.2 Depuradoras de aguas residuales industriales**

Las estaciones depuradoras de aguas residuales (EDAR), son las más comunes entre los tipos de plantas de tratamiento de aguas residuales. El agua es reutilizada para los mismos procesos de las industrias, no siendo esta apta para el consumo humano. (Xinhai Group, 2018, p. 2).

### **2.6.1.3 Plantas desaladoras**

Absorben el agua salada que proviene del mar y la procesan para usos industriales y agrícolas. Las industrias ubicadas a orillas del mar son las que usan este tipo de planta. (Xinhai Group, 2018, p. 2).

### **2.6.2 Funcionamiento de las plantas de tratamiento de aguas residuales**

Las plantas de tratamiento de aguas residuales realizan el proceso de descontaminación del agua por medio de una serie de pasos específicos que permiten depurar el líquido con un alto grado de efectividad. El objetivo principal, es eliminar los residuos sólidos del agua y aplicar un proceso bioquímico para eliminar otro tipo de contaminantes. (Xinhai Group, 2018, p. 3).

Por lo general las plantas de tratamiento realizan tres procesos básicos para limpiar el agua residual. El agua recolectada es almacenada en grandes tanques donde los residuos sólidos se asientan para facilitar posteriormente el filtrado que termina de eliminar cualquier tipo de material sólido contenido en el agua. Posteriormente se realizan procesos de oxigenación del agua y tratamiento a nivel químico para eliminar minerales contaminantes y otras impurezas, con lo que finalmente el resultado será la descontaminación del líquido. (Xinhai Group, 2018, p. 3).

Las plantas de tratamiento de aguas residuales pueden tener distintas maneras de funcionamiento, dependiendo del nivel de purificación que se realice del agua y de los procesos que se empleen durante el proceso. No obstante, hay ciertos procesos básicos, que se realizan en el tratamiento de aguas residuales en los cuales la mayoría de las plantas tienen similitudes: (Xinhai Group, 2018, p. 3).

- El primer paso es llevar el agua residual a una planta de tratamiento a través de tuberías, hacia estanques.
- Almacenamiento del agua.

- Proceso de filtrado y descontaminación. El agua pasa por una serie de cámaras donde se llevan a cabo distintos niveles de filtrado.
- Estancamiento del agua, para que mediante procesos aeróbicos y anaeróbicos se efectúe la sedimentación de los contaminantes que estén presente en el agua.
- El agua que se obtiene de estos procesos está clarificada y lista para el tratamiento final a base de químicos que eliminan los residuos contaminantes que estén presentes en el agua.
- Una vez finalizados estos pasos, se revisa la composición del agua para ser comparada con la del afluente donde se liberará. De modo que esta se adapte correctamente al ambiente sin afectar su estado natural.

### **2.6.3 Diseño de plantas de tratamiento de aguas residuales**

El diseño de plantas de tratamiento requiere de estudios acerca del terreno, de la población y sus necesidades, así como proyecciones acerca del caudal de agua. También, la infraestructura, los recursos disponibles y los sistemas de tratamiento del agua a emplear, sea que trate de una planta para uso en la agricultura, industria o usos urbanos. (Xinhai Group, 2018, p. 5).

Las plantas de tratamiento de aguas residuales se encuentran ubicadas generalmente a cierta distancia de los poblados, debido a que la acumulación de aguas negras y grises produce emanaciones de fuerte olor. El agua debe ser trasladada mediante tuberías a las plantas de procesamiento; según la distancia a la que se encuentre la planta, se construyen estaciones de bombeo que facilitan el transporte del agua a su destino final. (Xinhai Group, 2018, p. 5).

Existen diversos elementos que se deben tomar en cuenta en el diseño de plantas de tratamiento de aguas residuales, los cuales se citan a continuación: (Xinhai Group, 2018, p. 5).

### **2.6.3.1 Composición del agua residual**

La composición del agua residual, es el primer elemento que se debe tomar en cuenta y es clave para el diseño de plantas de tratamiento de aguas residuales, ya sea que el agua residual provenga del uso humano, industrial o agrícola. En cada caso será diferente la composición del agua, lo que implica distintos modelos de tratamiento y operación de la planta. (Xinhai Group, 2018, p. 6).

Es importante tomar en cuenta la presencia de desechos orgánicos, elementos domésticos como material sólido y jabones. También, las sustancias presentes que pueden imposibilitar el desarrollo de bacterias para un tratamiento biológico. Estas sustancias podrían ser productos químicos, pesticidas o venenos. (Xinhai Group, 2018, p. 6).

### **2.6.3.2 Procesos tecnológicos**

Lo que determina el sistema que debe usarse es el grado de composición del agua residual. El agua, para la mayoría de las plantas, tendrá desechos humanos de las ciudades, por lo que será fundamental el tratamiento biológico con sistema anaeróbico. También, se debe tomar en cuenta el grado de descontaminación que se quiere lograr con los procesos. Esto dependerá de los usos que se dará al producto final. Si el agua va a ser destinada para uso agrícola, no son necesarios mayores niveles de purificación, más bien puede ser favorable la presencia de componentes orgánicos. (Xinhai Group, 2018, p. 6).

### **2.6.3.3 Otros elementos a considerar**

Es fundamental que, adicionalmente se consideren los siguientes puntos en el diseño de plantas tratadoras de agua residual: Impacto ambiental, alternativas de construcción, aspectos sociales y factores financieros. (Xinhai Group, 2018, p. 6).

### 3. METODOLOGÍA

La Metodología de investigación, contiene la explicación en detalle de qué y cómo se hizo para resolver el problema de la investigación relacionado con el tratamiento del agua de escorrentía en la colonia Ribera del Río, del Municipio de San Miguel Petapa. En general, es un resumen del procedimiento usado en el desarrollo de la investigación.

#### 3.1 Definición del problema

El problema de investigación en la colonia Ribera del Río, se refiere a que el diseño original de la colonia permite que el agua de escorrentía proveniente de las lluvias, desemboque en el río Plátano sin recibir ningún tratamiento, posteriormente el río Plátano, desemboca en el río Villalobos y este a su vez en el lago de Amatitlán, lo cual transporta material contaminante (Basuras y Sedimentos) que aceleran el proceso de eutrofización en el lago de Amatitlán. Este problema se agrava debido a la poca educación ambiental en la población que carece de buenas prácticas en el manejo de sus residuos sólidos y líquidos, los cuales son desechados de manera discriminada, sumado a la falta de infraestructura.

La problemática con las aguas de escorrentía durante la época de lluvia, genera molestias a los vecinos al acumularse el agua en las calles y en ciertas áreas de la colonia hasta se forman corrientes de escorrentía; adicional el agua está deteriorando el adoquín de las calles y la basura que cae en el río provoca que el agua no fluya, formando estanques que generan mal olor y sancudos.

El problema de investigación señalado, plantea la siguiente pregunta general de investigación:

¿Qué opciones tecnológicas se pueden considerar para el manejo de agua de escorrentía en la colonia Ribera del Río, del Municipio de San Miguel Petapa, departamento de Guatemala?

## **3.2 Delimitación del problema**

La delimitación se deriva de la definición del problema, expuesto en el inciso anterior. Sirve para definir la unidad de análisis, el período de investigación y el ámbito geográfico, que comprende la investigación.

### **3.2.1 Unidad de análisis**

Sistema de manejo del agua de escorrentía.

### **3.2.2 Período a investigar**

2020.

### **3.2.3 Ámbito geográfico**

Colonia Ribera del Río, ubicada en el municipio de San Miguel Petapa, departamento de Guatemala.

## **3.3 Objetivos**

Los objetivos constituyen los propósitos o fines de la investigación, en la que se plantean objetivos generales y específicos.

### **3.3.1 Objetivo general**

Proponer un sistema de manejo del agua de escorrentía en la colonia Ribera del Río, del Municipio de San Miguel Petapa, Departamento de Guatemala.

### **3.3.2 Objetivos específicos**

- Analizar la problemática del agua de escorrentía de la colonia Ribera del Río y su relación con los ríos Plátanos y Villalobos, y el lago de Amatitlán.
- Análisis del marco administrativo legal vinculado al manejo de las aguas de escorrentía en la colonia Ribera del Río.

- Identificar alternativas para el tratamiento adecuado del agua de escorrentía a fin de atender la problemática identificada.
- Realizar la propuesta integral para la atención de la problemática de las aguas de escorrentía en la colonia Ribera del Río.

### **3.4 Justificación**

La investigación se justifica por la importancia que tiene para el medio ambiente el tratamiento de aguas de escorrentía provenientes de precipitaciones pluviales en la colonia Ribera del Río. Para eliminar desechos sólidos en suspensión y reducir la contaminación de los mantos acuíferos en donde desemboca, el río Plátanos, que es afluente del río Villalobos y el lago de Amatitlán.

También se justifica la investigación por la necesidad de implementar un tratamiento de las aguas de escorrentía acorde a las necesidades y características de la colonia, basados en el marco administrativo legal vinculado al manejo de agua de escorrentía en el municipio San Miguel Petapa.

Una escorrentía inadecuadamente manejada puede provocar inundaciones, provoca daños en las calles y avenidas de la colonia, en las viviendas, cerrar la movilización, dañar el ornato por inundaciones, afectar la vida acuática, desviar los causes de los cuerpos de agua.

### **3.5 Método científico**

El método científico fue el fundamento de la investigación relacionada con la propuesta de creación de un sistema de tratamiento primario del agua de escorrentía en la colonia Ribera del Río, del Municipio de San Miguel Petapa, Departamento de Guatemala.

Para la aplicación del método científico se utilizó un enfoque de investigación experimental y cuantitativo, con un alcance correlacional. Siguiendo un proceso deductivo, secuencial y probatorio, con un orden riguroso. Las fases, fueron las siguientes: Definición de la idea a investigar; planteamiento del problema; desarrollo del

marco teórico; alcance del estudio; diseño de la investigación; recolección de datos; análisis de datos; y, elaboración de informe.

El método científico proporcionó las normas y reglas para llevar a cabo la investigación científica, en tres fases:

- Fase indagatoria: Para descubrir objetivamente, nuevos procesos o aspectos relevantes de procesos conocidos.
- Fase demostrativa: Sirvió para la demostración de la conexión racional entre los resultados obtenidos y la comprobación experimental, realizada.
- Fase expositiva: Consistió en la exposición de los resultados obtenidos del proceso de investigación, para que sirva de base a nuevas investigaciones.

El alcance de la investigación tuvo un enfoque cuantitativo. Se especifican propiedades y características del problema de investigación sujeto a análisis. El proceso permitió la recolección y medición de información relacionada con las variables de investigación.

El objeto de investigación fue el problema de las aguas de escorrentía en la colonia Ribera del Río, del Municipio de San Miguel Petapa, Departamento de Guatemala.

### **3.6 Técnicas e instrumentos de investigación aplicados**

Las técnicas son reglas y operaciones para el manejo de los instrumentos en la aplicación del método de investigación científico. Las técnicas de investigación documental y de campo aplicadas en la investigación, se refieren a lo siguiente:

#### **3.6.1 Técnicas de investigación documental**

Las técnicas de investigación documental, tales como la lectura analítica, elaboración de resúmenes, subrayado, entre otras, fueron la base para el desarrollo de la perspectiva teórica, a través de la revisión de la literatura disponible y la construcción del marco teórico del informe.

En el proceso de investigación cuantitativo, los pasos para el desarrollo de la perspectiva teórica, incluyeron: Revisión, detección, obtención y consulta de la literatura obtenida; extracción y recopilación de información de interés; y, construcción del marco teórico.

### **3.6.2 Técnicas de investigación de campo**

Las técnicas de investigación de campo sirvieron de base para la recolección de datos cualitativos, aplicando instrumentos de medición, para confrontar el trabajo conceptual y de planeación con la realidad.

La observación, permitió identificar el problema a través de las vivencias personales en el área de estudio, adicional se realizó recorridos en las calles de la colonia para poder conocer y analizar más a fondo el problema, utilizando como instrumento una libreta de apuntes y fotografías a las áreas que se han visto afectadas por la escorrentía, lo cual permitió un análisis posterior que nos dio los parámetros para determinar el alcance de la investigación, conocer de primera mano la problemática y proponer soluciones con mayor propiedad, basados en la experiencia.

En el proceso de investigación cuantitativo, los pasos que se siguieron para la recolección de datos fueron los siguientes:

- Definición de la forma idónea de recolección de datos de acuerdo con el planteamiento del problema y el alcance de la investigación.
- Para la recolección de datos requeridos, para el cumplimiento de los objetivos de investigación se realizó entrevista a la asociación de vecinos de la colonia y a vecinos del residencial para conocer su apreciación sobre el problema.
- Obtención y procesamiento de datos.
- Análisis y archivo de datos.

## **4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

El capítulo expone los resultados de la investigación en la colonia Ribera del Río, del Municipio de San Miguel Petapa, Departamento de Guatemala. La problemática bajo estudio es sobre los impactos que ocasionan las aguas de escorrentía en la colonia Ribera del Río, las cuales drenan hacia el río Plátanos, que a su vez se une con el río Villalobos, el cual desemboca en el lago de Amatitlán.

### **4.1 Situación de las aguas de escorrentía en la zona de estudio**

Derivado a la falta de drenajes y al diseño original que se le dio a las calles de la colonia Ribera del Río, las cuales tienen un leve desnivel hacia un costado de la colonia, el agua proveniente de las lluvias cae y recorre las calles del residencial, llevando a desembocar las aguas de escorrentía al río Plátanos, arrastrando consigo residuos, sedimentos, heces, aceites y otros tipos de desechos que el ser humano por la falta de cultura, higiene y conciencia ambiental tiran al suelo, lo cual provoca que todos estos desechos sean arrastrados por las aguas de escorrentía hasta llegar al río Plátanos, al río de Villalobos y finalmente al lago de Amatitlán. Esto genera contaminación del agua, alteración de la biodiversidad y enfermedades a las poblaciones vecinas que utilizan este líquido vital.

#### **4.1.1 Aspectos comunitarios**

El diagnóstico comunitario es esencial, no sólo brinda información acerca de aquellas cuestiones que deben ser resueltas, sino que también permite explorar a fondo los aspectos fundamentales de una sociedad.

##### **4.1.1.1 Demografía**

La colonia se encuentra ubicada dentro del municipio de San Miguel Petapa en el kilómetro 18.5 sobre la carretera a Villa Canales, al sur del departamento de Guatemala, cuenta con 1,390 casas y viven aproximadamente 5,560 personas, tiene un diámetro de 2.6 kilómetros y un área de 300,975.06 metros cuadrados. En su mayoría

los residentes son adultos, y es considerada como una colonia dormitorio, ya que por la distancia las personas salen muy temprano a trabajar a la ciudad capital y regresan de noche. Se puede considerar como un segmento socioeconómico medio bajo, que promueve, dentro del residencial actividades comerciales que se desarrollan principalmente por las tardes y por las noches. A su alrededor existen dos residenciales más, que ingresan a la colonia a consumir productos de primera necesidad y comida ya preparada.

#### **4.1.1.2 Organización local**

A continuación, se presentan los aspectos comunitarios más relevantes de la colonia Ribera de Río.

##### **4.1.1.2.1 Asociación de vecinos**

Los residentes de la colonia Ribera del Río se organizaron y crearon una asociación con el nombre de Pro-bienestar vecinos de Ribera del Río, elegida democráticamente, encargándose de brindar el servicio de seguridad en el residencial, velar porque todos los vecinos puedan convivir en una sana armonía, que los servicios generales funcionen adecuadamente, el correcto funcionamiento de los comercios existente, el buen funcionamiento de los servicios básicos y que les represente en cualquier gestión que se requiera, por lo cual cobra una cuota mensual de Q80.00 por cada casa existente dentro del residencial.

##### **4.1.1.2.2 Municipalidad de San Miguel Petapa**

La municipalidad de San Miguel Petapa trabaja en conjunto con la asociación de vecinos, brindando el servicio de agua, cuyo poso fue perforado dentro de las áreas verdes del residencial. Adicionalmente, brinda el mantenimiento a las áreas verdes, siendo esos dos servicios la única participación que tiene el Gobierno Municipal dentro del residencial. Cobra una cuota mensual de Q120.00 por brindar ambos servicios.

### 4.1.1.3 Descripción de la colonia

La colonia cuenta con un sistema de alumbrado eléctrico un pozo de agua potable, dos garitas de acceso y está conformada por 17 avenidas y 3 calles. En el boulevard principal se concentra el comercio, el cual está conformado de tiendas, venta de comida preparada, carnicerías, talleres mecánicos, lavanderías, farmacias, 3 iglesias de diferentes religiones, 4 colegios, un campo de futbol 11, una cancha de futbol 5 y 3 áreas de juego, 2 clínicas médicas, una clínica dentista, una veterinaria y un laboratorio clínico, 3 establecimientos especializados en el lavado de carro.

Las casas fueron diseñadas en al año 1993, originalmente de dos y tres dormitorios, pero a través del tiempo los dueños fueron modificándolas de acuerdo a sus necesidades. Aun así, un 65% de las casas sigue siendo de un nivel. Las calles son de concreto premezclado y están funcionando adecuadamente; sin embargo, no se ha dado mantenimiento y eso ha provocado que ya se visualicen algunas fisuras. El residencial fue diseñado para que el agua de escorrentía vaya a descargar al río Plátanos, el cual pasa a un costado del residencial.

**Figura 1: Toma aérea del residencial**



Fuente: Elaboración propia con información de Google Earth. 09-2020.

La imagen anterior permite apreciar el tamaño del complejo residencial, su ubicación y los puntos de descarga del río Plátanos que pasa a un costado. Los puntos de descarga están marcados con flechas rojas, todo ese costado está lleno de basura acumulada que ha salido de la colonia, lo cual convierte el río en un foco de contaminación que provoca mal olor en toda la colonia, principalmente en las noches y cuando llueve.

#### **4.1.1.4 Prácticas en el manejo de desechos sólidos**

El manejo de desechos sólidos consiste en la gestión de los residuos, lo cual implica recogerlos, transportarlos, tratarlos, reciclarlos y eliminar los materiales que se deben desechar. Estos residuos se generan como consecuencia de las actividades realizadas por los vecinos, dentro de su hogar o en la actividad comercial que existe dentro del complejo habitacional; el manejo adecuado tiene como fin reducir sus efectos sobre la salud y el medio ambiente.

##### **4.1.1.4.1 Los residentes de la colonia y visitantes botan la basura en las calles**

Derivado a la actividad económica de la colonia, los residentes y visitantes de colonias vecinas salen a las calles a realizar compra de alimentos, lavado y servicio a sus vehículos, entre otras actividades y eso provoca que voten basura a las calles, que caigan residuos de aceites de los vehículos y jabón de los lavados de carros. También se observa que las personas lavan sus parqueos y tiran el agua con jabón a las calles, todos estos residuos quedan sobre la superficie y al caer la lluvia los arrastran al río Plátanos que pasa a un costado de la colonia.

##### **4.1.1.4.2 No hay basureros en el vecindario**

Derivado a que los locales son pequeños, la mayoría de alimentos se venden para llevar y se ve a los vecinos comiéndolos mientras caminan por las calles o los consumen sobre las banquetas y al no existir un sistema de recolección de basura adecuado las personas tiran la basura al suelo, y eso incrementa la contaminación.

#### **4.1.1.4.3 Recolección de basura**

El servicio de recolección de basura lo brinda una empresa independiente a la asociación de vecinos y al servicio que presta la municipalidad. Este servicio consiste de un camión que pasa dos veces a la semana, y dos jóvenes toman la basura que cada vecino deja frente a su casa en bolsas o en botes. La Municipalidad de San Miguel Petapa brinda el servicio de recolección de basura en el boulevard principal. Sin embargo, no existe un servicio de limpieza y recolección de la basura de las calles, cada vecino debe limpiar el frente de su casa, pero es una iniciativa que queda al criterio de cada residente, por lo tanto, pocas personas lo practican.

#### **4.1.1.5 Reglamento de convivencia**

Existe un reglamento de convivencia vigente en la colonia Ribera del Río, en el cual se establece en el artículo 61, inciso d, que las personas autorizadas por la junta directiva para utilizar las áreas sociales para eventos o reuniones especiales, serán responsables de efectuar la limpieza al terminar su evento. También indica en el artículo 69 que no se deberá contaminar por ningún medio (desechos o sobrantes de materiales de construcción, basura, químicos, combustible, grasas, aceites, etc.) en las áreas comunales. En el artículo 70 se estipula que todos los propietarios y residentes deben cuidar y respetar los árboles, jardines y demás recursos naturales del residencial a fin de preservar y conservar la ecología. Así mismo consta en el artículo 72 que cuando un vecino o residente falte al normativo será sancionado, la cual puede ser desde una llamada verbal, hasta una multa que variará dependiendo de la gravedad de la infracción.

Sin embargo, al visitar las orillas del residencial que colindan con el río, se puede observar que han sido utilizados para tirar basura de todo tipo y ripio. Tampoco existe una red de recipientes de basura en diferentes puntos de la colonia que contribuya para que las personas no tiren la basura al suelo. Adicionalmente se debe de generar una campaña de concientización del cuidado de los recursos naturales y recordatorios visibles de las sanciones vigentes si un vecino es identificado tirando basura en las

áreas verdes del residencial. Se debe incluir en el normativo una sección para los comercios, donde los obligue a usar materiales biodegradables y asegurarse de que la basura sea depositada en los recipientes correctos y que los establecimientos de lavado, mantenimiento o reparación de vehículos no tiren residuos de jabón o aceites al suelo.

#### **4.1.2 Descripción de la situación actual de los drenajes pluviales y los problemas relacionados**

Fue diseñada en su arquitectura para que las aguas de escorrentía fueran a dar al río Villalobos, el cual pasa a un costado de la colonia, lo que ocasiona que toda la basura y desechos que los residentes y visitantes que se encuentren en las calles valla a dar al río Plátanos.

No existe un sistema de drenajes pluviales adecuado dentro de la colonia, eso provoca que en tiempos de lluvia no sean suficientes y el agua recorra las calles, arrastrando mucha contaminación, también genera molestias a los vecinos ya que en algunas áreas se generan corrientes y acumulación de agua, lo cual impide que las personas puedan cruzar las calles caminando, adicional deteriora adoquín y eventualmente provocará gastos de reparación. Solo existen cuatro tragantes a lo largo de la 11 avenida, seis en la segunda calle y una cuneta con tapadera que sirve como alcantarillado en el boulevard principal en la sexta avenida.

**Figura 2: Acumulación de agua en las calles**



Fuente: Imágenes propias tomadas en el residencial. 06-2020.

Tanto el agua que es conducida a través de los drenajes pluviales como la que recorre las calles van a dar al río plátanos sin ningún tipo de tratamiento o filtrado, por lo que esta investigación suma valor a los esfuerzos de la municipalidad para disminuir la contaminación causada al medio ambiente.

**Figura 3: Salida principal del agua de escorrentía**



Fuente: Imágenes propias tomadas en el residencial. 06-2020.

La imagen anterior corresponde a la 11 avenida de la colonia Ribera del Río y se puede apreciar cómo el agua de escorrentía sale de la colonia hacia el río Plátanos.

**Figura 4: Salidas secundarias del agua de escorrentía**



Fuente: Imágenes propias tomadas en el residencial. 06-2020

Como se puede apreciar en la imagen anterior, adicional a la salida principal del agua existente en la 11 avenida del residencial, existen 5 salidas secundarias más, con un total de 6 salidas de agua hacia el río Plátanos.

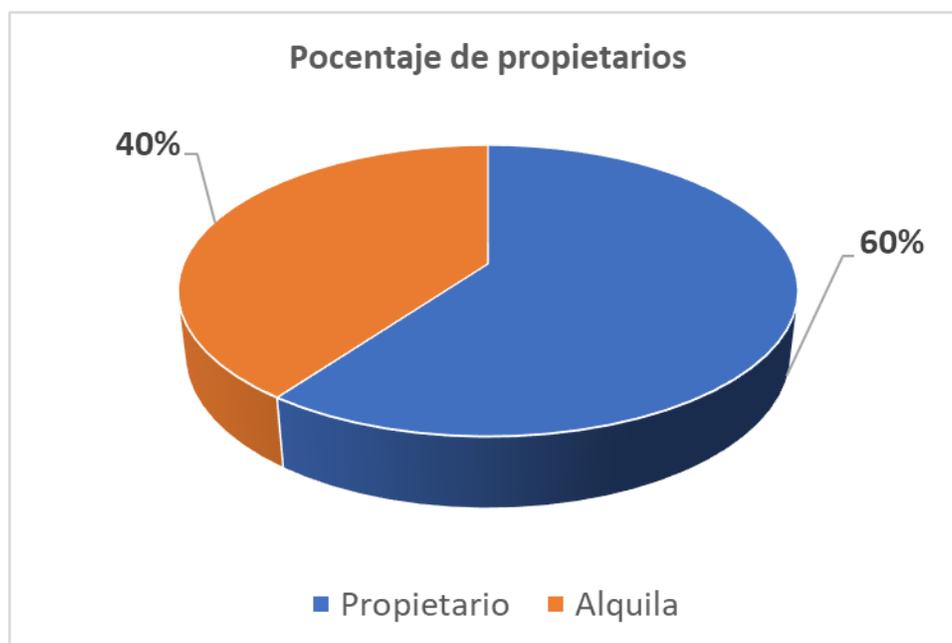
#### **4.1.3 Análisis de los resultados de entrevistas a la Asociación y vecinos.**

En este apartado se describe los resultados de las entrevistas realizadas a los vecinos con la finalidad de conocer si han sido afectados por la problemática y si están dispuestos a participar en la solución.

##### **4.1.3.1 Cantidad de residentes que son propietarios de la casa donde vive.**

La entrevista realizada a los representantes de la Asociación de vecinos refleja que el 60% de los vecinos son propietarios de la casa donde viven, beneficiando al proyecto ya que su interés por mejorar las condiciones de la Colonia es mayor; esto considerando que a mejores condiciones del ornato mayor es la plusvalía del complejo residencial.

**Figura 5 Propietarios e inquilinos que viven en la colonia Ribera del Río**

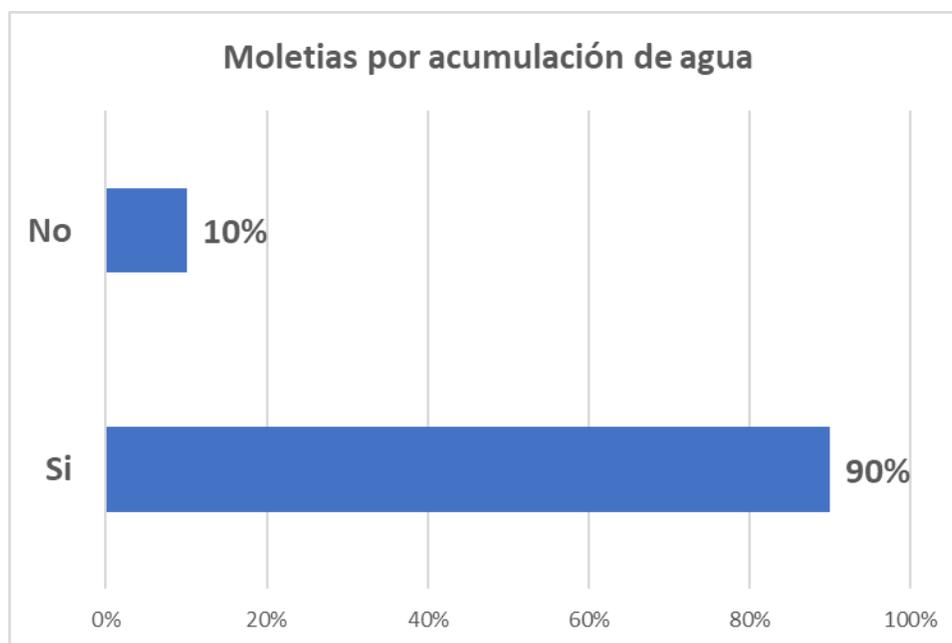


Fuente: Elaboración propia con información obtenida en entrevistas a la Asociación de vecinos. 08-2020.

#### **4.1.3.2 Vecinos que sufren molestias con la acumulación de agua en las calles donde viven.**

Las entrevistas realizadas a los vecinos reflejan que el 90% de los residentes en la Colonia sufren molestias por el agua acumulada derivado de las lluvias y únicamente el 10% respondió que no ha tenido molestias.

**Figura 6 Porcentaje de vecinos que sufren molestias por el agua acumulada proveniente de lluvias.**

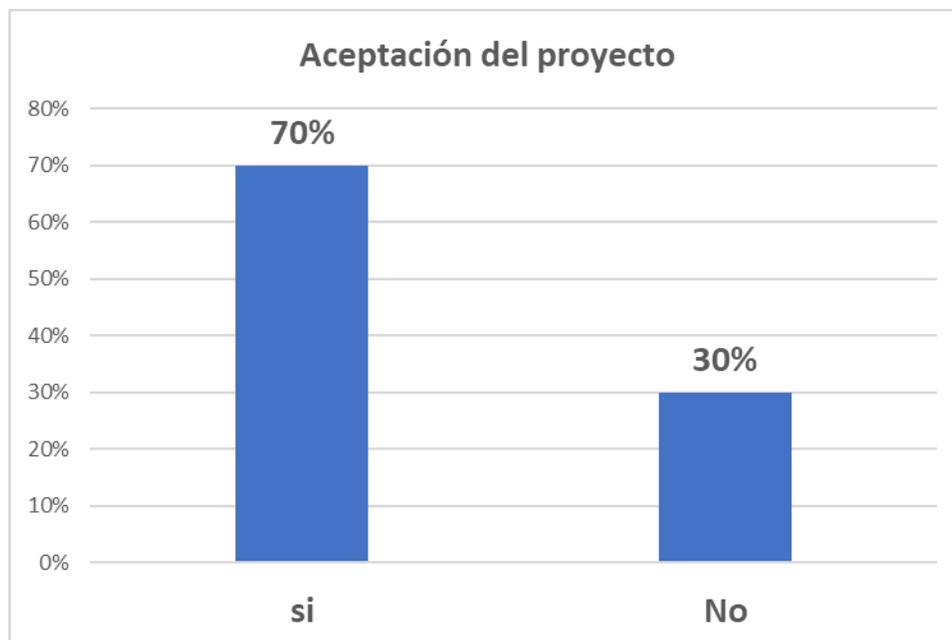


Fuente: Elaboración propia con información recolectada en entrevista con vecinos. 08-2020.

#### **4.1.3.3 Aceptación de la propuesta de implementar un adecuado manejo de las aguas de escorrentía.**

En la gráfica mostrada en la figura número 7 a continuación, se puede apreciar que el 70% de los residentes están de acuerdo y consideran que es apropiado implementar un sistema de tratamiento de aguas de escorrentía.

**Figura 7 Porcentaje de aceptación de la propuesta de tratamiento del agua de escorrentía**



Fuente: Elaboración propia con información recolectada en entrevista con vecinos. 08-2020.

#### **4.1.3.4 Residentes dispuestos a pagar una cuota para implementar la propuesta de proyecto de manejo de agua de escorrentía.**

Acorde a las entrevistas realizadas a los vecinos, el 70% de los residentes están dispuestos a pagar una cuota de Q219.42 para poder implementar el sistema de tratamiento de aguas pluviales, la cual será dividida en cuatro pagos mensuales, que se sumará a la cuota que actualmente pagan a la Asociación de vecinos.

**Figura 8 Vecinos dispuestos a pagar la cuota establecida para implementar el sistema de tratamiento de agua de escorrentía**



Fuente: Elaboración propia con información recolectada en entrevista con vecinos. 08-2020.

Con base a las gráficas analizadas entrevistas realizadas y al análisis de las gráficas anteriores, se puede evidenciar la necesidad que los vecinos tienen de que se implemente un proyecto que atienda las necesidades que genera la problemática del agua de escorrentía en la colonia, generando valor de forma inmediata en la reducción de olores, mosquitos y contaminación al río Plátano. Adicional a largo plazo representa ahorro en el mantenimiento del ornato y una mayor plusvalía para el residencial.

#### **4.2 Análisis del marco administrativo y legal**

A continuación, se presenta el contexto administrativo y el marco legal vinculado al manejo de las aguas de escorrentía y su impacto en la colonia.

## **4.2.1 Aspectos administrativos**

Los aspectos administrativos, son los siguientes:

### **4.2.1.1 Forma de propiedad**

Cada propietario es dueño exclusivo de su lote inscrito en el registro de la propiedad. En consecuencia, tendrá el dominio pleno y absoluto dentro de los linderos delineados en los planos correspondientes con la limitante que establecen las leyes del país, la normas exclusorias contenidas en la estructura de compra-venta. Las casas deberán ser destinadas única y exclusivamente para vivienda familiar o individual, en consecuencia no podrán destinarse a negocios de ninguna clase (tiendas, bares, verdulerías, discotecas, talleres o car-wash, o local, comercial de cualquier índole, etc.) tal y como está estipulado y aceptado por el propietario al momento de firmar el contrato de compra-venta con la constructora, en su caso tramitar el permiso correspondiente ante la Junta Directiva de la Asociación de Vecinos a efecto de autorizarlo o no según sea el caso.

### **4.2.1.2 Propiedad de las áreas verdes y calles de la colonia**

Las aceras, calles, redondeles, áreas verdes, áreas de recreación, deportivas, escolares y de reforestación son y están definidas como áreas comunales, destinadas al uso de todos los propietarios, arrendatarios y/o residentes de la colonia y ningún vecino puede adjudicarse el uso extensivo de estas áreas. El mantenimiento, su uso equitativo, racional y contralado quedara únicamente bajo la administración de la Asociación.

### **4.2.1.3 Derechos y obligaciones**

Las aceras, calles, redondeles, áreas verdes, áreas de recreación, deportivas, escolares y de reforestación están destinadas al uso de todos los propietarios, arrendatarios y/o residentes de la colonia. El mantenimiento, su uso equitativo, racional y contralado quedara únicamente bajo la administración de la Asociación.

La administración de los servicios está dividida, la Asociación de Vecinos administra y vela por la seguridad del residencial y la municipalidad brinda el servicio de provisión y distribución del agua, también se encarga del mantenimiento de las bombas de extracción del agua. Los vecinos tienen la obligación de pagar una cuota a la municipalidad por el mantenimiento a las áreas verdes y la provisión del agua potable, adicional pagan otra cuota a la Asociación para cubrir los gastos de contratos de la empresa de seguridad que brinda el servicio y los gastos administrativos (renta de oficina, papelería y útiles, electricidad y pago de nómina de personas encargadas).

#### **4.2.2 Marco legal**

La incidencia de la contaminación difusa de la escorrentía en el medio natural ha motivado la promulgación de normativas que limiten los valores de los contaminantes presentes en los efluentes vertidos a los cuerpos receptores.

##### **4.2.2.1 Inscripción de la Asociación como persona jurídica.**

Según el artículo 34 de la constitución política de la república de Guatemala, establece como un derecho para la persona, la libre asociación, así mismo el artículo 3 del Código civil guatemalteco, indica que las asociaciones y fundaciones son personas jurídicas, esto quiere decir que es una persona distinta a los miembros que la integran, pueden ejercitar todos los derechos y contraer las obligaciones que sean necesarios para realizar sus fines y será representada por la persona u órgano que designe la ley, las reglas de su institución, sus estatutos o reglamentos, o la escritura social. (Art. 16 Código Civil).

El artículo 102 del Decreto número 90-2005 del Congreso de la República, que contiene la Ley del Registro Nacional de las Personas, reformado por los Decretos número 31-2006 y 1-2007 emitidos por ese mismo Organismo, en el acuerdo en el acuerdo COM-020-08 establece que el registro, autorización e inscripción de las Asociaciones de Vecinos ante la Municipalidad del lugar que les corresponda. Confirmando que la Asociación de vecinos Pro Bienestar está legalmente constituida en la municipalidad,

inscrita en la SAT para poder emitir recibos contables y con el registro del presentante legal en el Registro Mercantil.

#### **4.2.2.2 Disposiciones constitucionales sobre el manejo de los recursos naturales**

La Constitución Política de la República de Guatemala (CPRG) protege el medioambiente a través de otros derechos humanos, pero también de forma independiente. En el primer caso, el artículo 1 de la norma constitucional señala que el Estado de Guatemala se organiza para proteger a la persona y a la familia, y que su fin supremo es la realización del bien común.

El artículo 2 de dicho cuerpo normativo establece el deber del Estado de garantizar a los habitantes de la República la vida, la libertad, la justicia, la seguridad, la paz y el desarrollo integral de la persona. Lo anterior significa, de acuerdo con la Corte de Constitución, que el Estado es responsable de crear las condiciones que permitan asegurar la existencia de la persona, para lo cual debe procurar implementar políticas públicas sociales que aseguren el desarrollo integral de la persona, y es en este punto donde la protección al medioambiente encuentra su relevancia.

En cuanto a la regulación expresa e independiente del derecho a un ambiente sano, esta se encuentra en el artículo 97 de la norma constitucional, que literalmente refiere: “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. Se dictarán todas las normas necesarias para garantizar que la utilización y el aprovechamiento de la fauna, de la flora, de la tierra y del agua, se realicen racionalmente, evitando su depredación”.

#### **4.2.2.3 Otros artículos de la constitución el cuidado del medio ambiente**

a) En el artículo 64 declara de interés nacional la conservación, protección y mejoramiento del patrimonio natural de la Nación.

- b) En el artículo 125 declara de utilidad y necesidad públicas, la explotación técnica y racional de hidrocarburos, minerales y demás recursos naturales no renovables.
- c) En el artículo 127 aborda el régimen de agua y declara estas como bienes de dominio público, inalienables e imprescriptibles.

De acuerdo al artículo 44 de la CPRG lo trascendental de que un derecho se encuentre reconocido en la norma constitucional es que esta última goza de supremacía en el ordenamiento jurídico, es decir, que se impondrá y prevalecerá frente a cualquier otra norma que trate de contravenirla, restringirla o tergiversarla.

#### **4.2.2.4 Código municipal**

Como se comentó en el apartado anterior el artículo 97 de la Constitución Política de la República de Guatemala (CPRG) reconoce el derecho a un ambiente sano, y asigna al Gobierno local la responsabilidad de prevenir la contaminación ambiental y mantener el equilibrio ecológico dentro del ámbito de sus competencias.

El artículo 70 del Código Municipal entre las competencias delegadas a las municipalidades se constituyen en actores clave para la promoción y gestión de los recursos naturales del municipio y mejorar la calidad de vida de sus vecinos. La mayoría de estas entidades afronta dificultades para lograrlo, principalmente por el incumplimiento de los servicios públicos a su cargo, tal como es el caso en la recolección de desechos sólidos.

El hecho de que las municipalidades gocen de autonomía no significa que puedan faltar a sus responsabilidades, ya que el decreto 31-2012 emitido por el Congreso de la República, establece en el artículo “Comete delito de incumplimiento de deberes, el funcionario o empleado público que omitiere, rehusare o retardare realizar algún acto propio de su función o cargo”.

Pese a esto, el INE reportó que en el 2014 se recolectó en Guatemala únicamente el 20 % de los desechos sólidos generados. El Ranking de la Gestión Municipal 2016

también reflejó que solo dos municipalidades de las 340 evaluadas tienen adecuados servicios de gestión de desechos sólidos, lo que significa que 338 municipalidades no cuentan con un manejo y tratamiento adecuado de estos residuos. Este panorama pone en evidencia la necesidad de que los gobiernos locales se involucren más en el cumplimiento de sus obligaciones legales para recoger y tratar los desechos sólidos que se generan en su territorio, así como garantizar su traslado a un lugar seguro.

En este punto es preciso aclarar que no toda la basura de un municipio es responsabilidad de los gobiernos locales, pues a estos únicamente les corresponde aquella que proviene de los domicilios, comercios, industrias (pequeñas), escuelas, mercados, etc., así como del barrido de las calles y áreas públicas. Por lo tanto, quedan excluidos del ámbito municipal los desechos hospitalarios, industriales peligrosos y los derivados de actividades agrícolas y pecuarias (arts. 106 al 108, Código de Salud).

La limpieza y ornato de un municipio va más allá del simple barrido de calles, pues abarca la construcción y mantenimiento de obras como monumentos, limpieza de tragantes, mantenimiento de puentes, jardines, calles y demás actividades que permitan mantener a los municipios limpios y bellos. Para efectos prácticos, esta competencia se abordará a través de la Ley de Arbitrio de Ornato Municipal y la Ley de Anuncios en Vías Urbanas, Vías Extraurbanas y Similares (Lavuves o Ley de Anuncios), de las cuales se desprenden las siguientes reglas específicas.

#### **4.2.2.5 Decreto 68-86, Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente**

El Artículo ocho del Decreto 68-86, Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente, dispone: Para la ejecución de todo proyecto, obra, industria o actividad que por sus características pueda producir deterioro a los recursos naturales o al medio ambiente, previamente a su desarrollo, se debe presentar un estudio de evaluación de impacto ambiental, realizado por técnicos en la materia y aprobado por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.

Decreto 68-86 del Congreso de la República “Ley de Protección y Mejoramiento del Medio ambiente”, del 5 de diciembre de 1986.

#### **4.2.2.6 Acuerdo ministerial 236-2006, Reglamento de las Descargas y Reúso de Aguas Residuales y de la Disposición de Lodos**

En cuanto al sistema hídrico, el mismo se impacta por varias razones; una de ellas la constituye las descargas de aguas residuales, domésticas e industriales, a cuerpos receptores de agua, sin aplicación previa del debido tratamiento. En este sentido es importante hacer mención de la existencia del Reglamento de Descargas y Reúso de Aguas Residuales y de la Disposición de Lodos, Acuerdo Gubernativo 236-2006, el cual regula la materia, pero para lograr un verdadero beneficio ambiental, es necesario sistematizar de una manera minuciosa su aplicación. Otro factor impactante del recuso agua, es ocasionado por la creciente industria de la vivienda, la que construye grandes proyectos habitacionales y pavimenta calles, obstruyendo la infiltración natural de las aguas pluviales, haciendo cada vez más escaso y profundo el manto freático, además de que para lograr sus objetivos dicha industria, cambia el uso del suelo, muchas veces talando extensiones de bosque.

#### **4.2.2.7 Creación del Ministerio Ambiental y Recursos Naturales**

Decreto 90-2000 del Congreso de la República de Guatemala, “Ley de Creación del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales”, del 11 de diciembre de 2000. Le corresponde formular y ejecutar las políticas relativas a su ramo: cumplir y hacer que se cumpla el régimen concerniente a la conservación, sostenibilidad y mejoramiento del ambiente y los recursos naturales en el país y el derecho humano a un ambiente saludable y ecológicamente equilibrado, debiendo prevenir la contaminación del ambiente, disminuir el deterioro ambiental y la pérdida del patrimonio natural.

### **4.3 Alternativas para el manejo del agua de escorrentía.**

En este apartado se presentarán las técnicas que actualmente se utilizan en la colonia Ribera del Río para el manejo de las aguas de escorrentía y las opciones disponibles en el mercado local, las cuales se pueden implementar para abordar la problemática y brindar alternativas de solución.

### 4.3.1 Opciones disponibles para el manejo de las aguas de escorrentía.

A continuación, se hace una descripción de los diferentes métodos y técnicas utilizados en el manejo de las aguas de escorrentía que podrían ser aplicados para la presente situación.

**Tabla 1: Pozos de infiltración**

<b>Técnica</b>	<b>Descripción</b>
Pozos de infiltración	Es un hoyo excavado en el suelo, relleno con piedras, que facilita la infiltración del agua en el suelo.
<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evita la formación de aguas estancadas que favorecen la proliferación de mosquitos.</li> <li>• Es un método sencillo y más barato que llevar el agua hasta una cuneta o una red de alcantarillado.</li> <li>• Permite fácilmente sacar la basura acumulada que llevó la escorrentía.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No purifica el agua, solo funciona para detener la corriente del agua y detener los elementos sólidos que pueda llevar.</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia con información de la investigación realizada. 08-2020.

**Tabla 2: Canaletas con rejilla**

Opción 1 Técnica	Opción 2 Técnica	Opción 3 Técnica
Canaleta plástica con rejilla	Canaleta de metal con rejilla	Canaleta de concreto con rejilla
<b>Descripción</b>	<b>Descripción</b>	<b>Descripción</b>
Es un conducto de agua al nivel de la tierra de material plástico.	Es un conducto de agua al nivel de la tierra de metal.	Es un conducto de agua al nivel de la tierra de concreto.
<b>Ventajas</b>	<b>Ventajas</b>	<b>Ventajas</b>
a) La solución es más rápida y fácil de implementar. b) El costo es más económico ya que la mano de obra de instalación también es menor	a) Encontrarás disponibilidad inmediata en el mercado. b) No se deforman por el calor. c) Tienen un costo bajo.	a) La vida útil es larga. b) No requiere mucho mantenimiento. c) No se mueven ni se desajustan, manteniendo el agua en su curso.
<b>Desventajas</b>	<b>Desventajas</b>	<b>Desventajas</b>
a) La vida útil es menor que los de concreto y de metal. B) Con el tiempo la canaleta se puede soltar o se puede arrancar, provocando que el agua pierda el curso deseado.	a) Pueden tener problemas de fugas alrededor de las uniones cuando se usan seccionadas. b) Pueden ser abolladas fácilmente por objetos contundentes. c) Se pueden agrietar con cambios constantes de temperatura.	a) El costo es alto. b) El tiempo de implementación es largo. c) La implementación genera más trabajo y molestias a los vecinos.

Fuente: Elaboración propia con información de la investigación realizada. 08-2020.

**Tabla 3: Técnica de túmulos en las calles**

Técnica	Descripción
Túmulos en las calles	Reductores de velocidad del agua, se colocan de forma sesgada permitiendo que el agua circule, pero de forma más lenta.
<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Fácil instalación.</li> <li>Costos bajos.</li> <li>Adicional ayuda a controlar la velocidad de los vehículos.</li> </ul>	No retiene la basura que arrastra el agua de escorrentía.

Fuente: Elaboración propia con información de la investigación realizada. 08-2020.

**Tabla 4: Técnica de basureros plásticos**

<b>Opción 1</b>	<b>Opción 2</b>
<b>Técnica</b>	<b>Técnica</b>
Basureros Plásticos	Basureros de Metal
<b>Descripción</b>	<b>Descripción</b>
Recipientes ubicados estratégicamente para recolectar la basura.	Recipientes ubicados estratégicamente para recolectar la basura.
<b>Ventajas</b>	<b>Ventajas</b>
a) Fácil instalación. b) Costos bajos. c) Reduce la basura en las calles, evitando que el agua de escorrentía lo arrastre al río.	a) Fácil instalación. b) Costos más bajos que los recipientes de metal. c) Reduce la basura en las calles, evitando que el agua de escorrentía lo arrastre al río.
<b>Desventajas</b>	<b>Desventajas</b>
Su implementación para que sea eficiente requiere ser acompañada con una campaña de educación ambiental.	Su implementación para que sea eficiente requiere ser acompañada con una campaña de educación ambiental.

Fuente: Elaboración propia con información de la investigación realizada. 08-2020.

#### 4.3.2 Situación con y sin proyecto.

Se presenta un cuadro comparativo de la situación actual sin proyecto y de la situación con proyecto para poder observar los resultados que ambas opciones generan a la infraestructura de la colonia y a los residentes.

**Tabla 5 Opción sin y con proyecto.**

Opción sin proyecto		Opción con proyecto	
Situación actual	Resultados obtenidos	Alternativa sugerida	Resultados obtenidos
Sistema de drenaje insuficiente	El sistema de drenajes existente es inadecuado, provocando inundaciones, escorrentías superficiales y deterioro del pavimento en las calles. Adicionalmente genera severo impacto al medio ambiente, devalúa el valor de las propiedades y pone en riesgo la vida humana.	Sistema de drenaje suficiente	El agua se conducirá por las canaletas; evitando inundaciones, mal olor, mosquitos y molestias a los vecinos. Esta situación reduce las amenazas a la vida, la plusvalía en las propiedades y los impactos al medio ambiente. Además, cumple con normas de seguridad y protección al medio ambiente (CONRED y MARN).
Falta de recipientes de basura	No existen recipientes de basura en las áreas comunes; sumado al comercio en el boulevard principal, se observa mucha basura en las calles. Afecta el ornato y puede influir en la presencia de vectores nocivos a la salud.	Implementación de recipientes de basura	Se ubicarán estratégicamente en las áreas recreativas y en las aceras donde hay más afluencia de personas para evitar que los vecinos arrojen la basura al suelo y darle el manejo adecuado.
Carencia de tratamiento del agua de escorrentía	No existe un de tratamiento de agua de escorrentía que aisle los desechos sólidos; esto provoca que toda la basura y otros materiales contaminantes que los vecinos arrojan al suelo sea arrastrada por la escorrentía hacia el río Plátano y posteriormente a el lago de Amatitlán.	Instalación de tratamiento del agua de escorrentía	Se colocarán al final de las canaletas para que el agua sea filtrada antes de ser vertida en el río para reducir la contaminación en el río Plátano y consecuentemente en el lago de Amatitlán.

Fuente: Elaboración propia con información obtenida de la observación y la presente investigación. 09-2020.

#### 4.4 Propuesta para el tratamiento de las aguas superficiales

Esta propuesta toma importancia dado que es responsabilidad de todos cuidar el medio ambiente y contribuye a alcanzar los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) impulsados por Naciones Unidas, compromiso que Guatemala adquirió al firmar el acuerdo.

No implementarla representa continuar contaminando el río Plátano y destruyendo el medio ambiente; acciones que son contrarias a los objetivos establecidos en la conferencia de Estocolmo; cuyo objetivo número 3 es garantizar una vida sana, el 6 garantizar la disponibilidad y la gestión del agua y el 9, busca lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles.

La propuesta se realiza a nivel de perfil, pues no ha sido posible obtener el detalle necesario para hacerlo a nivel de prefactibilidad. Aunque la solución ideal sería el rediseño completo del sistema de manejo de las aguas superficiales, la presente

propuesta propone hacer ajustes prioritarios al sistema actual, considerando las limitaciones financieras que prevalecen entre los involucrados.

#### **4.4.1 Aspectos sociales de la propuesta**

Esta propuesta ofrece una adecuación integral del ordenamiento social de los diversos actores, especialmente enfocando el esfuerzo en la inclusión de todos los actores a través de ajustes al ordenamiento vigente, inclusión de prácticas sencillas para promover la armonía y la participación de autoridades y vecinos en la inversión y en la operación del sistema, haciendo especial énfasis en la prevención.

##### **4.4.1.1 Socialización de la Iniciativa**

Este esfuerzo hará énfasis en la implementación acciones para informar a todos sobre el problema de las aguas de escorrentía y las diversas causas. Esto será con el fin de crear consciencia del papel que cada uno de los diversos actores involucrados tiene en su ámbito de acción.

Para el efecto se implementará una campaña de comunicación social a nivel de todos los vecinos, las autoridades municipales y autoridades locales, para crear un equipo de tarea consciente de la situación y de la necesidad de hacer ajustes en los normativos, en la definición e implementación de buenas prácticas y en los efectos nocivos que resultarían de seguir con el problema y prácticas que prevalecen actualmente.

Este proceso de socialización tendrá incidencia directa en la activación de la organización social, al promover la creación de comisiones de higiene y seguridad en los diversos sectores de la colonia que puedan mantener vigilancia sobre el cumplimiento de los normativos que se aprueben a nivel de Asamblea General.

De igual manera, la inclusión social y la socialización de la información estimulará la voluntad de participación de los involucrados, y actuará directamente en la reducción de la indiferencia, q hasta el momento ha sido la principal causa del deterioro del ornato y

del incremento del riesgo de erosión y de la destrucción acelerada de las calles y avenidas de la Colonia.

#### **4.4.1.2 Ajustes normativos**

A pesar de que, en el complejo residencial bajo estudio, existe un Reglamento de convivencia, puede notarse que el mismo debe ser reajustado para adecuarlo a la necesidad de implementar buenas prácticas en el manejo de los desechos sólidos. Por lo tanto, la propuesta consiste en hacer una adecuación total del reglamento de convivencia con obligaciones y penalizaciones para los vecinos, especialmente en las áreas comunes.

El enfoque central sería presionar a los comercios autorizados para que se obliguen a la instalación de depósitos para basura, así como a las autoridades propiciar la instalación de basureros en puntos estratégicos, con el afán de reducir la cantidad de desechos sólidos tirados en las calles, que durante las lluvias son trasladados hacia los puntos de salida hacia el río, con destino final en el Lago de Amatitlán.

Adicionalmente, se implementará un Reglamento de construcción como un reglamento independiente, a fin de normar el ordenamiento de las viviendas, el diseño, sus aportes de aguas servidas y de sus aguas pluviales. De igual manera, en áreas del bien común, se regulará el uso de las calles para depósito de material de construcción o para dejar indefinidamente vehículos en desuso.

#### **4.4.2 Aspectos técnicos de la propuesta**

La propuesta técnica integra varias líneas de acción:

##### **4.4.2.1 Canaletas con rejillas o cubiertas perforadas**

Este cambio implica la construcción de una cuneta en uno de los lados o en ambos, según la dimensión requerida para el manejo de los caudales medidos en la Colonia.

La ventaja de esta obra civil es que no roba espacio para el paso vehicular o para los peatones. Pues las tapaderas perforadas permiten que los caudales superficiales pasen a los canales que los llevarán hacia los pozos de infiltración. Dichos canales tendrán la pendiente necesaria para evitar que estancamientos durante el recorrido, como ocurre ahora.

**Figura 9: Propuesta de cuneta con tapadera perforada**



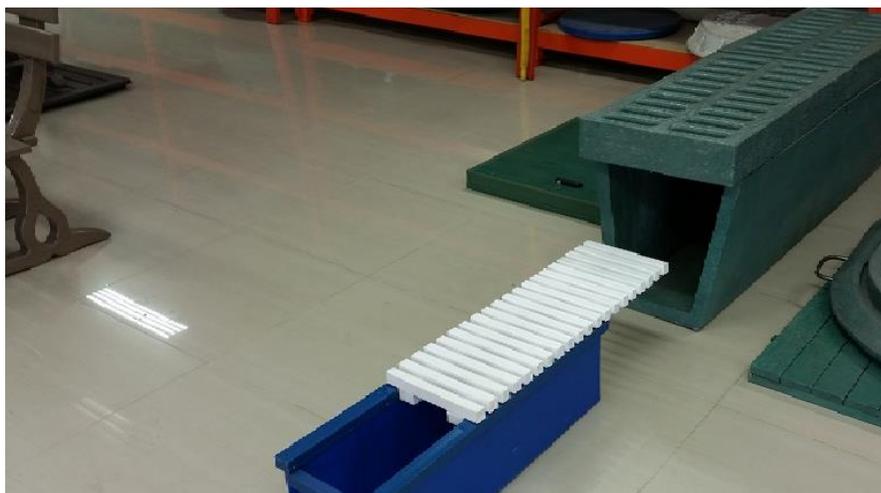
Fuente: Elaboración propia con base a la observación en el área de estudio. 08-2020.

**Figura 10: Canaletas de hormigón armado, para conducción de aguas pluviales.**



Fuente: Imagen descargada de la página [www.tapasyregistros.com](http://www.tapasyregistros.com). 08-2020

**Figura 11: Rejillas y canaletas de plástico reforzado para manejo de aguas pluviales**



Fuente: Imagen descargada de la página [www.tapasyregistros.com](http://www.tapasyregistros.com). 08-2020

**Figura 12: Área residencial con la aplicación de la cuneta con cubierta perforada**



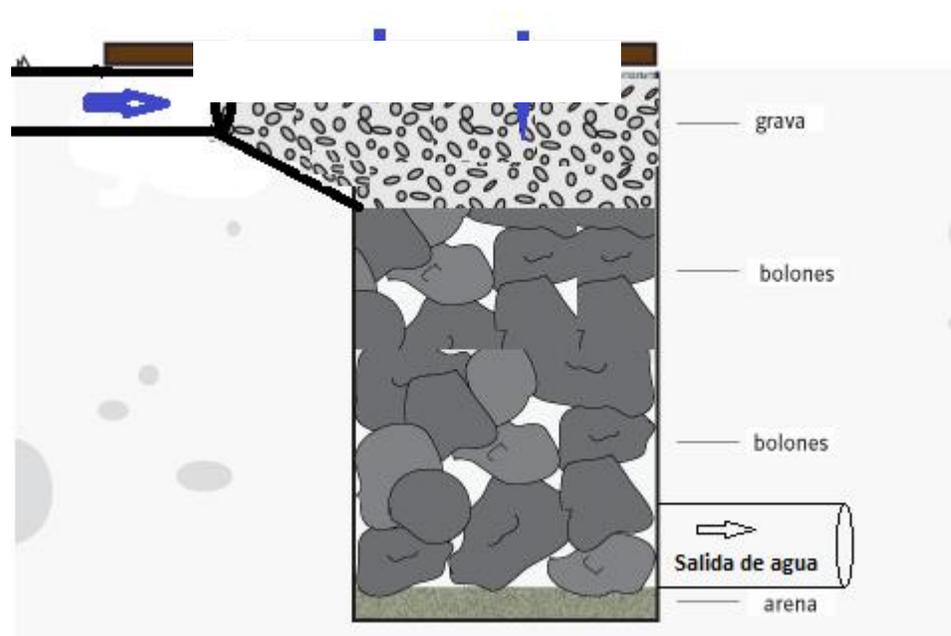
Fuente: Elaboración propia con base a fotografía de la zona. 09-2020.

#### **4.4.2.2 Pozos de Recolección de las aguas pluviales**

Al final de los canales de aguas pluviales, podrán instalarse pozos de infiltración que ayudarán a concentrar el agua de los diversos canales y servirán como trampas para que desechos sólidos pasen al río, y especialmente ayudarán a que la fuerza de salida del agua, cause problemas de erosión al integrar los caudales al río Plátanos.

Este tipo de estructura puede fabricarse de blocks directamente en el sitio o adquirirse prefabricados de concreto armado, para instalarse en cada una de las salidas de los canales que estarían operando con el nuevo diseño.

**Figura 13: Diagrama de un pozo de recolección de aguas pluviales para su incorporación al Río Plátanos.**



Fuente: Elaboración propia. 08-2020.

Esta misma opción puede ser adquirida prefabricada con plástico reforzado, que podría ser otra alternativa de implementación rápida.

**Figura 14: Pozo de recolección de aguas pluviales elaborado de plástico reforzado**



Fuente: PROINCO (2020).

#### 4.4.2.3 Implementación de Recipientes colectores de basura

En forma paralela a la adecuación del drenaje pluvial, se propone la integración de depósitos recolectores de desechos sólidos para evitar que los vecinos opten por tirar basura a la calle, la cual puede taponar el drenaje pluvial y aumentar la contaminación del río Plátanos y el mismo Lago de Amatitlán.

Muchas veces son excretas de mascotas, empaques de golosinas, envases y bolsas plásticas de diferentes tipos y otros que pueden ser depositados en estos recipientes para que sean recolectados por una unidad propia de la Asociación o de la Municipalidad, responsable del servicio de mantenimiento de los espacios públicos y ornato. El propósito será complementar el plan de educación para que no se deposite esos tapones que los drenajes pluviales (alcantarillas).

**Figura 15: Recipientes de bajo costo utilizados en áreas peatonales de la colonia**



Fuente: Elaboración propia con base a fotografía de la zona. 09-2020.

Otra opción que pudiera ser aplicable podría ser la que se muestra en la figura 12, que permite la separación de los residuos sólidos urbanos. Sin embargo, deben tener una estructura de protección para evitar la intemperie, deben tener una forma de estar asegurados para evitar el vandalismo y deben ser acompañados de un programa de

educación para los vecinos y para los recolectores de basura, para que puedan darles un manejo diferenciado a los residuos en mención.

**Figura: 16 Recipientes recolectores de basura clasificada.**



Fuente: Rubermaid (2020).

#### **4.4.3 Marco Administrativo**

La propuesta tiene su fundamento en la integración de esfuerzos entre los vecinos individualmente, la Asociación de Vecinos y las Autoridades Municipales. Estos esfuerzos deberán enfocarse en la atención de los compromisos que hasta la fecha han estado pendientes para el cumplimiento de lo establecido por el marco legal.

La Asociación de Vecinos ejerce el control de las actividades internas y desde hace poco tiempo, se ha integrado el gobierno municipal para operar algunos servicios básicos de la Colonia, como lo es el servicio de agua y el cuidado de las áreas verdes.

Tanto la planta de tratamiento de aguas residuales, o el sistema de manejo de las aguas de escorrentía no están operando apropiadamente, y están incurriendo en daños y perjuicios a los bienes de la comunidad, en la infraestructura y especialmente a los recursos naturales de la zona, especialmente al Río Plátanos y posteriormente, al Lago de Amatitlán.

Actualmente no se cuentan con Instrumentos ambientales predictivos, ni correctivos; por lo tanto, se está actuando de manera poco consecuente con los recursos naturales dentro y fuera del complejo residencial de Rivera del Rio. En el caso de que el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales decida hacer una auditoría, podrían ser sujetos multas por incumplimiento de las normas que se citan en el Marco Legal.

#### **4.4.4 Marco Legal**

Entre los elementos prioritarios que deberán enfocarse para cumplir con lo la ley, se pueden citar:

- Acuerdo Gubernativo 237-2016, Reglamento de Evaluación, Control y Seguimiento Ambiental, pues deberá hacerse un instrumento ambiental para cada uno de los proyectos que la Asociación de Vecinos y la Municipalidad estarán implementando.
- El acuerdo en el acuerdo COM-020-08 establece que el registro, autorización e inscripción de las Asociaciones de Vecinos ante la Municipalidad del lugar que les corresponda. Confirmando que la Asociación de vecinos Pro Bienestar está legalmente constituida en la municipalidad, inscrita en la SAT para poder emitir recibos contables y con el registro del representante legal en el Registro Mercantil.
- Decreto 236-2006, Reglamento de las descargas y reuso de aguas residuales y de la disposición de lodos, el cual define la obligación de los gobiernos locales para disponer apropiadamente de sus aguas pluviales, aguas residuales y disposición de lodos.
- Código Municipal (Decreto 12-2002), Define los derechos y las obligaciones de los gobiernos locales en el uso y manejo de los recursos naturales renovables. En el artículo 36, indica que deben fomentar el medio ambiente y los recursos naturales. Así como en el Artículo 58, inciso L, Se obliga al alcalde a velar por la conservación, protección y desarrollo de los recursos naturales de su circunscripción territorial.

- En el decreto 68-86, Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente, indica en el artículo 8, Para todo proyecto, obra, industria o cualquier otra actividad que por sus características pueda producir deterioro a los recursos naturales renovables o no, al ambiente, o introducir modificaciones nocivas o notorias al paisaje y a los recursos culturales del patrimonio nacional, será necesario previamente a su desarrollo un estudio de evaluación del impacto ambiental, realizado por técnicos en la materia y aprobado por la Comisión del Medio Ambiente.
- NRD2 – NRD3. Ambas son normas emitidas por CONRED para la reducción de Desastres.
  - NRD-2, se refiere a las normas mínimas de seguridad en edificaciones e instalaciones de uso público. En este caso, las instalaciones recreativas o deportivas en la Colonia Rivera del Rio, deberían considerar lineamientos y principios considerados en esta Norma.
  - NRD-3, define una serie de normas y procesos durante la fase de construcción de las áreas privadas y las áreas comunes.

#### **4.4.5 Aspectos ambientales de la propuesta**

Los aspectos ambientales de la propuesta, son los siguientes:

##### **4.4.5.1 Descripción del entorno biótico y abiótico**

En cuanto al entorno biótico, vale mencionar que esta es una zona residencial de clase media que anteriormente estuvo poblada por café. Todavía en las fincas vecinas se ubican extensas propiedades cultivadas con café y especies de sombra. La diversidad en la flora está bastante asociada al cultivo del café, y prevalecen especies como: musáceas (bananos), cítricos (mandarinas, naranja), la sombra protectora de árboles de las especies del género inga (paterna, cushin), eritrina (madre cacao) y gravilea.). Adicionalmente abundan gramíneas como caña brava, caña, pastos de diversas especies.

#### **4.4.5.2 Recurso abiótico**

En cuanto al recurso abiótico, puede mencionarse:

##### **4.4.5.2.1 Agua**

En cuanto a aguas superficiales, la colonia tiene en su lado sur el río Plátanos, que está dentro de la cuenca del Lago de Amatitlán, lo que aumenta la necesidad de tomar acciones que reduzcan el nivel de contaminación de los efluentes de la Colonia.

En cuanto a las Aguas superficiales, por la vocación del suelo y la abundante presencia de vegetación, en la zona existen pequeños afloramientos resultantes de los corrientes de aguas subterráneas que drenan hacia el Río Plátanos.

El río plátanos es altamente contaminado y en la temporada de invierno, recolecta aguas pluviales de una zona extensa y sus caudales amenazan con el socavamiento de los muros de la colonia y hasta con inundaciones.

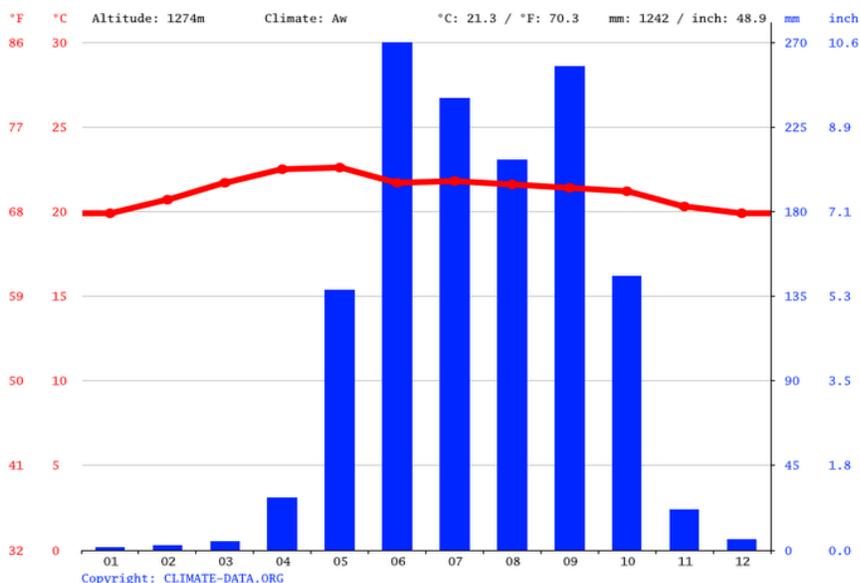
##### **4.4.5.2.2 Suelo**

Existen suelos profundos con muy buen drenaje y con potencial agrícola. Por la alta presencia de arena blanca, hace que dichos suelos tengan buen drenaje, pero cuando no tienen la protección debida, son también altamente vulnerables a la erosión. Su topografía es ligeramente inclinada hacia el Sur-Oeste a todo lo largo de la colonia.

##### **4.4.5.2.3 Clima**

El clima es templado con temperaturas que oscilan entre los 18 y los 25 grados Celsius. La precipitación pluvial oscila entre los 1800 a 2400 ml acumulados en el año. Pudiéndose notar que en el mes de enero es el mes más seco y junio el mes con mayor precipitación (casi 270 mm en el mes).

**Figura 17 Comportamiento anual de la precipitación pluvial (barras) y de la temperatura (línea) en el área de Rivera del Rio, Villa Canales, Guatemala**



Fuente: INSIVUMEH. 2019.

Se encuentra perfectamente definida la estación seca y la estación lluviosa. Esto evidencia el riesgo de inundación que tiene la colonia durante los meses de mayo a octubre, especialmente porque no existen definidas ninguna medida de prevención para manejar estos elevados caudales que se presentan en una zona residencial que fue construida en una zona ubicada entre la zona montañosa y el río plátanos, sin haber dimensionado apropiadamente las crecidas potenciales de las corrientes efímeras durante el invierno.

#### 4.4.6 Causas de impacto con el proyecto

A continuación, se presenta una lista de las principales:

**Tabla 6: Causas de impacto del proyecto**

Causa	Descripción	Construcción	Operación	Abandono
Polvo	Zanjeo y montaje	x		x
Erosión	Movimiento de tierra	x		x
Tráfico	Al cerrar calles	x		x
Vibraciones	Uso de maquinaria y equipo	x		x
Ruido	Uso de maquinaria y equipo			
Desechos Sólidos	Por trabajadores y vecinos	x	x	x
Aguas Residuales	Por trabajadores y vecinos	x	x	x
Generación de empleo	Al activar la economía local	x	x	
Impulso a negocios	Mejora acceso y menos amenazas		x	
Salud y Seguridad	No agua estancada y menos riesgos	x	x	
Paisaje	Al mejorar presentación	x	x	x
La comunidad	Al mejorar servicio	x	x	x

Fuente: Elaboración propia, con datos obtenidos de la investigación realizada. 08-2020.

#### 4.4.7 Impactos negativos sobresalientes

En la fase de construcción, el movimiento de tierras generará polvo, congestionamiento de tráfico, erosión, vibraciones, ruido y uso de materiales de construcción y maquinaria pesada. Muchos de estas causas serán de corta duración. La mayor parte de los costos ambientales están en esta fase, por todos los inconvenientes y gastos que esto ocasionará.

En la fase de operación: si todo funciona de la manera esperada, se tendrán muchos impactos positivos, tales como: manejo de aguas pluviales, prevención de deterioro de la infraestructura, se mejora el paisaje, se reduce el daño a los vehículos, problema de congestionamiento eliminado, amenaza a las viviendas, cierra los negocios, pero especialmente se reduce la erosión y la presencia de desechos sólidos en las aguas de escorrentía, se genera empleo y reduce las amenazas en las salidas de las aguas hacia al río.

#### 4.4.8 Impacto ambiental del proyecto – Matriz de Leopold

La matriz de Leopold es un método cualitativo de evaluación de impacto ambiental que nos permite ponderar el impacto de cada uno de los elementos naturales, lo cual nos permite identificar el impacto inicial de un proyecto en un entorno natural. A continuación, se presenta una matriz con la ponderación asignada a cada elemento natural, los cuales se encuentran en las filas y en las columnas se representan las actividades de construcción y operación del proyecto.

**Tabla 7 Matriz de Leopold**

Acciones		Tratamiento de Agua de Escorrentía											
		Magnitud: 1-10 Importancia: 1-10		FASES DEL PROYECTO									
		Magnitud (10=Grande, 5=Mediano, 1=Pequeña) Importancia 1=Nada, 10=Alta Signos en Magnitud: + Efecto Positivo - Efecto Negativo		Construcción					Operación				
Valoración		Canalita de Metal	Canalita de concreto	Canalita plástica	Estructura de Basureros	Pozos de infiltración	TOTAL FASE	Canalizar la escorrentía	Infiltración de la escorrentía	TOTAL FASE			
MEDIO ABIÓTICO	Suelos	Material de Construcción	-2	-2	-2	-2	-2	-23				0	
		Cobertura Vegetal	-1	-1	-1	-1	-1	-4	2	2	2	4	
		Características físico-químicas	-1	-1	-1	-1	-1	-3	6	7	7	65	
		Erosión	2	2	2	2	3	15	4	5	4	20	
		Fertilidad Natural	-1	-1	-1	-1	2	3	-1	2	3	3	5
	Agua	Eliminación de residuos sólidos						0	5	8	8	73	
		Calidad						0	2	5	6	36	
		Físico y químico						0	5	3	9	5	78
	Procesos	Inundación						0	8	6	2	6	54
		Solución						0	8	6	3	7	112
		Ruidos	-2	-2	-2	-3	-3	-12		7	7		0
		Polvos	-2	-2	-2	-1	-1	-7					0
MEDIO BIÓTICO	Flora	Árboles						0				0	
		Arbustos	-1	-1	-1	-1	-1	-5				0	
		Hierbas						0	2	2	2	4	
		Microflora						0	3	1	5	1	27
		Plantas acuáticas						0	3	1	7	5	38
	Fauna	Peces						0	4	1	7	6	46
		Organismos bentónicos						0	4	1	7	6	46
		Insectos						0	3	1	3	6	4
		Microfauna						0	3	1	3	1	6
MEDIO SOCIOECONÓMICO	Estéticos y de interés humano	Naturaleza						0	6	5	9	111	
		Paisajes	-3	-3	-3	-1	-1	-11	6	5	9	60	
		Parques y reservas						0	1	5	1	5	2
	Socioeconómica Comunitaria	Calidad de vida						0	5	2	9	91	
		Salud	-1	-1	-1			-3	6	2	8	68	
		Generación de Empleo	6	6	6	6	6	150	3	2	3	7	6
Comodidad	-1	-1	-1	-1	-1	-5	3	1	3	1	6		
<b>TOTALES</b>										91	962		

Fuente: Elaboración propia. 09-2020.

En la matriz Leopold se evaluó el impacto positivo y adverso que tendrá la implementación del proyecto de tratamiento de agua de escorrentía en la colonia Ribera del Río, así como la magnitud e importancia que tendrá cada actividad requerida en la etapa de construcción y operación de dicho sistema. Se puede apreciar que el proyecto tendrá un impacto positivo alto, promoviendo proteger el río y reducir el nivel de agua acumulada en las calles de la colonia. En la evaluación no se incluyó la etapa de abandono debido a que el proyecto tiene un propósito indefinido, por el contrario, se busca que puedan incorporarse modificaciones requeridas por cambios en los acuerdos gubernativos en un futuro.

- Etapa de construcción

En la etapa de construcción muestra un leve impacto negativo, el cual se puede categorizar como compatible, generando algunas molestias como ruidos, polvo, tráfico vehicular, desechos de materiales de construcción y lo incómodo de ver la tierra y las zanjas en el proceso de colocar las canaletas que conducirán el agua de escorrentía hacia los pozos de filtración, lo cual se removerá de forma inmediata al terminar las actividades del proyecto, en donde se aplicarán las medidas mitigatorias listadas en el siguiente inciso.

- Etapa de operación

Por el contrario, en la etapa de operación cada elemento evaluado muestra un alto impacto positivo en el medio ambiente, dado que su finalidad es reducir la acumulación de agua dentro de residencial y disminuir la contaminación del agua de escorrentía que desemboca en el río, confirmando con estos resultados que su ejecución contribuye al cuidado de los recursos naturales.

#### 4.4.9 Medidas de mitigación

Las medidas de mitigación, son las siguientes:

**Tabla 8 Medidas de mitigación**

<b>Impacto</b>	<b>Compromiso Ambiental</b>
Presencia de polvo	La empresa ejecutora deberá tener equipo de aspersión para minimizar el efecto del polvo en los vecinos.
Presencia de ruido	Se trabajará durante horarios específicos durante la jornada laboral de 8 a 16 horas, para evitar molestias durante las horas de descanso.
Vibración por el uso del equipo	Se trabajará en horarios definidos, para actividades puntuales y con el equipo correcto para evitar uso de equipo pesado innecesariamente.
Materiales de construcción en las calles	Se trabajará por sectores para que puedan irse completando y retornando a su condición normal cada sector. Se acumulará el material fuera de las calles para no alterar el tráfico.
Erosión de los caudales a su interpolación al río	Se diseñará un pozo de infiltración en cada salida de agua hacia el río. Eso minimizará la erosión y servirá de trampa para retener desechos sólidos contaminantes.
Paisaje	Luego de integrado el canal, todo será mejor organizado con jardinería y arbustos.
Presencia de basura	Se instalarán recolectores de basura para que los peatones y pequeños comercios depositen su basura y puedan ser operados por la Asociación de vecinos.

Fuente: Elaboración propia, con datos obtenidos de la investigación realizada. 08-2020

#### 4.4.10 Plan de contingencia

El plan de contingencia se presenta a continuación:

**Tabla 9 Plan de contingencia**

En caso de	Acción prevista
Inundación	Deberá trabajarse estrechamente con la Municipalidad y con los bomberos municipales para contar con apoyo en caso de emergencia.
Derrumbes en el zanjeo	
Accidentes laborales	Se deberá contar con kit de primeros auxilios, brigadistas certificados y comunicación con los bomberos para atención de los afectados.
Conflicto con vecinos	La Asociación de Vecinos deberá establecer reglamentos claros aprobados en Asamblea para evitar conflictos. Se tendrá un boletín local para mantener a todos informados sobre los planes y los resultados.
En caso de desbordamiento del río	Deberá contarse con el apoyo de CONRED para tomar acciones preventivas y correctivas.

Fuente: Elaboración propia, con datos obtenidos de la investigación realizada. 08-2020

#### 4.4.11 Aspectos económicos de la propuesta

Es importante resaltar que estas inversiones debieron haberse realizado desde la creación del complejo residencial. Sin embargo, aunque tarde, es determinante la realización de estas inversiones que vienen a reducir la vulnerabilidad general de las familias que residen en la Colonia.

No es una forma de inversión financiera esperando obtener un retorno financiero a la inversión. Sin embargo, no hacer estas adecuaciones la plusvalía de todo el complejo residencial puede caerse, por el incremento de la vulnerabilidad ante las amenazas conocidas (inundaciones por aguas pluviales, corrientes descontrolados del Río Plátano, y el deterioro de su infraestructura).

#### 4.4.11.1 Inversión inicial

La construcción de un sistema de manejo integral correctivo de las aguas de escorrentía podría requerir lo siguiente:

**Tabla 10 Inversión inicial**

<b>Ítem Constructivo</b>	<b>Costo</b>
Construcción de 900 metros de canales con tapadera, usando canaleta prefabricada y rejillas.	450,000.00
20 basureros hechos de metal y estructuras reforzadas, giratorios para facilitar la descarga (instalado).	Q20,000.00
Tres fosas de sedimentación con trampas de desechos sólidos fáciles de limpiar	Q50,000.00
Construcción de 500 metros de jardinería y plantación de arbustos.	Q20,000.00
Elaboración de panfletos	Q2,000.00
Elaboración de estructuras para espacios publicitarios	Q18,000.00
Reparación de daños ocasionados en las calles debido a la ejecución del proyecto.	Q50,000.00
<b>Total</b>	<b>Q610,000.00</b>

Fuente: Elaboración propia, con datos obtenidos de la investigación realizada. 09-2020.

Este costo estimado de Q610,000, es un precio estimado para cubrir la inversión inicial y llevarlo a hacerlo funcional.

Debe establecerse un acuerdo con la Municipalidad de San Miguel Petapa para que dicha inversión pudiera ser realizada bajo una modalidad de costo compartido. De manera que la Municipalidad de San Miguel Petapa cubra el 50% de la inversión (Q310,000.00) y el restante pueda ser compartido en forma proporcional entre todas las

viviendas de la colonia. De manera que aquellas personas que tenga más de una vivienda, deberán pagar una cuota por cada vivienda.

Trabajando de esa manera, y tomando en cuenta que existe un total de 1,390 viviendas, cada propietario debería hacer un aporte Q219.42 por cada vivienda. Dicho aporte podría ser cubierto en 4 cuotas mensuales de Q54.86, para que luego de completar la inversión se proceda a la ejecución.

**Tabla 11 Financiamiento de Inversión Inicial**

<b>Socios</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Aporte</b>	<b>Total Inversión</b>
Municipalidad de San Miguel Petapa			Q 305,000.0000
Viviendas de la colonia Ribera del Río	1,390	Q 219.4245	Q 305,000.0000
<b>Total Inversión</b>			<b>Q 610,000.00</b>

Fuente: Elaboración propia. 09-2020.

#### 4.4.11.2 Costos de Operación

En los costos de operación debe tenerse un equipo de trabajo de al menos dos personas que tengan la responsabilidad de:

**Tabla 12 Actividades de Mantenimiento**

<b>Descripción</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>° Recolectar la basura en los depósitos instalados recientemente.</li> <li>° Velar que las trampas de residuos sólidos en los pozos de sedimentación estén vacíos y listos.</li> <li>° Darle mantenimiento a la jardinería nueva y la existente.</li> <li>° Hacer los cobros en los espacios promocionales.</li> <li>° Verificar el cumplimiento de los reglamentos de construcción y convivencia.</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia. 08-2020.

Este rubro tendría un costo anual de aproximadamente Q105,084.00 correspondiente a los salarios de las dos personas encargadas del mantenimiento. Sin embargo, actualmente la Municipalidad de San Miguel Petapa ya se tienen definidas esas posiciones por lo que podría ser solamente una adecuación de la descripción de los puestos de trabajo y hacer ajustes en los salarios.

#### 4.4.11.3 Análisis de Ingresos

Se debe establecer un incremento mensual de Q6.30 en la cuota de mantenimiento, para poder asegurar que el sistema de alcantarillado pluvial y la jardinería puedan operar plenamente. Sin embargo, actualmente la municipalidad de San Miguel Petapa cobra una cuota mensual a la colonia por el servicio de agua y mantenimiento a las áreas verdes, por lo que ya se tienen definidas esas posiciones por lo que podría ser solamente una adecuación de la descripción de los puestos de trabajo y hacer ajustes en los salarios.

**Tabla 13 Análisis de Ingresos**

<b>Socios</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Aporte</b>	<b>Total</b>
Viviendas de la colonia Ribera del Río	1,390	Q 6.30	Q 8,757.00
<b>Ingresos Mensuales</b>			<b>Q 8,757.00</b>
<b>Ingresos Anuales</b>			<b>Q 105,084.00</b>

Fuente: Elaboración propia. 08-2020.

Adicionalmente, es posible obtener apoyo de empresas privadas que deseen utilizar los espacios publicitarios y generar un pequeño ingreso mensual que podría utilizarse para la instalación de gaviones especiales a todo lo largo del muro perimetral, así como la reforestación con plantas especiales en la parte externa que colinda con el Río Plátanos, a fin de reducir la vulnerabilidad que tiene la Colonia ante la amenaza que representa el Río Plátanos.

CONRED, COMRED y COLRED, deberán unificar esfuerzos con la colonia para desarrollar un plan conjunto para reducir el riesgo de inundación y para establecer sistemas de alerta temprana, lo cual vendría a evitar la pérdida de vidas humanas y el deterioro de la infraestructura actual de la Colonia.

Deberán preverse e implementarse cambios fuertes en el reglamento de convivencia para establecer normas de conducta que ayuden a recuperar el orden y el control en la zona no solo en el tema de protección ambiental e higiene, sino también en la seguridad ciudadana y control de la delincuencia común.

#### **4.4.11.4 Otros beneficios económicos**

Entre los principales beneficios económicos que la implementación de este proyecto puede traer a la colonia son los siguientes:

- Preservar la vida útil de la infraestructura vial.
- Eliminación de vectores transmisores de enfermedades.
- Mejorar el valor comercial de las propiedades (plusvalía).
- Ayuda a mejorar la convivencia e integración de la comunidad.
- Ayuda a mantener la calidad del medio ambiente (mejora del ornato y reducción de la contaminación).

## CONCLUSIONES

Los resultados de la investigación determinan que el inadecuado manejo del agua de escorrentía en la colonia Ribera del Río, provoca inundaciones, deterioro en el pavimento de las calles y contaminación al río Plátano. Para reducir el impacto negativo se propone un sistema de manejo de agua de escorrentía, el cual consiste en instalar canaletas de hormigón para conducir el agua pluvial adecuadamente, pozos de filtración para disminuir la contaminación a los receptores de agua y recipientes de basura para reducir los desechos sólidos que los vecinos arrojan discriminadamente en las calles.

A continuación, se presentan las conclusiones correspondientes a los objetivos específicos.

- 1) La problemática principal se debe a la topografía del terreno ya que tiene un desnivel que permite que el agua de escorrentía arrastre residuos, sedimentos, aceites, basura y otro tipo de desechos que contaminan el río Plátanos, río Villalobos y el lago de Amatitlán. Además, el diseño no cuenta con un sistema adecuado de drenajes pluviales, lo que provoca acumulación de agua en las calles durante la época lluviosa. Los vecinos agravan la situación al no tener una cultura de manejo de sus desechos residenciales.
- 2) El marco legal vigente protege el medio ambiente (CPRG, Código Municipal, Decreto 68-86, 236-2006 y código de salud), y establece responsabilidad a las instituciones del estado y a todos los ciudadanos para cuidar y proteger los recursos naturales y el medio ambiente. Sin embargo, dicha normativa no se cumple a cabalidad ni por el Municipio ni por la Asociación de Vecinos, ni por los vecinos que habitan la colonia. Tampoco el MARN realiza el monitoreo y verificación de dicho cumplimiento.

- 3) Existen varias opciones en el mercado local y nacional que ofrecen los equipos y tecnología para el manejo adecuado de las aguas de escorrentía que se han considerado en la presente investigación, para atender los otros problemas colaterales (pozos de infiltración, canaleta de concreto con rejilla y basureros plásticos).
- 4) Con base a la investigación realizada y los recursos financieros disponibles, se presenta y socializa una propuesta que permite mitigar los impactos y efectos del problema de las aguas de escorrentía, así como otros daños ocasionados a los vecinos y al medio ambiente.

## RECOMENDACIONES

A la Asociación de Vecinos y al Municipio de San Miguel Petapa, se le recomienda implementar el sistema de tratamiento de agua de escorrentía que se propone en este trabajo de investigación, con la finalidad de reducir los impactos negativos que ocasiona en las instalaciones de la colonia, vecinos y medio ambiente.

A continuación, se presenta las recomendaciones correspondientes a cada conclusión planteada por objetivo específico.

1. Fortalecer la organización local y buscar alianzas estratégicas con las autoridades municipales, empresas del sector y agencias cooperantes para elaborar un plan integral con la inclusión de todos los vecinos para atender la problemática identificada.
2. Al Ministerio de ambiente, se le recomienda establezca acciones de monitoreo y verificación a todas las municipalidades del país, especialmente en áreas como Ribera del Río del municipio de San Miguel Petapa, que son especiales por su proximidad al lago de Amatitlán que es ambientalmente muy vulnerable.
3. A la Asociación y al Municipio de San Miguel Petapa, se le recomienda elaborar un diseño técnico para el manejo integral de las aguas escorrentías utilizando tecnología ambientalmente amigable disponible en el mercado nacional.
4. A la Asociación de Vecinos y al Municipio de San Miguel Petapa, se le recomienda implementar la propuesta de manejo integral de las aguas de escorrentía elaborado en este documento, buscando una participación activa de todos los vecinos, a través de la adopción plena de los reglamentos internos.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Aguilar, W. J. (2019). *Ampliación y mejoramiento centro recreativo Sabana Grande*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.
2. Baca Urbina, G. (2013). *Evaluación de Proyectos*. México. McGraw Hill. Séptima edición.
3. Breña Puyol, A. F. & Jacobo Villa, M. A. (2006). *Principios y fundamentos de la hidrología superficial*. México. Universidad Autónoma Metropolitana.
4. CEPAL. (2000). *Manual de captación y aprovechamiento del agua de lluvia. Experiencias en América Latina*. Chile.
5. CEPAL. (2015). *Evaluación social de proyectos. Un Resumen de las principales metodologías oficiales utilizadas en América Latina y el Caribe*. Naciones Unidas. Chile.
6. Decreto 68-86. *Ley de protección y mejoramiento del medio ambiente*. Congreso de la República de Guatemala.
7. Alaitz Mendizabal, Luis Miera, Marian Zubia. (2002). *El modelo de Markowitz en la gestión de cartera*. Bizkaia: Universidad del país Vasco-Euscal Herrico Unibertsitate.
8. Chain, N. S. (2011). *Proyectos de Inversión, Formulación y Evaluación*. Chile: Pearson.
9. Chapman, A. D. (Septiembre de 2009). *Números de especies vivas en Australia y el mundo 2da Edición*. Obtenido de australianos de información sobre la biodiversidad, ISBN (en línea) 978 0 642 56861 8: <http://www.environment.gov.au/science/abrs/publications/other/numbers-living-species/executive-summary>
10. Chávez-Vera, I. (2017). *Diseño e implementación de un sistema de tratamiento de aguas residuales*. Ecuador. Universidad Eloy Alfaro de Manabí.

11. Concepción, U. d. (Junio de 2017). *You tube*. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=LcQPPnd3zKk>
12. Córdova Padilla, M. (2013). *Formulación y evaluación de proyectos*. Colombia. Ecoe Ediciones. Segunda edición.
13. DOLDAN TIE. (1994). *Economía Financiera de la empresa*.
14. Educación, M. d. (s.f.). *Ministerio de educación*. Obtenido de [http://www.mineduc.gob.gt/estadistica/2012/data/index\\_anexo.html](http://www.mineduc.gob.gt/estadistica/2012/data/index_anexo.html)
15. Estadísticas, I. N. (Octubre de 2015). *ine.gob*. Obtenido de <https://www.ine.gob.gt/sistema/uploads/2015/10/16/iQH6CPCSZUC1uOPe8fRZPen2qvS5DWsO.pdf>
16. FAO, O. d. (s.f.). *fao.org*. Obtenido de <http://www.fao.org/climate-change/international-finance/global-environment-facility-gef/es/>
17. Federico Villareal, U. N. (2004). *Teoría del portafolio*. Lima, Perú.
18. Fenchel, T. (20 de febrero de 2012). *Taylor Francisco Online* . Obtenido de <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00785326.1969.10409647>
19. Fernández Barrera, A. (2009). *Desarrollo de un sistema de tratamiento del agua de escorrentía superficial procedente de aparcamientos impermeables, usando flujo ascendente y geotextiles*. España. Universidad de Cantabria.
20. Franco, E. C. (s.f.). *Evaluación de Proyectos Sociales*. Argentina: Grupo editor latinoamericano.
21. Gamboa, Y. (s.f.). *Guía para la escritura del ensayo*. Florida: Florida Atlantic University.
22. Germán Carnevalí Fernández-Concha, Victoria Sosa, José Luis León de la luz, Jorge León Cortés . (2004). *Colecciones biológicas*. Mexico: Centro de investigación Conacyt.
23. Gomez-Bezares, F. (1995). *Panorama de la teoría financiera*. Boletín de Estudios Económicos .

24. Gorostiaga, J. C. (2015). *Gestión y Control Administrativo de las Operaciones de Caja*. España: Ediciones Paraninfo.
25. Granados, J. A. (2012). *Mercado de capitales y Portafolio de inversiones*. Medellín: Universidad de Medellín.
26. González Toro, C. (2009). Manejo y control de las aguas de escorrentía para mantener la calidad del agua. Puerto Rico.
27. Guatemala, B. C. (2019). *Banguat*. Obtenido de <http://www.banguat.gob.gt/inc/main.asp?id=51809&aud=1&lang=1>
28. Guatemala, G. d. (2018). *GREPALMA.ORG*. Obtenido de ISBN 978-9929-778-21-4: [https://www.grepalma.org/wp-content/uploads/2018/07/GREPALMA\\_Ints\\_Anuario\\_Estadistico.pdf](https://www.grepalma.org/wp-content/uploads/2018/07/GREPALMA_Ints_Anuario_Estadistico.pdf)
29. Instituto de agricultura, recursos naturales, y ambiente (IARNA); Instituto interamericano de cooperación para la agricultura (IICA). (2015). *Publicaciones URL*. Obtenido de <https://www.url.edu.gt/publicacionesurl/FileCS.ashx?Id=40392>
30. Innovagua (2012). Historia del tratamiento del Agua. Costa Rica.
31. IRTRA. (s.f.). *IRTRA*. Obtenido de <http://irtra.org.gt/sobre-nosotros/>
32. Janneth A. Viñan Villagrán; Mariana I. Puente Ríofrío; Juan A. Ávalos Renes; Juan R. Córdova Prócel. (2018). *Proyectos de inversión: un enfoque práctico*. Riobamba, Ecuador: La caracola Editores.
33. Jiménez, J. I. (2003). *Riesgo e incertidumbre en la gestión de proyectos informáticos*. Partida Doble.
34. Karam MA, Guadalupe R, Bustamante PL, Galvan JM. . (2005). *Plaguicidas y Salud de la población. Vol. 11-3; 246-254*. CIENCIA ergo sum.
35. Lawrence J. Gitman, C. J. (2012). *Administración financiera*. México: Pearson.
36. (Minfin), M. d. (2013). *Guía Coneptual de Planificación y Presupuesto por Resultados para el Sector Público de Guatemala*. Guatemala.

- 37.naturaleza, F. m. (22 de Marzo de 2015). *WWW.ORG.PE*. Obtenido de <https://www.elheraldo.co/economia/la-agricultura-consume-el-70-del-agua-en-el-mundo-188535>
- 38.Nova, A. B. (2008). *Finanzas par ano financistas*. Pontificia universidad Javeriana.
- 39.Organización Mundial de la Salud, OMS. (2011). Guías para la calidad del agua de consumo humano. Cuarta edición que incorpora la primera adenda. Suiza.
- 40.Organización Mundial de la Salud, OMS. (2017). 2100 millones de personas carecen de agua potable en el hogar y más del doble no disponen de saneamiento seguro. Ginebra, Suiza. Comunicado de Prensa.
- 41.Oakley, S. M. & Salguero, L. (2011). Tratamiento de aguas residuales domésticas en Centroamérica. Manual de experiencias, diseño, operación y sostenibilidad. USAID.
- 42.okdiario. (25 de Septiembre de 2019). *Qué son los bentos marinos*. Obtenido de okdiario: <https://okdiario.com/curiosidades/que-son-bentos-marinos-4179574>
- 43.Peña Guzmán, C. A. y Lara Borrero, J. (2012). Tratamiento de aguas de escorrentía mediante humedales artificiales: Estado del Arte. Colombia. Universidad de Nueva Granada.
- 44.Perea Arias, O. D. (2011). Guía de Evaluación de Programas y Proyectos Sociales. Madrid. Edición Plataforma de ONG de Acción Social.
- 45.Pérez, J. M. (1997). *Industria Azucarera en Guatemala, análisis*. Costa Rica: INCAE.
- 46.Project Management Institute, I. (2017). *PMBOK GUIDE SIXTH EDITION*. Estados Unidos: GLOBALSTANDARD.
- 47.Rodríguez Gálvez, H. (2016). Técnicas de depuración natural de aguas residuales. España. Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Alicante.

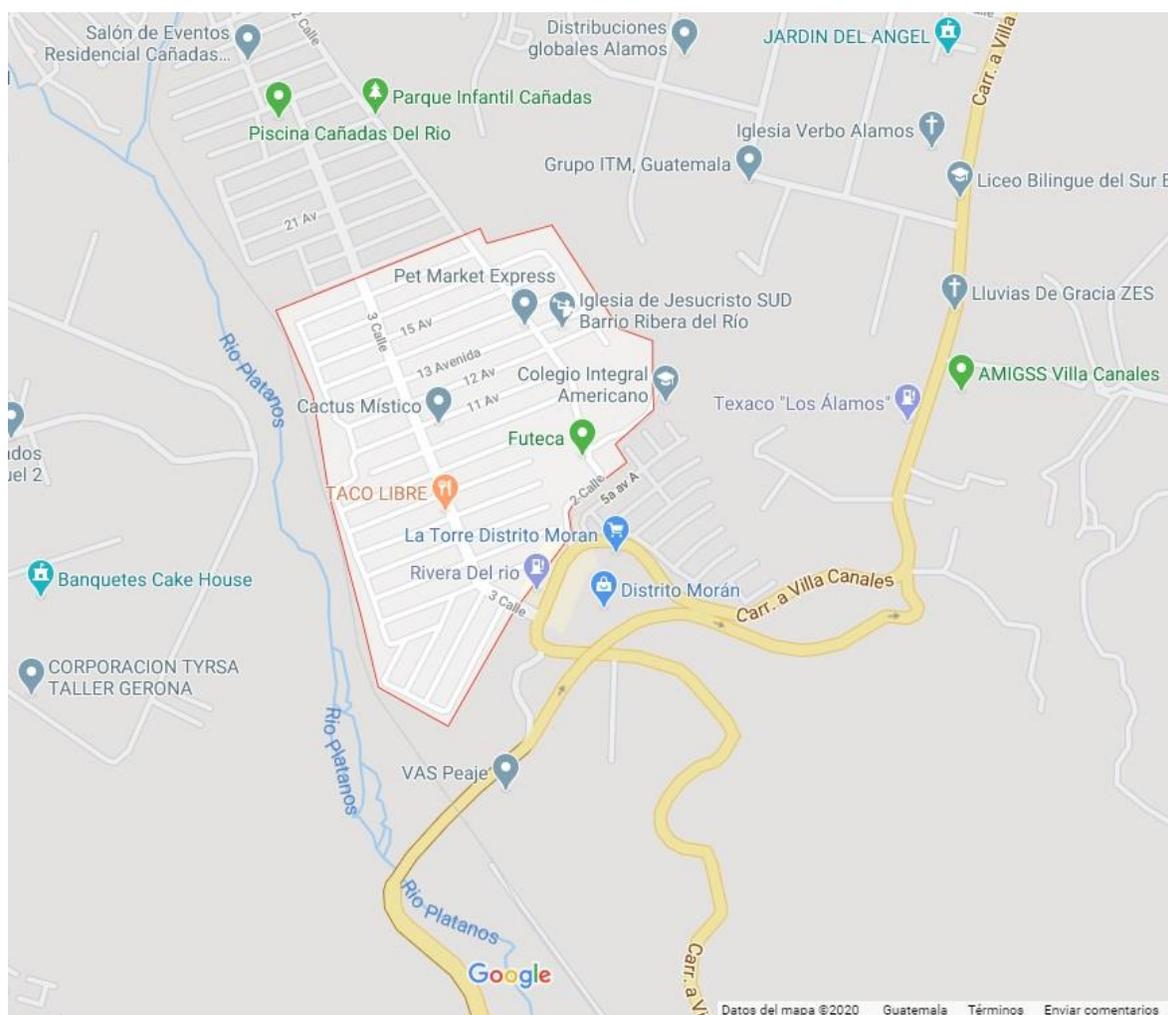
48. Robles, L. A. (2018). *Producción de Salsa de Tomate*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.
49. Roldán Pérez, G., y Rampirez Restrepo, J. . (2008). *Fundamentos de limnología neotropical (2da edición)*. Colombia: Editorial Universitaria de Antioquía.
50. Sapag Chain, N. ., (2014). *Preparación y evaluación de proyectos* . Distrito Federal, México: Mc Graw Hill.
51. School, O. B. (2012). *Proyectos Sociales: de la motivación a la financiación*. Obtenido de OBS Business School: <https://recursos-project-management.obs-edu.com/descargate-nuestra-guia-gratuita-proyectos-sociales>
52. Secretaría de Planificación y Programación de la presidencia -Segeplan-, 2. (2013). *PDI Petén 2032 Diagnóstico* . Obtenido de <https://www.segeplan.gob.gt/downloads/PDI%20Pet%C3%A9n%202032%20Diagn%C3%B3stico.pdf>
53. SEGEPLAN. (2013). *Manual de Formulación y Evaluación de Proyectos -SNIP*. Guatemala.
54. SIFGUA. (2016). *sifgua.org.gt*. Obtenido de <http://www.sifgua.org.gt/Cobertura.aspx>
55. Silván, L. A. (2012). *Manejo y mantenimiento de equipos para realizar cuidados culturales*. España: Elearning, S.L.
56. Solórzano, I. M. (Febrero de 2020). *Estudio Técnico - Formulación de Proyectos III. Estudio Técnico - Presentación en clase*. Guatemala, Guatemala, Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.
57. Tapella, E. (2007). *Por qué fracasan los proyectos* . Argentina.
58. UACH. (2011). *MINGAONLINE*. Obtenido de [http://mingaonline.uach.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0304-88022011000100001&lng=es&nrm=iso](http://mingaonline.uach.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0304-88022011000100001&lng=es&nrm=iso)

59. United Nations Educational, S. a. (17 de octubre de 2013). *FADEP*. Obtenido de <https://fadep.org/principal/economia/la-educacion-puede-aumentar-el-ingreso-per-capita/>
60. Urbina, G. B. (2013). *Evaluación de Proyectos*. México: Mc Graw Hill.
61. Velez, G. A. (2011). *PROYECTOS: Identificación, formulación, evaluación y gerencia*. Santafé de Bogotá, Colombia: Alfaomega .
62. Wikipedia. (13 de Octubre de 2013). *Wikipedia*. Obtenido de Wikipedia: <https://es.wikipedia.org/wiki/Bentos>
63. WIKIPEDIA. (s.f.). *WIKIPEDIA*. Obtenido de [https://es.wikipedia.org/wiki/Renta\\_per\\_c%C3%A1pita](https://es.wikipedia.org/wiki/Renta_per_c%C3%A1pita)
64. Xinhai Group. (2017). Tratamiento de aguas residuales. Etapas del proceso de tratamiento. Chile.

## ANEXOS

### Colonia Ribera del Río

Coordenadas: 14°30'27"N 90°32'42"W



Fuente: Google Map

**Anexo 2**

**Imágenes de canales del agua de escorrentía hacia el río Plátano.**



**Anexo 3**

**Situación actual de las calles de la colonia Ribera del Río.**



**Anexo 4**

**Basureros clandestinos**



## Anexo 5

### Acumulación de agua de lluvias por falta de drenajes



## Anexo 6

### Instrumento de entrevista a vecinos de la colonia Ribera del Río.

 <b>Entrevista a vecinos de Ribera del Río</b> 	
No.	Pregunta
1	¿Ha tenido problemas con la acumulación de agua que se hacen en la colonia derivado de las lluvias?
2	¿Considera que es conveniente tratar el agua de escorrentía (proveniente de lluvias) que recorre las calles de la colonia antes de que sea vertida en el río Plátano para no arrastre la basura y así evitar contaminación?
3	¿Considera que colocar recipientes de basura en áreas estratégicas de la colonia ayudaría para que los vecinos no boten basura en el suelo?
4	¿Estaría dispuesto a pagar cuatro cuotas mensuales de Q55.00 para poder implementar canaletas con rejilla, pozos de filtración y recipientes de basura para evitar la acumulación de agua y la contaminación del río Plátano?
<p><b>Muchas gracias por el tiempo brindado.</b>  <b>Juntos podemos ayudar a reducir la contaminación y mejorar nuestra colonia.</b></p>	

## Anexo 7

## Instrumento de entrevista a la Asociación de vecinos de la colonia Ribera del Río.

No.	Pregunta
1	¿En qué año fue construida la colonia Ribera del Río?
2	¿Cuántas casas conforma el complejo habitacional?
3	¿Cuántas personas habitan en la colonia Ribera del Río? *Sino tienen esta información pasar a la siguiente pregunta
4	¿Cuántas personas estima que vive en cada casa?
5	Qué porcentaje de las casas está habitada por sus propietarios?
6	¿Existe en la colonia un manual de sana convivencia entre los vecinos?
7	¿Existe en la colonia un manual de construcción para que los vecinos no dejen materiales en la calle?
8	¿Qué monto cobra la Asociación de vecinos de cuota a los residentes de la Colonia?
9	¿Qué servicios cubre la cuota que cobran la Asociación a los residentes de la Colonia?
10	¿Existen vecinos que no paguen la cuota mensual que les corresponde?
11	¿De ser positiva la respuesta anterior, qué porcentaje de vecinos está en mora?
12	¿Qué monto cobran la Municipalidad de San Miguel Petapa de cuota los residentes de la Colonia?
13	¿Qué servicios cubre la cuota que cobra la Municipalidad que a los residentes de la Colonia?
14	¿Está la Asociación legalmente constituida?
15	¿Conocen sobre la problemática que está ocasionando el agua de escorrentía en la colonia?
16	¿Existe algún estudio o proyecto en proceso para ampliar la red de drenaje de aguas pluviales?
17	¿Existe algún estudio o proyecto en proceso que permita implementar un tratamiento al agua de escorrentía?
18	¿Tiene la Asociación la capacidad económica para financiar un sistema de tratamiento de aguas de escorrentía?
<p><b>Muchas gracias por el tiempo brindado.</b></p> <p><b>Juntos podemos ayudar a reducir la contaminación y mejorar nuestra colonia.</b></p>	

**ÍNDICE DE TABLAS**

Tabla 1: Pozos de infiltración .....	64
Tabla 2: Canaletas con rejilla .....	65
Tabla 3: Técnica de túmulos en las calles .....	65
Tabla 4: Técnica de basureros plásticos .....	66
Tabla 5 Opción sin y con proyecto. ....	67
Tabla 6: Causas de impacto del proyecto.....	80
Tabla 7 Matriz de Leopold .....	81
Tabla 8 Medidas de mitigación.....	83
Tabla 9 Plan de contingencia .....	84
Tabla 10 Inversión inicial .....	85
Tabla 11 Financiamiento de Inversión Inicial.....	86
Tabla 12 Actividades de Mantenimiento .....	86
Tabla 13 Análisis de Ingresos .....	87

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Toma aérea del residencial .....	48
Figura 2: Acumulación de agua en las calles .....	52
Figura 3: Salida principal del agua de escorrentía .....	52
Figura 4: Salidas secundarias del agua de escorrentía .....	53
Figura 5 Propietarios e inquilinos que viven en la colonia Ribera del Río .....	54
Figura 6 Porcentaje de vecinos que sufren molestias por el agua acumulada proveniente de lluvias.....	55
Figura 7 Porcentaje de aceptación de la propuesta de tratamiento del agua de escorrentía .....	56
Figura 8 Vecinos dispuestos a pagar la cuota establecida para implementar el sistema de tratamiento de agua de escorrentía .....	57
Figura 9: Propuesta de cuneta con tapadera perforada.....	70
Figura 10: Canaletas de hormigón armado, para conducción de aguas pluviales. ....	71
Figura 11: Rejillas y canaletas de plástico reforzado para manejo de aguas pluviales ..	71
Figura 12: Área residencial con la aplicación de la cuneta con cubierta perforada .....	72
Figura 13: Diagrama de un pozo de recolección de aguas pluviales para su incorporación al Rio Plátanos.....	73
Figura 14: Pozo de recolección de aguas pluviales elaborado de plástico reforzado ....	73
Figura 15: Recipientes de bajo costo utilizados en áreas peatonales de la colonia .....	74
Figura: 16 Recipientes recolectores de basura clasificada. ....	75

Figura 17 Comportamiento anual de la precipitación pluvial (barras) y de la temperatura (línea) en el área de Rivera del Rio, Villa Canales, Guatemala .....79