

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA E INGENIERÍA DE ALIMENTOS



**DISEÑO DE SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS  
GRISES DE LA ZONA TURÍSTICA DEL MIRADOR LOS  
PLANES DE RENDEROS, PANCHIMALCO**

PRESENTADO POR:

**SILVIA MARCELA LETONA CARRILLO  
JUDITH ESTHER MEZA CUEVAS  
ERICK ALEXANDER REYNOZA CASTRO**

PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE:

**INGENIERO QUÍMICO**

CIUDAD UNIVERSITARIA, JULIO DE 2020

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**

RECTOR :

**MSC. ROGER ARMANDO ARIAS ALVARADO**

SECRETARÍA GENERAL :

**ING. FRANCISCO ANTONIO ALARCÓN SANDOVAL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

DECANO :

**PhD. EDGAR ARMANDO PEÑA FIGUEROA**

SECRETARIO :

**ING. JULIO ALBERTO PORTILLO**

**ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA E INGENIERÍA DE  
ALIMENTOS**

DIRECTORA :

**INGA. SARA ELISABETH ORELLANA BERRÍOS**

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA E INGENIERÍA DE ALIMENTOS

Trabajo de Graduación previo a la opción al Grado de:  
**INGENIERO QUÍMICO**

Título :

**DISEÑO DE SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS  
GRISES DE LA ZONA TURÍSTICA DEL MIRADOR LOS  
PLANES DE RENDEROS, PANCHIMALCO**

Presentado por :

**SILVIA MARCELA LETONA CARRILLO  
JUDITH ESTHER MEZA CUEVAS  
ERICK ALEXANDER REYNOZA CASTRO**

Trabajo de Graduación Aprobado por:

Docentes Asesores :

**DRA. TANIA TORRES RIVERA  
ING. MANUEL ALEJANDRO PACHECO ACOSTA**

SAN SALVADOR, JULIO DE 2020

Trabajo de Graduación Aprobado por:

Docentes Asesores :

**DRA. TANIA TORRES RIVERA**

**ING. MANUEL ALEJANDRO PACHECO ACOSTA**

# AGRADECIMIENTOS

Grupalmente agradecemos:

Inicialmente gracias a Dios y a la vida por habernos dado las oportunidades necesarias para alcanzar este punto en el proceso de formación profesional.

A la Universidad de El Salvador que con los recursos disponibles se esfuerza en formar generaciones de nuevos profesionales comprometidos con el desarrollo del país y de tal manera, nos acogió durante estos años.

Al personal de las diferentes Escuelas que conforman a la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, en especial a los docentes de la Escuela de Ingeniería Química e Ingeniería de Alimentos, que con dedicación nos han dado las bases para iniciar en este camino infinito de aprendizaje que consiste convertirse en ingeniero químico.

A nuestros docentes asesores Ing. Tania Torres e Ing. Manuel Pacheco, por la comprensión que tuvieron con nosotros desde el inicio, además del apoyo técnico que nos brindaron para la correcta ejecución del proyecto.

A la ONG Ingeniería Sin Fronteras por confiar en la Escuela de Ingeniería Química y posteriormente en nosotros para la ejecución de este proyecto y a los pobladores de la Zona de Los Planes de Renderos por tomar importancia a la temática ambiental y permitirnos aportar con el conocimiento adquirido a nuestro país.

Por apoyarnos de una manera muy especial a las señoras Adela Meléndez, Doris Salazar, Ana Gladys y al señor Ángel Medina.

Marcela, Judith y Erick

A mi amada familia que me ha permitido crecer con mucho amor y están presentes en cada etapa de la vida.

A mis padres Silvia Carrillo y Leonel Letona por haberme brindado su protección, las oportunidades y recursos necesarios para poder finalizar la formación académica, pero sobre todo por creer en mis capacidades, ayudarme a descubrirlas e inculcarme valores y principios. A Fernanda Teresa y Ángel Edmundo que me han dado tanto desde el día que nos conocimos, me siento muy orgullosa de ver cómo van alcanzando sus metas y estoy profundamente agradecida porque tomaron el llamado para venir a este mundo a ser mis hermanitos.

A mis amigos y compañeros de trabajo de grado Erick Reynoza y Judith Meza, ahora que todo esto acaba no me queda más que agradecerles por el apoyo a lo largo de las actividades de la vida estudiantil y espero que los lazos que creamos sean duraderos; pero con manera especial a Erick porque ha sido un ejemplo de tenacidad, lucha, compromiso y responsabilidad, sin ti esto no sería posible.

En la UES aunque venimos por el título de Ingenieros en realidad ganamos algo más invaluable que eso, en mi caso un grupo de amigos que se convirtieron en mi familia universitaria, a los que buscaba para las alegrías, las preocupaciones universitarias y quienes me tomaron con paciencia cuando estuve callada o efusiva: Laura Hernández, Elba Mira, Jacqueline Díaz, Judith Meza y Mario Khalil que también con mucha paciencia me daba asesorías, a Víctor Sagastume quien tuvo infinitas maneras de apoyarme y darme consejos que al menos me hacían reflexionar, al Chalateco Mario Miguel con quien compartí tantas horas de estudio, risas, miedos y aspiraciones, haciendo cada día más llevadero, gracias Chelito por dejarme ser aunque a veces lo hiciera difícil para ti. Tenía que decirles a todos ustedes como tantas otras veces lo mucho que los quiero.

Inmensamente feliz y agradecida por todos los acontecimientos que han estado entrelazados desde hace mucho tiempo para permitirme poner fin con estas líneas a una experiencia enriquecedora.

*Marcela Letona*

A mi Madre, Elsy, por su amor, ternura y sacrificios, por inculcarme siempre las cosas realmente simples y valiosas en la vida. A mi padre, Edmundo, por su amor y disciplina, por infundirme la responsabilidad y honestidad sobre todas las cosas. A ambos, gracias por su apoyo incondicional y sus oraciones en todo momento que han permitido formarme hasta el día de hoy.

A mi Abuelita, Margarita de Meza, por su amor y sus enseñanzas invaluable, quien sé que desde el Cielo aún me cuida tiernamente.

A Claudia, por ayudarme, guiarme y consentirme siempre, por ser la mejor amiga y hermana que existe.

A Alexander, Pablo y David, por su apoyo, cariño y regaños que han forjado mi carácter, y marcado mi vida desde siempre para bien.

A Allisson, Rebeca, Guillermo, Gabriel y Sophia, por su cariño y ternura, son la luz y alegría de mis días.

A Erick y Marcela, por su comprensión y perseverancia, no solo en nuestro trabajo de graduación, sino en los últimos años de carrera y también fuera de ella; los admiro y aprecio enormemente, de manera especial a Erick, porque ser un ejemplo de responsabilidad, firmeza y constancia, espero de todo corazón que nuestros lazos prevalezcan con el tiempo.

A Stefany, por ser mi mejor amiga dentro y fuera de la Universidad, por su apoyo día a día, y a todos aquéllos que con su amistad llenan mi vida de tantas alegrías y buenos momentos, y, sobre todo, me ayudan a ser una mejor persona, gracias totales.

*Judith Meza*

A Marcela y Judith, por ser fuertes y no rendirse durante el trayecto de este proyecto, siendo ellas el sostén de este equipo.

A mi madre, Marta Julia Castro de Reynosa por enseñarme el significado del esfuerzo y por nunca rendirse aún en los momentos más difíciles.

A mi padre, René Reynosa Torres por todo el sacrificio hecho apoyando toda mi formación académica y personal desde las primeras instancias, pero principalmente por enseñarme a cumplir siempre con mi palabra.

A mi hermano, René Alfredo Reynosa Castro por ser un gran hermano mayor y estar siempre en el momento indicado. A Edson Reynosa por ser un respiro en el día a día.

A Delmy y Aida, por ser fuente de inspiración por apoyarme y cuidarme siempre.

A Sara López y su familia López Juárez por recibirme siempre en su casa y ayudarme a crecer como persona, sin ustedes el escribir esta dedicatoria no hubiese sido posible.

A la familia Aguilar Rivas, por cuidar de mi familia siempre y sobre todo por cuidarla cuando yo no estoy presente.

Mención especial a mis doctores: al doctor director por ser un excelente ser humano, a mi doctora internista por mantenerme de pie, por ser un ejemplo de profesional y estar allí siempre que la necesito. Gracias a ambos por poner todas sus atenciones, regaños y consejos que permitieron ayudar a mis compañeras en este proyecto.

“Nadie lucha solo”

*Erick Reynosa*

## RESUMEN

El principal problema relacionado con el manejo de aguas grises en general es la falta de planeación, diseño y construcción de sistemas de gestión para la recolección, tratamiento y disposición final de desechos sólidos y aguas residuales en los proyectos de urbanización y construcciones individuales en el territorio salvadoreño, según información recolectada por el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social (2009).

La creación, ejecución y monitoreo de aspectos relacionados con el saneamiento ambiental brinda las condiciones óptimas para las poblaciones y el medio ambiente; el saneamiento ambiental está enfocado en tres ejes principales: disponibilidad de agua potable, sistemas de tratamiento de aguas residuales y manejo de desechos sólidos.

El tratamiento de aguas grises está enfocado en mejorar las condiciones de las aguas provenientes de actividades de limpieza de pisos, lavado de manos, preparación de alimentos, entre otras actividades que no incluyen el agua proveniente del inodoro, para la mejora de las condiciones de la salida, debe estar relacionada con el cumplimiento de la normativa vigente, en El Salvador actualmente es aplicable el RTS 13.05.01:18 para descarga en un cuerpo receptor mientras que para descarga en suelo, no existe una regulación en términos de calidad, ya que el mismo no es considerado como cuerpo receptor de acuerdo al marco regulatorio vigente.

Los sistemas de gestión de residuos sólidos buscan generar una solución a los desechos generados y evitar sean mal manejados de manera que causen contaminación en el suelo y cuerpos de agua tanto superficiales como subterráneos, implementando planes desde la segregación en la fuente que permite el reciclaje, reúso o transformación del desecho; en El Salvador se cuenta con el Reglamento Especial sobre el Manejo integral de los Desechos Sólidos y, el proyecto de ley Gestión Integral de Residuos y Fomento al Reciclaje

En este documento se presenta el desarrollo del proyecto de graduación nombrado “Diseño de sistema de tratamiento de aguas grises de la zona turística del Mirador Los Planes de Renderos, Panchimalco”, el interés en este tema, surge principalmente por la preocupación de los pobladores y la municipalidad respecto a la contaminación generada por la descarga de aguas grises crudas en la quebrada Huiza y sus repercusiones a la población y al sector turístico de la zona aledaña.

En el desarrollo del proyecto se tomará en cuenta el tratamiento de aguas grises y manejo de residuos sólidos generados por los locales comerciales del rubro alimenticio de la zona, tomando como referencia el incremento de los mismos en los últimos años y su posible impacto en la Quebrada Huiza. El Cantón Los Planes de Renderos se encuentra ubicado entre tres municipios del departamento de San Salvador: Panchimalco, San Marcos y San Salvador, la zona delimitada geográficamente como área de influencia del proyecto corresponde al municipio de Panchimalco, donde los locales comerciales identificados inician en la zona conocida como “El Triángulo de los Planes de Renderos” hasta la altura de la Quinta Miramar; los locales ubicados en la zona están dedicados a diferentes rubros de bienes y servicios, donde predominan los locales comerciales de alimentos.

Para la elaboración de las propuestas de tratamiento de aguas grises y residuos sólidos generados en la zona, fue requerido inicialmente realizar un levantamiento de información que consistió en realizar visitas exploratorias tanto en la quebrada Huiza para observar las condiciones actuales, así como recorrer los locales comerciales a manera de recolectar información a través de fuentes primarias por medio de encuestas y poder determinar un local comercial representativo para la ejecución del plan de recolección de muestras para su caracterización.

Con la información recolectada se seleccionó un local representativo donde se realizaron visitas exploratorias para conocer la dinámica de los clientes, así como las actividades y secuencia de pasos que se realizan en el proceso desde la preparación de los alimentos, hasta las medidas tomadas para la limpieza del local. Posteriormente, se estableció un plan de recolección de muestras, traslado y análisis de las muestras recolectadas.

La información proporcionada por los análisis de laboratorio fue de suma importancia para poder determinar que las aguas grises generadas son de tipo ordinario, y que presentan un potencial de biodegradabilidad sin necesidad de un mayor tratamiento químico, con lo que se establecieron las etapas de tratamiento necesarias: Pre filtro, trampa de grasa y sistema de infiltración. Para la trampa de grasa y sistema de infiltración se presentaron opciones y algunas premisas para su construcción. En la elaboración de la propuesta de tratamiento se tomó en cuenta el factor de área disponible para la construcción del sistema, criterios técnicos y parámetros generales de construcción, así como ventajas y desventajas entre las alternativas propuestas.

# ÍNDICE GENERAL

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	1
OBJETIVOS .....	3
JUSTIFICACIÓN.....	4
CAPÍTULO 1.    MARCO TEÓRICO.....	7
1.1.    RECURSOS HÍDRICOS .....	7
1.2.    RECURSOS HÍDRICOS EN EL SALVADOR.....	8
1.3.    USOS DEL AGUA .....	10
1.3.1.    AGRÍCOLA.....	11
1.3.2.    DOMÉSTICO.....	11
1.3.3.    INDUSTRIAL .....	12
1.4.    DETERIORO DE LA CALIDAD DE AGUA .....	13
1.5.    AGUAS RESIDUALES.....	14
1.6.    AGUAS GRISES.....	15
1.6.1.    CARACTERÍSTICAS GENERALES .....	16
1.6.2.    CARACTERÍSTICAS FÍSICAS .....	16
1.6.3.    CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS.....	17
1.6.4.    CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS.....	18
1.7.    NIVELES DE TRATAMIENTO .....	18
1.7.1.    PRETRATAMIENTO.....	19
1.7.2.    TRATAMIENTO PRIMARIO .....	20
1.7.3.    TRATAMIENTO SECUNDARIO .....	20
1.7.4.    TRATAMIENTO TERCIARIO.....	21
1.8.    REUTILIZACIÓN .....	21
1.8.1.    SISTEMAS DE TRATAMIENTO .....	21
1.9.    MARCO LEGAL DE AGUAS RESIDUALES EN EL SALVADOR.....	25

1.9.1.	GESTIÓN DE AGUAS RESIDUALES.....	26
1.9.2.	REÚSO DE AGUAS RESIDUALES TRATADAS .....	34
1.10.	RESIDUOS SÓLIDOS .....	37
1.10.1.	DISPOSICIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS .....	38
1.10.2.	MARCO LEGAL DE RESIDUOS SÓLIDOS EN EL SALVADOR .....	40
1.10.3.	MANEJO INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS REGIONAL.....	42
CAPÍTULO 2.	MARCO METODOLÓGICO .....	45
2.1.	ZONA DE ESTUDIO.....	47
2.2.	PANCHIMALCO .....	47
2.2.1.	UBICACIÓN GEOGRÁFICA.....	47
2.2.2.	DIMENSIONES .....	47
2.2.3.	DIVISIÓN POLÍTICO ADMINISTRATIVA.....	47
2.2.4.	SUBCUENCAS.....	47
2.2.5.	CLIMA .....	48
2.2.6.	FLORA .....	49
2.2.7.	POBLACIÓN.....	49
2.2.8.	INDUSTRIA Y COMERCIO .....	49
2.2.9.	SITIOS TURÍSTICOS .....	49
2.3.	ZONA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO.....	50
2.3.1.	DELIMITACIÓN GEOGRÁFICA.....	50
2.4.	INVENTARIO DE LOCALES COMERCIALES .....	51
2.5.	RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN .....	53
2.5.1.	VISITAS DE CAMPO.....	53
2.6.	DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE ENCUESTAS .....	54
2.7.	CARACTERIZACIÓN DE AGUAS GRISES.....	55
2.7.1.	POBLACIÓN.....	56
2.7.2.	ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS .....	56

2.7.3.	DETERMINACIÓN DEL CAUDAL .....	58
2.7.4.	METODOLOGÍA DE MUESTREO .....	58
2.7.5.	ANÁLISIS DE INFORMACIÓN .....	61
2.8.	MANEJO INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS .....	62
2.8.1.	SEGREGACIÓN EN LA FUENTE.....	62
2.8.2.	CENTRO DE ACOPIO TEMPORAL .....	62
2.8.3.	PLANTA DE COMPOSTAJE .....	63
CAPÍTULO 3. RESULTADOS .....		64
3.1.	GENERALIDADES DEL COMERCIO .....	64
3.2.	SUMINISTRO DE AGUA POTABLE .....	65
3.3.	USOS DEL AGUA .....	66
3.4.	DISPOSICIÓN DE AGUAS RESIDUALES.....	68
3.5.	DISPOSICIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS .....	68
3.6.	PERFIL DE LOCAL COMERCIAL SELECCIONADO PARA EL ANÁLISIS DE CARACTERIZACIÓN DE AGUAS GRISES .....	70
3.7.	PROCEDIMIENTO DE TOMA DE MUESTRAS .....	71
3.7.1.	SELECCIÓN DEL TURNO A MONITOREAR .....	71
3.7.2.	DETERMINACIÓN DE LAS ACTIVIDADES GENERADORAS DE AGUA GRIS.....	71
3.7.3.	DETERMINACIÓN DE LOS CAUDALES DE AGUA GRIS GENERADOS.....	72
3.7.4.	ESTABLECIMIENTO DEL VOLUMEN DE RECOLECCIÓN.....	76
3.7.5.	IDENTIFICACIÓN DE MATERIALES PARA LA RECOLECCIÓN Y TRANSPORTE DE LAS MUESTRA. ....	79
3.8.	CARACTERIZACIÓN DE AGUAS GRISES.....	79
CAPÍTULO 4. ANÁLISIS DE RESULTADOS .....		81
4.1.	DIAGNÓSTICO DE AGUA GRIS .....	81
4.1.1.	DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO).....	82

4.1.2.	DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO <sub>5</sub> ).....	82
4.1.3.	SÓLIDOS SEDIMENTABLES (SSed).....	83
4.1.4.	SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES (SST).....	83
4.1.5.	ACEITES Y GRASAS (A Y G) .....	84
4.1.6.	SUSTANCIAS ACTIVAS AL AZUL DE METILENO (SAAM) .....	84
4.1.7.	CLORUROS (Cl <sup>-</sup> ).....	85
4.1.8.	COLIFORMES TOTALES (CT).....	85
4.2.	CLASIFICACIÓN DEL AGUA GRIS GENERADA.....	86
4.2.1.	RELACIÓN ENTRE CAUDAL MÁXIMO Y CAUDAL MEDIO .....	86
4.2.2.	RELACIÓN ENTRE DBO <sub>5</sub> Y DQO.....	88
4.3.	SELECCIÓN DE SISTEMA PARA TRATAMIENTO DE AGUA GRIS .....	88
4.4.	NIVELES DE TRATAMIENTO A CONSIDERAR .....	90
4.5.	SISTEMA DE TRATAMIENTO INDIVIDUAL PROPUESTO PARA EL MANEJO DE AGUA GRIS .....	91
4.6.	PRETRATAMIENTO.....	94
4.7.	TRATAMIENTO PRIMARIO .....	95
4.7.1.	TRAMPA DE GRASA .....	96
4.7.2.	BIODIGESTOR.....	101
4.8.	SISTEMA DE INFILTRACIÓN .....	109
4.8.1.	POZO DE ABSORCIÓN .....	109
4.8.2.	ZANJA DE INFILTRACIÓN O CAMPO DE RIEGO.....	112
4.8.3.	ZANJA DE ARENA FILTRANTE.....	117
4.8.4.	SELECCIÓN DE SISTEMA DE INFILTRACIÓN .....	122
4.9.	GENERACIÓN DE ALTERNATIVAS DE TRATAMIENTO .....	124
4.10.	ALTERNATIVA 1: SISTEMA PARA TRATAMIENTO DE AGUA GRIS .....	127
4.11.	ALTERNATIVA 2: SISTEMA PARA TRATAMIENTO DE AGUA GRIS. ....	128
4.12.	SELECCIÓN DE ALTERNATIVA PARA SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA GRIS .....	129

4.13. PROPUESTA PARA REUTILIZACIÓN DE AGUA GRIS.....	131
4.14. PROPUESTA DE SANEAMIENTO.....	132
4.15. DIAGNÓSTICO DEL MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS.....	133
4.16. PROPUESTAS PARA MANEJO INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS.....	133
4.16.1. PROPUESTA DE SEGREGACIÓN EN LA FUENTE.....	134
4.16.2. PROPUESTA DE UN MODELO DE CENTRO DE ACOPIO PARA DESECHOS SÓLIDOS.....	136
4.16.3. PROPUESTA DE PLANTA DE COMPOSTAJE.....	141
4.16.4. CONSIDERACIONES ADICIONALES.....	145
CONCLUSIONES.....	146
RECOMENDACIONES.....	151
BIBLIOGRAFÍA.....	152
ANEXOS.....	162

# ÍNDICE DE TABLAS

<b>TABLA</b>	<b>TEMA</b>	<b>NÚMERO DE PÁGINA</b>
Tabla 1.1.	Instituciones competentes en el saneamiento y tratamiento de aguas residuales en El Salvador (Revelo, 2016).	26
Tabla 1.2.	Límites permisibles de parámetros de aguas residuales de tipo ordinario para vertido a un medio receptor (RTS 13.05.01:18, 2019).	32
Tabla 1.3.	Frecuencia de muestreo de aguas residuales de tipo ordinario (RTS13.05.01:18, 2019).	33
Tabla 1.4.	Clasificación de los reúsos de aguas residuales (Decreto-No. 29, 2019).	35
Tabla 1.5.	Clasificación de los residuos sólidos según su origen (Orjuela y Velásquez, 2015).	37
Tabla 2.1.	Principales ríos del Municipio de Panchimalco (FISDL, 2006).	48
Tabla 2.2.	Inventario de locales comerciales en la zona del Mirador de los Planes de Renderos.	51
Tabla 2.3.	Visitas de campo a la Zona de Estudio.	54
Tabla 2.4.	Descripción del instrumento de recolección de información.	55
Tabla 2.5.	Parámetros físico-químicos y microbiológicos para caracterización de Agua gris (RTS13.05.01:18, 2019), (Decreto-No. 39, 2000).	57
Tabla 2.6.	Requerimiento para toma de muestras (RTS13.05.01:18, 2019).	61

<b>TABLA</b>	<b>TEMA</b>	<b>NÚMERO DE PÁGINA</b>
Tabla 3.1.	Personal y afluencia diaria de clientes por local comercial.	64
Tabla 3.2.	Suministro de Agua potable.	65
Tabla 3.3.	Usos del Agua.	66
Tabla 3.4.	Disposición de aguas grises en locales comerciales.	68
Tabla 3.5.	Residuos sólidos generados en locales comerciales.	69
Tabla 3.6.	Perfil de local comercial para análisis de caracterización de aguas grises.	70
Tabla 3.7.	Caudal (l/hora) generado en muestreo A.	72
Tabla 3.8.	Caudal (l/hora) generado en Muestreo B.	73
Tabla 3.9.	Caudal (l/hora) generado en Muestreo C.	74
Tabla 3.10.	Caudal (l/hora) generado en Muestreo D.	75
Tabla 3.11.	Caudal máximo, mínimo, medio y diario del efluente de agua gris estudiado.	76
Tabla 3.12.	Caudal instantáneo de agua gris generado por Actividad (Qsi).	77
Tabla 3.13.	Volumen a recolectar por actividad generadora de agua gris para conformar la muestra compuesta para análisis de laboratorio (VS).	77
Tabla 3.14.	Volúmenes de recolección de agua gris para muestreo por cada vez que se realiza la actividad generadora.	78
Tabla 3.15.	Resultados de propiedades sensoriales.	79
Tabla 3.16.	Resultados de propiedades físico-químicas.	80

<b>TABLA</b>	<b>TEMA</b>	<b>NÚMERO DE PÁGINA</b>
Tabla 3.17.	Resultados de propiedades microbiológicas.	80
Tabla 3.18.	Resultados de Temperatura y pH según tipo de medición.	80
Tabla 4.1.	Análisis estadístico de la Demanda Química de Oxígeno (DQO).	82
Tabla 4.2.	Análisis estadístico de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> ).	82
Tabla 4.3.	Análisis estadístico de Sólidos Sedimentables (SSed).	83
Tabla 4.4.	Análisis estadístico de Sólidos Suspendidos Totales (SST).	83
Tabla 4.5.	Análisis estadístico de Aceites y grasas (A y G).	84
Tabla 4.6.	Análisis estadístico de Sustancias Activas al Azul de Metileno (SAAM).	84
Tabla 4.7.	Análisis estadístico de Cloruros (Cl-).	85
Tabla 4.8.	Análisis estadístico de Coliformes Totales (CT).	85
Tabla 4.9.	Valores del factor hora punta en función del tipo de actividad de la zona.	87
Tabla 4.10.	Relación entre caudal máximo y caudal medio.	87
Tabla 4.11.	Relación DBO <sub>5</sub> /DQO.	88
Tabla 4.12.	Descripción de niveles de tratamiento y equipos utilizados para la depuración de aguas residuales.	92
Tabla 4.13.	Sistema de retención de sólidos con mallas.	94
Tabla 4.14.	Costo unitario de construcción de trampa de grasa	98

<b>TABLA</b>	<b>TEMA</b>	<b>NÚMERO DE PÁGINA</b>
Tabla 4.15.	Dimensiones de trampa de grasa WP-GT-4 (Wentworth, 2020) .	99
Tabla 4.16.	Eficiencia de remoción de la trampa de grasa WP-GT-4 (Wentworth, 2020).	100
Tabla 4.17.	Costo de trampa de grasa WP-GT-4.	100
Tabla 4.18.	Criterios Hidráulicos para el diseño de reactores RAFA que tratan agua residual Doméstica (CONAGUA y SEMARNAT, 2015).	103
Tabla 4.19.	Dimensiones de Biodigestor Autolimpiable RP-600 (ROTOPLAS, 2020).	104
Tabla 4.20.	Purga de lodo y cantidad de cal para mantenimiento anual de Biodigestor Autolimpiable RP-600 (ROTOPLAS, 2020).	105
Tabla 4.21.	Costo de mantenimiento anual de Biodigestor Autolimpiable RP-600 (ROTOPLAS, 2020).	107
Tabla 4.22.	Eficiencia de remoción de contaminantes de Biodigestor Autolimpiable RP-600 (ROTOPLAS, 2020).	108
Tabla 4.23.	Costo de equipo Biodigestor Autolimpiable RP-600.	108
Tabla 4.24.	Costo unitario de construcción de pozo de absorción.	111
Tabla 4.25.	Costo unitario de construcción de campo de riego.	116
Tabla 4.26.	Costo unitario de construcción de zanja de arena filtrante.	121
Tabla 4.27.	Desventajas de sistemas de infiltración.	122
Tabla 4.28.	Ventajas de sistemas de infiltración	123

<b>TABLA</b>	<b>TEMA</b>	<b>NÚMERO DE PÁGINA</b>
Tabla 4.29.	Costos de alternativas preliminares para sistema de tratamiento de Agua gris.	124
Tabla 4.30.	Criterios de selección de Alternativa para sistema de tratamiento de Agua gris.	129
Tabla 4.31.	Rango de valores esperados del efluente de Biodigestor Autolimpiable RP-600(ROTOPLAS, 2020).	131
Tabla 4.32.	Manual para limpieza de utensilios de cocina.	132
Tabla 4.33.	Contenedores para Reciclaje según tipo de desecho sólido (Color, 2018).	134
Tabla 4.34.	Descripción del proceso de reciclaje de desechos sólidos.	139

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA	TEMA	NÚMERO DE PÁGINA
Figura 1.1.	Sistemas de configuración para el tratamiento de aguas grises según su carga contaminante (López, Burgos, Cambeses, Sánchez y Rodríguez, 2012).	24
Figura 1.2.	Manejo integral y sustentable de los residuos sólidos (INECC, 2007).	43
Figura 2.1.	Metodología e instrumentos de investigación.	46
Figura 2.2.	Zona de influencia del proyecto (Google Earth, 2019).	50
Figura 3.1.	Porcentajes promedio de los usos del agua de locales comerciales.	67
Figura 3.2.	Promedio de residuos sólidos generados en locales comerciales de la zona.	69
Figura 4.1.	Elementos del sistema de tratamiento individual de aguas negras y grises (MINSAL, 2009).	90
Figura 4.2.	Elementos de sistema de tratamiento individual de aguas grises.	91
Figura 4.3.	Dimensiones de la trampa de grasa WP-GT-4 (Wentworth, 2020).	99
Figura 4.4.	Esquema de funcionamiento de un Biodigestor (ROTOPLAS, 2020).	102
Figura 4.5.	Dimensiones de Biodigestor Autolimpiable RP-600 (ROTOPLAS, 2020).	104
Figura 4.6.	Esquema de Biodigestor Autolimpiable con ubicación de válvulas (ROTOPLAS, 2020).	105

<b>FIGURA</b>	<b>TEMA</b>	<b>NÚMERO DE PÁGINA</b>
Figura 4.7.	Esquema general de un pozo de absorción (MINSAL, 2009).	110
Figura 4.8.	Esquema de vista lateral de Zanja de infiltración (MINSAL, 2009).	113
Figura 4.9.	Esquema de vista de frente de Zanja de infiltración (MINSAL, 2009).	114
Figura 4.10.	Detalle de orificios en tubería de Zanja de infiltración (MINSAL, 2009).	114
Figura 4.11.	Orden y tipo de suelo de la Zona de influencia del proyecto (VIGEA, 2020).	115
Figura 4.12.	Esquema de sección transversal de Zanja de arena filtrante (MINSAL, 2009).	119
Figura 4.13.	Esquema de sección lateral de Zanja de arena filtrante (MINSAL, 2009).	120
Figura 4.14.	Esquema de Alternativa 1 de sistema para tratamiento de Agua gris.	127
Figura 4.15.	Esquema de Alternativa 2 de sistema para tratamiento de Agua gris.	128
Figura 4.16.	Contenedores para Reciclaje según tipo de desecho sólido (Color, 2018).	135
Figura 4.17.	Evolución de temperatura y proporción de microorganismos a lo largo del proceso de compostaje (Cataluña, 2016).	142
Figura 4.18.	Etapas en una planta de compostaje (Cataluña, 2016).	144

## SIGLAS

<b>ANDA</b>	Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados
<b>DIGESTYC</b>	Dirección General de Estadística y Censos
<b>FAO/ONUAA</b>	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
<b>FONAES</b>	Fondo Ambiental de El Salvador
<b>GWP</b>	Asociación Mundial para el Agua (Global Water Partnership)
<b>MARN</b>	Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales
<b>MINSAL</b>	Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social
<b>MITUR</b>	Ministerio de Turismo
<b>OMS</b>	Organización Mundial de la Salud
<b>ONU</b>	Organización de las Naciones Unidas
<b>SIWI</b>	Instituto Internacional del Agua de Estocolmo
<b>UNESCO</b>	Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura
<b>UNICEF</b>	Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia
<b>UNISDR</b>	Oficina de las Naciones Unidas para Reducción de Riesgo de Desastres
<b>USAID</b>	Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional
<b>VIGEA</b>	Visualizador de información geográfico de evaluación ambiental
<b>WWAP</b>	Programa Mundial de las Naciones Unidas de Evaluación de los Recursos Hídricos

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La generación de aguas residuales, desechos y residuos sólidos es inherente a diversas actividades antropológicas cotidianas; sin embargo, debido al creciente desarrollo industrial y demográfico, el saneamiento ambiental se ha vuelto una situación compleja debido a sus dimensiones. Actualmente, el acceso a sistemas de saneamiento ambiental alrededor del mundo es muy bajo, pues según un informe realizado en el año 2015 por la Organización Mundial de la Salud (OMS), en conjunto con el Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF) una de cada tres personas de todo el mundo, el equivalente a 2.4 mil millones, todavía carecen de acceso a instalaciones de saneamiento (OMS, 2015) .

La gestión del saneamiento abarca el transporte de las aguas residuales, a través de redes de drenaje urbano a las estaciones depuradoras de aguas residuales y la posterior depuración de éstas para devolverla a los ríos en condiciones óptimas (REMTAVARES, 2016). Un tipo de aguas residuales, que se genera en volúmenes considerables en hogares y locales comerciales es el agua gris; éstas aguas residuales provienen de tinas, duchas, lavamanos y lavadoras que generalmente contienen sólidos suspendidos, fosfatos, grasas y coliformes fecales; es decir, son aguas residuales domésticas, excluyendo las aguas provenientes de inodoros (Fierro y Velásquez, 2015). Las aguas residuales deben considerarse como fuente sostenible de agua, energía, nutrientes y otros subproductos recuperables, en lugar de una carga; y, la elección del tipo de sistema para su tratamiento y recuperación más adecuado depende del lugar específico del cual provengan (ONU y Hábitat, 2018).

En El Salvador, menos del 10% de las aguas residuales son tratadas, y desde hace varios años las instituciones correspondientes han tenido avances con la construcción de plantas de tratamiento, creación de leyes, normativas y reglamentos que regulen la temática, pero el gobierno central no da abasto debido en gran parte, al alto crecimiento demográfico, por lo cual, los gobiernos municipales se han ido incorporando en el manejo de la problemática y a través de socios público-privados obtienen fondos de financiamiento (MARN, 2013).

Debido a la geografía del territorio salvadoreño y los niveles de desarrollo de cada zona, el acceso a los servicios de saneamiento es muy variado, mientras que en las grandes urbes se puede contar con servicio de recolección de desechos y aguas negras, en muchas de las zonas del interior del país es más difícil que ambos servicios estén disponibles, lo más común es el servicio de recolección de desechos (MARN, 2013).

Años atrás, en el Cantón Los Planes de Renderos, la producción de café y cítricos ocupaban aproximadamente el 50% de los 45 km<sup>2</sup> de extensión debido a la fertilidad del suelo y a las condiciones climatológicas favorables de la zona. La principal fuente de empleos en aquel entonces era el cuidado de haciendas que conformaban el circuito residencial del cantón. Con la urbanización del lugar y el crecimiento de la población, Los Planes de Renderos dejó de ocuparse de la agronomía y en gran parte se dedicó al turismo, llevando consigo el levantamiento de parques, monumentos y pupuserías. Además, antiguas residenciales de verano se tornaron en negocios y lugares de interés para explotar el potencial turístico del lugar. Actualmente, la economía del lugar se basa en la comercialización de artesanías y el movimiento gastronómico (MITUR, 2006).

De acuerdo a la Guía técnica sanitaria para la instalación y funcionamiento de sistemas de tratamiento individuales de aguas negras y grises elaborada en el año 2009 por el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social (MINSAL), uno de los problemas en relación al manejo de aguas grises es la falta de planeación, diseño y construcción en los sistemas de gestión para la recolección, tratamiento y disposición final de las aguas residuales en los proyectos urbanísticos y construcciones individuales que se han llevado a cabo a lo largo de años en El Salvador (MINSAL, 2009).

En la zona aledaña al Mirador de Los Planes de Renderos es apreciable que el desarrollo urbanístico y comercial de la zona no tienen un adecuamiento integral, lo que complica la situación ambiental debido al reciente auge turístico-comercial, ya que la zona no tiene la capacidad para el manejo de los volúmenes de desechos generados, y según pobladores, con confirmación de las autoridades del municipio de Panchimalco, tampoco cuentan con un sistema de recolección y tratamiento de aguas.

La complejidad de la orografía de la zona ha dificultado una solución permanente para el tratamiento de aguas residuales, por lo cual, los comercios y zonas habitacionales aledañas al Mirador, hacen descarga directa en la quebrada Huiza, lo que pone en riesgo las condiciones de salubridad de los habitantes de las zonas aledañas a las fuentes de descarga y de las subcuencas o cuencas asociadas. Además, el abastecimiento de agua potable se da de manera irregular en la zona, por lo cual, resulta necesario buscar alternativas no solamente de tratamiento, sino de uso adecuado del recurso y su reutilización.

# OBJETIVOS

## OBJETIVO GENERAL

Diseñar un sistema para el tratamiento de aguas grises provenientes de los locales comerciales de la Zona turística del Mirador de Los Planes de Renderos, que descargan sin tratamiento en la quebrada Huiza.

## OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Identificar geográficamente los principales centros de comercio turísticos de la zona Turística del Mirador de los Planes de Renderos, a partir de datos oficiales de la Municipalidad de Panchimalco para delimitar la zona en estudio.
2. Realizar un diagnóstico de la situación ambiental, mediante recolección de datos con la municipalidad, que permitan definir las condiciones y usos actuales de los sistemas de agua potable y aguas grises en la zona turística.
3. Proponer medidas de saneamiento para un comercio modelo de la zona turística a partir del diagnóstico realizado, con el fin de disminuir la carga de aguas grises generada en la Zona.
4. Proponer soluciones técnicas a la problemática ambiental identificada en los comerciales de la Zona Turística, mediante el Diagnóstico Ambiental que permita mejorar a mediano y largo plazo, las condiciones sanitarias del lugar.
5. Realizar una propuesta de diseño de un sistema de tratamiento y reutilización de aguas grises a partir de las alternativas generadas e identificar y promover aquellas que resulten técnica, financiera y socialmente viables.

## JUSTIFICACIÓN

Los suministros de agua a nivel mundial y nacional están en riesgo debido al cambio climático y la relación del ciclo hidrológico con el mismo (Patiño y Martínez, 2012). La reasignación del curso de los ríos, la sobreexplotación el agua del subsuelo, la contaminación del agua y el consumo desmedido en conjunto con el cambio climático y sus efectos, crean un futuro incierto en la disponibilidad del agua necesaria para las personas y otros seres vivos (Allen, 2015). Según un informe de las Naciones Unidas del desarrollo de los Recursos Hídricos (2018) indica que 3,600 millones de personas en la actualidad viven en condiciones de escasez de agua por lo menos un mes por año, cifra que representa casi la mitad de la población mundial; y, conforme cambia el clima, éstos problemas crecen y la escasez de agua podría alcanzar a afectar entre 4,800 y 5,700 millones de personas para el año 2050 (UNESCO, 2018).

Para el desarrollo del ser humano, el agua y los sistemas de saneamiento no pueden estar separados; ambos son vitales para reducir la carga mundial de enfermedades y mejorar la salud, la educación y la productividad económica de las poblaciones. La seguridad hídrica continúa siendo un desafío para muchos países que hoy enfrentan problemas complejos en este ámbito y que abarcan todos los sectores. El crecimiento demográfico y económico ejerce una presión sin precedentes sobre el agua, y entre los desafíos que enfrenta el recurso tenemos principalmente (ONU, 2018):

- a. 2.1 billones de personas carecen de acceso a servicios de agua potable gestionados de manera segura (OMS/UNICEF, 2017)
- b. 4.5 billones de personas carecen de servicios de saneamiento gestionados de forma segura (OMS/UNICEF, 2017)
- c. La escasez de agua ya afecta a cuatro de cada 10 personas (OMS, 2017)
- d. El 90% de los desastres naturales están relacionados con el agua (UNISDR, 2017)
- e. El 80% de las aguas residuales retornan al ecosistema sin ser tratadas o reutilizadas (UNESCO, 2017)
- f. Alrededor de dos tercios de los ríos transfronterizos del mundo no tienen un marco de gestión cooperativa (SIWI, 2017)
- g. La agricultura representa el 70% de la extracción mundial de agua (FAO, 2017)
- h. Aproximadamente el 75% de todas las extracciones de agua industrial se utilizan para la producción de energía (UNESCO, 2014).

La disponibilidad del recurso hídrico en El Salvador se vuelve más costoso y limitado con el tiempo, debido al nivel de contaminación de las fuentes superficiales y subterráneas que se debe al mal manejo de las aguas residuales provenientes de uso residencial e industrial, así como el mal manejo agrícola; la limitación surge por las condiciones climáticas que cada año afectan, llevando al país a un nivel de estrés hídrico preocupante; sumándole las diferentes complicaciones que se dan en el servicio de distribución y sistemas de alcantarillado relacionado con la ubicación geográfica de cada comunidad (FONAES, 2018).

Es de suma importancia reconocer que el acceso al agua es un derecho para satisfacer las necesidades básicas de la población y realizar actividades domésticas. Sin embargo, en las últimas décadas, se ha observado una diferencia creciente entre la cantidad de conexiones de agua para consumo, en proporción a los sistemas de tratamiento de aguas residuales de tipo ordinario, con mayor énfasis en zonas periurbanas y rurales (MINSAL, 2009).

El problema anterior se debe a que la mayoría de administradores de sistemas de agua con acometida domiciliar o cantarera, no contemplan en la inversión el rubro del tratamiento de las aguas residuales de tipo ordinario; los usuarios del agua no cuentan con la conciencia sanitaria y ambiental para percibir los efectos negativos en la salud y el ambiente por la falta de tratamiento de las aguas residuales (MINSAL, 2009).

Los urbanizadores, constructores de inmuebles y propietarios de parcelaciones habitacionales, no prevén o no dejan el espacio suficiente en los terrenos para que se construyan los sistemas de tratamiento individuales de las aguas residuales; en el mismo orden muchas familias que cuentan con sistemas de tratamiento hacen mal uso de éstos y descargan las aguas residuales directamente a la vía pública y cuerpos receptores de agua contaminando los recursos (agua, aire, suelo), repercutiendo en el ambiente y la salud (MINSAL, 2009).

En la actualidad existen diversas opciones para reducir el consumo personal de agua. Reutilizar el agua suministrada es una manera eficaz de reducir la demanda de agua. Las aguas grises, son aguas residuales que tuvieron un uso ligero, pero que están suficientemente limpias para usos secundarios. Reutilizar las aguas grises es un componente importante de las prácticas sustentables del uso de agua, existen diversos beneficios en el uso de aguas grises en lugar de agua potable. Usar aguas grises puede (Allen, 2015):

- a. Disminuir el uso de agua potable de 16% a 40%, dependiendo del sitio y el diseño del sistema
- b. Disminuir el monto de los recibos de agua y la factura por aguas residuales
- c. Diversificar los suministros de agua municipales y proporcionar una fuente alternativa de agua, reservando el agua tratada para necesidades de más alta calidad
- d. Reducir las necesidades de energía y químicos requeridos para el tratamiento de las aguas residuales

El cantón Los Planes de Renderos se encuentra a 9.5 km al sureste del centro del municipio de San Salvador; comparte territorio con Panchimalco, San Marcos y San Salvador, donde el 67% del territorio pertenece a Panchimalco (Campos, Navarrete, Osegueda, Blanco y Campos, 2015). Dentro del cantón se encuentra un importante sitio turístico conocido como “El Mirador de Los Planes de Renderos”, la zona aledaña al mismo cuenta con un limitado abastecimiento del recurso hídrico, y no posee un sistema adecuado para la recolección y tratamiento de aguas servidas, por lo cual, es de vital importancia encontrar alternativas que contribuyan una gestión adecuada del recurso. En la actualidad es utilizada la quebrada Huiza como zona de descarga de aguas grises y negras crudas, por parte de la comunidad y los comercios del lugar, generando molestias ambientales como malos olores y la generación de vectores.

La investigación por realizar tiene como propósito establecer un diagnóstico de la situación ambiental del sitio turístico, con la finalidad de generar propuestas de alternativas para el tratamiento de las aguas grises generadas y su reutilización, al igual que del manejo integral de residuos sólidos, especialmente de los locales comerciales de la zona turística, para que éstas alternativas, puedan servir como línea base en futuras investigaciones del lugar, y con ello, beneficiar a la comunidad aledaña y a la zona turística en la conservación de condiciones sanitarias favorables para el desarrollo del turismo.

# **CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO**

## **1.1. RECURSOS HÍDRICOS**

Los recursos naturales son bienes y servicios que proporciona la naturaleza sin alteración por parte del ser humano; éstos son valiosos para las sociedades humanas por contribuir al bienestar y desarrollo de manera directa o indirecta (Schoemaker, 2017).

Un tipo de recursos naturales indispensables para el bienestar de la humanidad y el pleno funcionamiento de los ecosistemas son los recursos hídricos, están conformados por todos los cuerpos de agua que existen en el planeta, que se clasifican como océanos, ríos, lagos, lagunas, arroyos, manantiales, etc. y comprenden tanto el agua superficial como el agua subterránea (Schoemaker, 2017).

Los recursos hídricos son una parte fundamental dentro del desarrollo sostenible y socio-económico, por estar relacionados con la generación de energía, producción de alimentos, ecosistemas saludables y para la satisfacción de las necesidades diarias básicas de la población; por tanto, forma parte crucial de la adaptación al cambio climático. Sin embargo, no solamente la disponibilidad del mismo es necesaria, sino la calidad de agua que se tiene disponible debe ser la adecuada, siendo el saneamiento y tratamiento de aguas un tema que se debe abordar como medida para enfrentar y disminuir las enfermedades y mejorar las condiciones de vida de la población (ONU, 2018).

La disponibilidad de los recursos hídricos es de suma importancia para la vida y el desenvolvimiento económico, el papel del agua en el enfoque del desarrollo sostenible ha cambiado su manera de abordarse, tomando las necesidades humanas con igual importancia que las necesidades medioambientales para el pleno funcionamiento de los ecosistemas. Resulta necesario reconocer al agua como un vehículo de solutos que presenta actividad química, para que se les dé importancia a los procedimientos de limpieza y descontaminación de la misma para asegurar las condiciones de calidad en las fuentes disponibles. La agricultura representa el sector de mayor demanda de agua, mientras que los usos relacionados al sector urbano, turismo e industrial representan una demanda creciente (Delgado, Alberich y Vera, 2005).

El dinamismo del ciclo del agua es impulsado principalmente por la energía térmica del sol, la energía del interior de la tierra y la fuerza de gravedad, lo que permite que esté en constante variación en su estado físico. Según el origen de donde provenga el agua, los recursos hídricos se pueden clasificar en convencionales y no convencionales (Delgado, Alberich y Vera, 2005):

- a. Los recursos convencionales son aquellos recolectados de aguas superficiales o de aguas subterráneas, estos dependen de la disponibilidad y de los usos para el cual sea requerido el recurso. Las aguas superficiales brindan mayor cantidad a corto plazo, mientras que las aguas subterráneas no presentan fácil acceso en muchas circunstancias, pero brindan un suministro de manera más constante.
- b. Los recursos no convencionales son útiles cuando la demanda supera la oferta de agua, ya sea por poca disponibilidad del recurso o por problemas con la distribución equitativa y constante del mismo. Proviene principalmente de la recolección de las aguas lluvias, la desalinización del agua de mar, tratamientos de aguas residuales, aguas de escorrentía y aguas procedentes de escarcha, entre otras fuentes.

## **1.2. RECURSOS HÍDRICOS EN EL SALVADOR**

El Salvador tiene las condiciones ambientales más degradadas de América continental y este hecho afecta la calidad de vida de todos los habitantes. El país enfrenta serios problemas de degradación de su medio ambiente, y este patrón es fácil de apreciar en el caso del Área Metropolitana de San Salvador (AMSS). La mayoría de la población de El Salvador está concentrada en esta área, y, en las ciudades principales tales como San Miguel, Santa Ana, y Sonsonate. Además, El Salvador es el país que tiene la tasa de disponibilidad de agua dulce más baja per cápita en toda América Central y, el 95% de los ríos de su territorio, presentan altos niveles de contaminación ambiental y, por consiguiente, baja calidad del agua, solo un porcentaje muy pequeño de éstos aún es susceptible de poder sostener vida (FONAES, 2018)

El agua es un recurso extremadamente vulnerable en El Salvador, especialmente a la luz de la creciente demanda residencial, agrícola e industrial. Adicionalmente, del lado del abastecimiento, y pese a la lluvia abundante, su distribución parcializada a lo largo del año y las condiciones inadecuadas para almacenar el agua y regular su flujo, limitan la disponibilidad de los recursos de agua internos a 2,755 metros cúbicos anuales (FONAES, 2018).

De acuerdo con el escenario hídrico de El Salvador, para el año 2017 las regiones hidrográficas que presentaron estrés hídrico medio fueron: región Cara Sucia-San Pedro y estero de Jaltepeque, mientras que la región con estrés hídrico alto es la región Río Grande de Sonsonate-Banderas (MARN, 2018).

Actualmente en el país existe una población de más de seis millones de habitantes, y de acuerdo a estadísticas realizadas por la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA) hasta el año 2006, solo el 65% de la población a nivel nacional tenía acceso al agua potable dentro o fuera de la vivienda; sin embargo, se reporta que en el área rural la cobertura de agua potable es de 34.4% (MARN, 2018).

La falta de acceso y mala calidad del agua afectan la calidad de vida, productividad, salud de la población y los ingresos de los diferentes sectores, ya que las personas pobres del área rural del país dedican un porcentaje de su tiempo productivo para acarrear agua a sus viviendas (FONAES, 2018). En El Salvador existen 590 ríos y quebradas a lo largo de las 58 cuencas que drenan hacia el océano Pacífico, las cuales están agrupadas en 10 regiones hidrográficas (MARN, 2018).

El agua en El Salvador se vuelve cada día más escasa debido al agotamiento de las zonas de recarga acuífera, la deforestación, la contaminación de las aguas superficiales y el agua subterránea, la pérdida de la capacidad de regulación e infiltración del agua, la creciente variabilidad climática, y el mal uso que se hace de este recurso. Además, la demanda hídrica está aumentando de forma constante, debido al crecimiento social y económico del país y deriva en una importante presión por sus usos, llegando hasta causar conflictos sociales y políticos (FONAES, 2018).

La disponibilidad de agua en El Salvador es de 20,402 millones de metros cúbicos (MMC) anuales procedentes de fuentes superficiales y subterráneas sin ninguna intervención. Considerando que al año 2017 la demanda que se consume se estimó en 2,422.8 MMC (12%), la disponibilidad hídrica es de 17,979.2 MMC (88%) anual. La Calidad de agua de los ríos entre 2013 y 2017 según el Índice de Calidad de Agua (ICA) en los sitios de monitoreo de buena calidad aumentaron en un 27% en 2017 respecto a 2013 (MARN, 2018).

La precipitación promedio anual de El Salvador es de 1,784 mm/año. Según la Asociación Mundial del Agua (GWP, por sus siglas en inglés) el país en el 2009, con 3,177 m<sup>3</sup>/per cápita, es el único en la región centroamericana que se encuentra con una tendencia cercana a una situación de estrés hídrico (1,700 m<sup>3</sup> per cápita por año), lo que lo sitúa entre los países en Latinoamérica y el Caribe con más baja disponibilidad de agua por habitante. A esto agregándole que, de acuerdo a los análisis de las estaciones de monitoreo del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN) en el año 2011, solo el 12% tienen una calidad ambiental “buena” (FONAES, 2018).

El 74% de los hogares salvadoreños disponen de agua proveniente de una red de suministro, aunque en gran parte de las zonas con cobertura el servicio es intermitente. Solamente un 32% de la población rural tiene acceso a servicios de agua, que no necesariamente es potable. Los estudios indican que la calidad del agua consumida es deficiente y alrededor de un 40% de los sistemas analizados tienen problemas de contaminación microbiológica (FONAES, 2018).

A fin de satisfacer la creciente demanda por agua, se extraen cantidades cada vez mayores. Consecuentemente, el nivel del acuífero de San Salvador está descendiendo a la tasa de un metro por año y el agua está siendo desviada del Río Lempa para satisfacer la demanda de San Salvador. Otros acuíferos importantes, como El Playón, también está siendo sobre-explotado (FONAES, 2018).

### **1.3. USOS DEL AGUA**

El recurso de agua dulce disponible está constituido de agua superficial de ríos y lagos, así como de agua de acuíferos subterráneos; éstas fuentes son alimentadas principalmente por agua de escorrentía que constituye aproximadamente el 39% (49,000 km<sup>3</sup>) de la precipitación anual (FAO, 2019). El agua dulce es un elemento primordial en el desarrollo de las actividades para la humanidad. Una clasificación en los usos del agua de acuerdo al sistema mundial de información sobre el agua en la agricultura AQUASTAT, de la Organización Mundial de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2019) , es:

- a. Agrícola
- b. Doméstico (Municipal)
- c. Industrial

### **1.3.1. AGRÍCOLA**

Los sistemas agrícolas necesitan una calidad de agua adecuada de manera que ésta permita el desarrollo adecuado de los cultivos y así se tengan rendimientos altos; sin embargo, con el uso de fertilizantes, plaguicidas, mal manejo de los residuos agrícolas, entre otras prácticas agrícolas inadecuadas, la calidad del agua se ve afectada considerablemente en fuentes superficiales como en mantos acuíferos someros a intermedios; el agua utilizada en ganadería, debe de cumplir con normas de calidad de manera que no existan elementos tóxicos presentes en los tejidos o fluidos de los animales y sean adecuados para consumo humano (Delgado, Alberich y Vera, 2005).

El sector agrícola es el mayor consumidor de agua a nivel mundial, según el Banco Mundial el 70% del agua extraída es destinada para este rubro y el consumo puede ser incluso mayor debido a la evapo-transpiración de los cultivos. La limitada disponibilidad de recurso hídrico y la seguridad alimentaria pone en un contexto complicado la distribución del recurso en relación a la importancia entre los diversos sectores (Banco Mundial, 2020).

Según la información obtenida en el Sistema mundial de información de la FAO sobre el agua en la agricultura el sector agrícola realizó una extracción de 1,431 km<sup>3</sup>, equivalente al 68 % del total de las extracciones realizadas en el año 2018; este consumo se dividió en 1,389 km<sup>3</sup> corresponden al riego, 0.018 km<sup>3</sup> al sector pecuario y el 0.024 km<sup>3</sup> al sector acuícola (FAO, 2019).

### **1.3.2. DOMÉSTICO**

El agua destinada para consumo doméstico debe de cumplir con parámetros de calidad de agua más restrictivos que para otros usos, debido a que será ingerido o estará en contacto con las poblaciones de manera directa o indirecta. Los usos más comunes según (Tavárez, 2017) son: agua para consumo, para limpieza y salubridad, para irrigación de jardines y en huertos caseros .

El agua potable en la mayoría de los casos es provista por las autoridades del estado central y/o locales, el agua potable debe cumplir con los límites mínimos y máximos permisibles establecidos para parámetros definidos en normativas relacionadas a la calidad de agua de manera que esta sea adecuada para consumo humano o usos asociados.

Desde el 28 de julio de 2010, de acuerdo a la resolución 64/292 de la Asamblea General de las Naciones Unidas, el acceso al agua y al saneamiento son un derecho, el consumo para uso doméstico representa el 11% del consumo mundial según (IBERDROLA, 2019), no es uno de los mayores consumidores pero sí es de los de mayor importancia debido a la relación entre disponibilidad y acceso al agua con respecto al nivel de calidad de vida de las poblaciones.

En El Salvador, según información recolectada del sistema de información AQUASTAT, las extracciones municipales, incluido el uso doméstico alcanzaron los 0.474 km<sup>3</sup>, equivalente al veintidós por ciento del total de las extracciones (FAO, 2015).

### **1.3.3. INDUSTRIAL**

El uso del agua por parte del sector industrial representa aproximadamente el 20% de las extracciones globales, según el informe Agua y Energía de la WWAP (2014) está predominantemente destinado a la producción de energía, pues alrededor del 75% de consumo es realizado para la obtención de la misma, mientras que el 25% restante se destina para la producción de bienes y servicios (UNESCO, 2018).

Para la industria, los volúmenes de agua requeridos varían en función del rubro al cual éstas se dedican, una parte del agua utilizada forma parte del producto y otra es utilizada para el funcionamiento del proceso productivo, ésta última se convierte inevitablemente en vertido de aguas residuales en cuerpos receptores de agua en algún punto, siendo una fuente de contaminación directa cuando se descarga sin tratamiento previo o es tratada deficientemente. La contaminación puede relacionarse a presencia o ausencia fuera de los límites admisibles de componentes físicos o térmicos derivado de los componentes y las propiedades de las aguas de vertido (Delgado, Alberich y Vera, 2005).

En El Salvador, la industria en el año 2015 alcanzó extracciones de 0.213 km<sup>3</sup>, correspondiente al diez por ciento del total de las extracciones, de los cuales 0.185 km<sup>3</sup> son destinados para el enfriamiento de plantas termoeléctricas de acuerdo a AQUASTAT, y se estima que el setenta por ciento de las extracciones se realizan a través de recursos hídricos superficiales, y el treinta por ciento a través de recursos hídricos subterráneos (FAO, 2015)

## **1.4. DETERIORO DE LA CALIDAD DE AGUA**

La calidad del agua está asociada a factores naturales así como a actividades humanas, los factores naturales son erosión del sustrato mineral, procesos atmosféricos de evaporación y sedimentación de lodos y sales, lixiviación natural de la materia orgánica y algunos nutrientes del suelo, entre otros factores hidrológicos, químicos y biológicos del medio acuático que modifican la composición físico-química del agua, las actividades humanas que contaminan están relacionadas a actividades de la vida cotidiana y para satisfacer las necesidades básicas, así como actividades industriales (ONU-DAES, 2015).

El deterioro de la calidad del agua se mide a través de parámetros físico-químicos que deben estar entre el límite mínimo y máximo permisible, de tal manera que no sean nocivos para la vida acuática y humana, éstos parámetros pueden ser definidos por la legislación nacional o convenios internacionales (ONU-DAES, 2015).

En la actualidad la calidad del agua se ve deteriorada progresivamente debido al control deficiente de los vertidos en los cuerpos receptores, pese a que la industria y el agua doméstica pasan por sistemas de remoción de contaminantes, en la mayoría de los casos éstos no suelen ser lo suficientemente efectivos como para no dañar el medio acuático y consecuentemente la calidad del recurso; mientras que para la agricultura aún hay mucho por avanzar en la sustitución de pesticidas, abonos y prácticas agrícolas que comprometen la calidad del agua del subsuelo. La contaminación de agua generada en núcleos urbanos por efluentes domésticos e industriales, causa problemas ambientales graves, entre los principales se encuentran: (Delgado, Alberich y Vera, 2005).

- a. Contaminación microbiológica del agua, con la transmisión de enfermedades
- b. Pérdida de ecosistemas acuáticos
- c. Riesgo de enfermedades crónicas asociadas a la contaminación química
- d. Deterioro de la capacidad productiva en los suelos bajo riego, a causa de procesos de salinización
- e. Pérdida de la reserva de proteínas de los peces

Como consecuencia de la utilización del agua en cualquier actividad ésta cambia sus propiedades físico-químicas y se convierte en un potencial contaminador del posterior cuerpo receptor, es por ello que es necesario que posterior a la utilización se realice el tratamiento adecuado, esta acción se conoce como tratamiento de aguas residuales.

El tratamiento de aguas residuales radica en una serie de procesos y operaciones unitarias que buscan remover la mayor parte de componentes presentes que modifican la calidad del agua (Delgado, Alberich y Vera, 2005).

## **1.5. AGUAS RESIDUALES**

Las actividades antrópicas utilizan agua para la satisfacción de las necesidades básicas, industriales, comerciales y de cultivos, en muchos casos la mayor parte del agua utilizada es nuevamente vertida en un cuerpo receptor, pero el recurso lleva una carga contaminante que puede llegar a afectar la vida acuática y la vida humana de las zonas aledañas; por lo cual, el agua residual es la combinación de residuos líquidos o agua portadora de residuos provenientes de actividades domésticas, establecimientos industriales y comerciales, en la mayoría de los casos las aguas pluviales se mezclan con las aguas anteriormente mencionadas (Zaragoza, 1985).

Una clasificación sugerida por (García y Pérez, 1985) está basada en la procedencia de las aguas residuales, relacionando el tipo de componentes presentes en las mismas, como se describe a continuación:

- a. Aguas negras: son aquéllas que proceden de las heces y orinas humanas, así como las provenientes del aseo personal, cocina y limpieza de la casa. Suelen contener gran cantidad de materia orgánica y microorganismos, así como restos de jabones, detergentes, lejía y grasas.
- b. Aguas blancas: son aquéllas de procedencia atmosférica, o del riego y limpieza de calles, parques y lugares públicos. En aquellos lugares en que las precipitaciones atmosféricas son muy abundantes, éstas pueden evacuarse por separado para que no saturen los sistemas de depuración.
- c. Aguas residuales industriales: proceden de las etapas de procesamientos realizados en fábricas y establecimientos industriales; contienen aceites, detergentes, antibióticos, ácidos, grasas, además de otros productos y subproductos de origen mineral, químico, vegetal o animal. Su composición es muy variable, pues depende de las diferentes actividades industriales.
- d. Aguas residuales agrícolas: son aquéllas aguas procedentes de las labores agrícolas en las zonas rurales. En ésta clasificación se suelen considerar también las aguas urbanas que se utilizan, en numerosos lugares, para riego agrícola con o sin un tratamiento previo.

## **1.6. AGUAS GRISES**

Las aguas grises se definen como aguas residuales de tipo urbano generadas en la ducha, lavamanos, lavaplatos, lavadora, lavaderos y otras actividades de limpieza del hogar. Éstas representan la mayor fuente potencial de ahorro de agua en las viviendas, pues constituyen entre el 50 y 80 % del uso total de agua (Rodríguez y Medina, 2013).

Algunas aguas grises pueden contener baja contaminación y con algún tratamiento previo pueden ser reutilizadas, según (Rodríguez y Medina, 2013) el reutilizarlas contribuye en un ahorro entre el 30%-45% de agua potable, contribuyendo en la protección de las reservas de agua subterránea y reduciendo la carga de las aguas residuales.

Los efluentes de aguas grises tienen como característica que no presentan malos olores de manera inmediata posterior a ser generadas; sin embargo, al acumularse y estancarse se da una descomposición rápida de la materia orgánica que contienen generando gases con mal olor, además la abundante presencia de microorganismos y patógenos presentes, en su mayoría relacionados a enfermedades del aparato intestinal las convierten en un foco de enfermedades y riesgo a la salud pública. Además, algunos residuos con alto contenido de fósforo y nitrógeno contribuyen en la eutrofización de los cuerpos acuáticos y a la proliferación de plantas en los mismos afectando la vida acuática presente (Metcalf y Eddy, 1995).

Dependiendo de si se le da o no tratamiento a las aguas grises previo a ser descargas a un cuerpo receptor, éstas se clasifican en aguas grises crudas o aguas grises tratadas (Morel y Diener, 2006):

- a. Aguas Grises Crudas: son las vertidas directamente, sin ser tratadas o expuestas previamente a algún proceso de mejora
- b. Aguas grises tratadas: son las que han recibido tratamientos o pasado por algún proceso para mejorar sus condiciones, y su uso depende de las técnicas utilizadas para mejorar sus condiciones iniciales.

Resulta de gran importancia la caracterización de las aguas en la entrada de los procesos y operaciones de tratamiento a manera de maximizar su limpieza y con ello poder ampliar las opciones en su aprovechamiento, dando una solución al desabastecimiento en los centros urbanos (Morel y Diener, 2006).

### 1.6.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES

Las características generales del agua gris dependen en primer lugar de la calidad del agua suministrada, en segundo lugar, del tipo de red de distribución del agua potable y gris, y en tercer lugar de las actividades en el hogar. Los compuestos presentes en las aguas grises varían de una fuente a otra, donde los estilos de vida, costumbres, instalaciones y el uso de productos químicos para uso doméstico serán de importancia en su composición. Ésta, puede variar significativamente en términos de tiempo y lugar, debido a las variaciones en el consumo de agua en relación con las cantidades de sustancias vertidas (Rodríguez y Medina, 2013).

Conocer las características físicas, químicas y microbiológicas de las aguas residuales es de suma importancia para poder establecer el sistema de tratamiento adecuado, así como el sistema de recogida y evacuación de éstas; con el fin de cumplir con las medidas medioambientales establecidas en las normativas correspondientes (Metcalf y Eddy, 1995).

Los contaminantes pueden clasificarse en los siguientes grupos, según Sastre (2005):

- a. Contaminantes físicos: características organolépticas (color, olor y sabor), grasas y aceites, temperatura, sólidos, espumas, entre otros.
- b. Contaminantes químicos: Materia orgánica, pH, acidez/basicidad y otros.
- c. Contaminantes biológicos: Microorganismos, coliformes y otros.

### 1.6.2. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

Entre las principales características físicas se encuentran:

- a. **Color:** está definido como la capacidad del agua de absorber ciertas radiaciones del espectro visible, esta característica puede estar asociada a un fenómeno propio del cuerpo acuático o debido a la contaminación. Cuando hay presencia de sólidos en suspensión coloreados se da el fenómeno denominado color aparente. Las aguas urbanas frescas son de tonalidad beige clara, tornándose más oscuras debido a la descomposición anaerobia de los compuestos orgánicos presentes (Sastre, 2005).
- b. **Grasas y Aceites:** son los compuestos que, en estado libre no son solubles en agua y tienen menos densidad que ésta, independiente de la composición química y de su origen animal, vegetal o mineral. Destacan entre estos compuestos por su gran importancia el petróleo y sus derivados (Sastre, 2005).

Estos compuestos en aguas residuales urbanas son bajos por las actividades que las generan. Debido a la solubilidad muy baja entre los aceites y grasas, forman una barrera que impide la transferencia de oxígeno desde la atmósfera hasta la masa del líquido (Sastre, 2005).

- c. Espumas:** la presencia de espumas en los cuerpos receptores está asociada a la presencia de otros contaminantes en el efluente que producen una disminución de la tensión superficial. En el caso de las aguas residuales urbanas se debe muchas veces a la presencia de proteínas y detergentes. La temperatura del agua afecta de forma directa en el tiempo de persistencia de la misma, cuando las temperaturas son bajas tiende a persistir más. Las espumas están asociadas a la presencia de tensoactivos, además que emulsionan y solubilizan grasas y aceites, incrementando la contaminación por materia orgánica disuelta (Sastre, 2005).
  
- d. Sólidos:** son elementos presentes en las aguas grises que no son agua, las aguas de los cuerpos acuáticos de manera natural presentan sólidos por dilución, abrasión o arrastre de los terrenos por donde circula. Hay diversas clasificaciones de estos sólidos, los sólidos en suspensión son los retenidos en un filtro con un tamaño de poro específico; los sólidos sedimentables es la fracción de sólidos en suspensión que se depositan en el fondo de un recipiente (cono Imhoff), al dejarlos en reposo durante un periodo determinado. La presencia de sólidos en suspensión incrementa la turbidez y color aparente del agua, y la de los sólidos disueltos, la salinidad del medio y en consecuencia, la conductividad del mismo (Sastre, 2005).

### **1.6.3. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS**

Los compuestos que se encuentran en las aguas grises están directamente asociados a las actividades de los hogares. Los elementos con mayor presencia son productos químicos de origen sintético, compuestos de nitratos, fosfatos y agentes tensoactivos, que se utilizan en grandes cantidades para la limpieza doméstica y son vertidos directamente a la red de alcantarillado (Rodríguez y Medina, 2013).

La materia orgánica se caracteriza por su composición alta en carbono y se puede clasificar como biodegradable o no biodegradable dependiendo de su capacidad para ser degradada por microorganismos.

- a. **Demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>):** bajo las condiciones de temperatura a 20 °C en un tiempo de estudio de cinco días, indica la cantidad de oxígeno necesaria por los microorganismos para llevar a cabo la biodegradación de la materia orgánica presente.
  
- b. **Demanda química de oxígeno (DQO):** se define como la cantidad de oxígeno que se requiere para la oxidación de materia orgánica e inorgánica a través de un agente químico oxidante externo.
  
- c. **Potencial de Hidrógeno (pH):** este valor es importante para determinar la calidad del agua y conocer qué tratamiento inicial es necesario utilizar debido a que el rango de pH donde los microorganismos pueden sobrevivir es limitado.

#### **1.6.4. CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS**

Las características microbiológicas de las aguas grises están relacionadas con coliformes fecales, totales, *Escherichia coli*, entre otros; los cuales se deben fundamentalmente a los desechos humanos y animales, ya que los agentes patógenos se encuentran en las heces, orina y sangre, y son de origen de muchas enfermedades y epidemias. Las concentraciones normales de las sustancias presentes en las aguas grises domésticas varían de acuerdo a la época del año y fuente, así como de los contaminantes presentes (Rodríguez y Medina, 2013).

#### **1.7. NIVELES DE TRATAMIENTO**

Es posible someter a un efluente de agua gris cruda a algún tipo de tratamiento que permita mejorar su calidad y ampliar sus usos, de tal forma que estos no afecten la salud humana ni de otros seres vivos (Rodríguez y Medina, 2013), el tratamiento puede ser primario o secundario, anaeróbico o aeróbico.

El tratamiento primario se caracteriza por los mecanismos de remoción de contaminantes físicos (cribado, sedimentación, flotación y filtración), y tiene como objetivo la eliminación de sólidos gruesos, sólidos en suspensión, sedimentables, aceites, grasas, y parte de la materia orgánica de las aguas grises (Morel y Diener, 2006).

El objetivo principal del tratamiento secundario es la eliminación de la materia orgánica y la reducción de las cargas de patógenos y nutrientes, puesto que después de un tratamiento primario, la materia orgánica presente en las aguas grises toma forma disuelta (Rodríguez y Medina, 2013).

Una amplia gama de tecnologías de tratamiento se ha aplicado en diferentes partes del mundo, las cuales han tenido en cuenta la calidad y cantidad de agua gris producida. Un sistema de tratamiento se considera eficaz si se produce la calidad del efluente requerido, es simple en su funcionamiento con un mantenimiento mínimo, y accesible por su bajo consumo de energía y costos de operación y mantenimiento (Rodríguez y Medina, 2013).

El objetivo de llevar a cabo un tratamiento de aguas residuales es producir agua limpia o reutilizable, dicho tratamiento consiste generalmente en una serie de procesos biológicos, físicos y químicos que buscan eliminar los contaminantes del agua. Para seleccionar o identificar qué tipos de tratamientos se pueden usar, se requiere conocer las características del tipo de agua a tratar, los parámetros de calidad requeridos, los posibles tratamientos, las tecnologías y técnicas (Rodríguez y Medina, 2013).

Las aguas grises son aguas generalmente con un bajo nivel de contaminantes y con la casi ausencia de productos orgánicos, por lo cual puede ser reutilizada en las viviendas para limpieza, uso en el sanitario y riego. Es importante tener en cuenta que no hay una solución única o establecida para la gestión de las aguas grises, por lo cual se seleccionan varios tratamientos que posiblemente se adapten mejor a las necesidades y usos finales. A su vez, es importante a la hora de seleccionar un tratamiento de aguas grises tener en cuenta el costo y la vulnerabilidad del mismo, ya que éstos están directamente relacionados con la carga de contaminantes (Rodríguez y Medina, 2013).

### **1.7.1. PRETRATAMIENTO**

Tiene como finalidad la eliminación de objetos gruesos, arenas y grasas. Comprende los procesos de desbastado, dilaceración, desarenado, homogenización y mezclado. El proceso de desbastado permite la eliminación de partículas grandes, que son transportadas por las aguas; la dilaceración, consiste en el triturado mecánico de los sólidos gruesos; mientras que el desarenado separa la arena arrastrada en suspensión por el afluente (Rodríguez y Medina, 2013).

El proceso de homogenización, es el que permite mantener constantes las características del agua que pasa a los siguientes procesos. El mezclado se realiza en cualquier punto del tratamiento con el fin de adicionar reactivos químicos, y gases con el agua residual. Con excepción del mezclado, el tratamiento preliminar es el que da origen a los lodos (Hierro, 2003).

Para facilitar los tratamientos posteriores se debe evitar arrojar la grasa al fregadero, ya que ésta es perjudicial para los sistemas de tratamiento, o bien, instalar una trampa para grasas. Posterior a la trampa para grasas se debe realizar un tratamiento primario (Morel y Diener, 2006)

### **1.7.2. TRATAMIENTO PRIMARIO**

Tiene como objetivo la remoción de sólidos gruesos, sólidos en suspensión sedimentables, grasas y aceites y parte de la materia orgánica. También se elimina parte de nitrógeno orgánico y fósforo, así como metales pesados asociados con los sólidos, sin embargo, algunas partículas coloidales y disueltas permanecen en el agua (Morel y Diener, 2006).

El tratamiento primario se caracteriza por eliminar contaminantes físicos mediante procesos mecánicos como cribado, sedimentación, flotación, filtración, etc. (Morel y Diener, 2006)

La sedimentación remueve los sólidos suspendidos y DBO haciendo uso de la fuerza de gravedad. La flotación consiste en desplazar productos en suspensión hacia la superficie usando burbujas de agua; para que sean removidos por arrastre. La floculación permite la formación de aglomerados de algunas partículas, lo cual aumenta en gran medida la velocidad de sedimentación y mejora los procesos de filtración (Hierro, 2003).

### **1.7.3. TRATAMIENTO SECUNDARIO**

Después de llevar a cabo el tratamiento primario, generalmente se requiere la aplicación de un tratamiento secundario con el objetivo de remover la materia orgánica y la reducción de patógenos y nutrientes. La descomposición microbiana de la materia orgánica puede tener lugar tanto bajo condiciones anaeróbicas como aeróbicas y se minimizan con tratamiento secundario y terciario (Rodríguez y Medina, 2013).

Se realiza con el objetivo de eliminar la materia orgánica disuelta o coloidal, por medio de diversos procesos biológicos aerobios y anaerobios y procesos físico-químicos. Durante el proceso se elimina la materia orgánica biodegradable, propiciando el crecimiento de organismos que la consuman (tratamiento biológico). El proceso se lleva a cabo en tanques de estabilización, tanques de aireación, percolación, lodos activos y digestores anaeróbicos (Hierro, 2003).

#### **1.7.4. TRATAMIENTO TERCIARIO**

Está dirigido a la reducción final de la DBO, metales pesados y/o contaminantes químicos específicos y la eliminación de patógenos y parásitos. En este tratamiento se llevan a cabo varios procesos (Hierro, 2003):

- a. Filtración: paso del líquido a través de un medio que retenga las partículas sólidas. La arena, la antracita y la tierra de diatomeas son los materiales más comúnmente usados
- b. Ósmosis inversa: paso del líquido a través de una membrana aplicando presión, lo que permite el paso del líquido y retiene el soluto
- c. Adsorción: es la retención de las partículas disueltas mediante fuerzas químicas o físicas. este proceso se puede llevar a cabo usando carbón activado
- d. Precipitación química: mediante la adición de sustancias o agentes químicos, se altera el estado de las partículas en solución, haciéndolas sedimentables.

#### **1.8. REUTILIZACIÓN**

La reutilización de aguas grises contribuye de manera eficaz a minimizar el uso de agua potable y a la disminución de contaminantes en el medio ambiente. Teniendo en cuenta la composición de las aguas, se pueden utilizar para inodoros reduciendo hasta un 30 % del consumo de agua en el hogar, en el riego, agricultura, lavado de vehículos y ventanas, protección contra incendios, agua de alimentación de calderas y producción de concreto. En nuestro medio, y a nivel informal las aguas grises son utilizadas en el sanitario, así como para el lavado de pisos (Rodríguez y Medina, 2013).

##### **1.8.1. SISTEMAS DE TRATAMIENTO**

El esquema fundamental de un sistema de gestión de aguas grises implica cinco elementos fundamentales (López, Burgos, Cambeses, Sánchez y Rodríguez, 2012):

- a. Sistema de recogida
- b. Sistema de acumulación de agua bruta
- c. Sistema de tratamiento o depuración
- d. Sistema de regulación de agua tratada o depurada
- e. Sistema de impulsión

La caracterización de un efluente de aguas grises indica que deben ser, en general, tratadas hasta cierto nivel antes de su reutilización para evitar riesgos en la salud y efectos negativos ambientales. En ciertas ocasiones, en el mercado, se encuentran diseños de diversos tipos de aprovechamientos de aguas grises, como lavabos, directamente a la cisterna, sin ningún tipo de tratamiento. El objetivo principal de la recuperación de aguas grises para su reutilización es la reducción de los sólidos en suspensión, la carga orgánica y los microorganismos, debido a su relación con las características estéticas y sanitarias del agua (López, Burgos, Cambeses, Sánchez y Rodríguez, 2012).

Los sistemas de tratamiento suelen ir acompañados de depósitos de agua bruta con rebose para evacuar agua al sistema de alcantarillado en caso que el sistema de gestión de aguas grises no pueda procesar más agua. El almacenamiento previo permite alcanzar una homogeneización necesaria debido a la variación que presenta el efluente. Es conveniente que el pretratamiento se realice antes de este primer depósito de almacenamiento. además, si este primer depósito no se destina a decantación de sólidos en suspensión, es conveniente que permanezca agitado (López, Burgos, Cambeses, Sánchez y Rodríguez, 2012).

El agua, generalmente se impulsa a la red de distribución mediante un grupo a presión. Los residuos resultantes del desbaste o de los sistemas de desengrasado y los fangos que se generan en los procesos biológicos o del lavado de los filtros son enviados a la red de alcantarillado o a la fosa séptica, o tanque Imhoff, en caso que esos sean los dispositivos de tratamiento de las otras aguas residuales, que se da normalmente en viviendas aisladas. Los tratamientos físicos pueden estar constituidos por una filtración en arena gruesa a una filtración con membranas. El filtro grueso es el único que tiene un efecto limitado sobre la eliminación de los contaminantes presentes en las aguas grises (López, Burgos, Cambeses, Sánchez y Rodríguez, 2012).

El uso de sistemas de filtración de paso fino, o muy fino, de forma directa sobre agua bruta presenta problemas de atascamiento, por lo que se precisa de una gradación de huecos de paso si se quiere utilizar de forma directa microfiltración o ultrafiltración. Sin embargo, estos últimos procesos, aunque generalmente proporcionan una excelente eliminación de sólidos en suspensión (hasta el 100 %), reducción de turbidez y reducción de patógenos, tienen una baja eficiencia en la eliminación de los compuestos orgánicos disueltos y no se suelen alcanzar valores de inferiores a 10 mg/l (López, Burgos, Cambeses, Sánchez y Rodríguez, 2012).

El análisis detallado de los distintos procesos físicos de tratamiento de aguas grises lleva a la conclusión que los procesos físicos por sí solos son insuficientes para garantizar una adecuada reducción de la materia orgánica, nutrientes y agentes tensoactivos, excepto en situaciones donde la carga orgánica es muy baja (López, Burgos, Cambeses, Sánchez y Rodríguez, 2012).

Los procesos químicos aplicados para tratamientos de aguas grises incluyen coagulación y floculación, fotooxidación catalítica, intercambio de iones, carbón activo granular, etc. Los procesos biológicos aerobios son capaces de lograr una excelente eliminación orgánica y de turbidez (López, Burgos, Cambeses, Sánchez y Rodríguez, 2012).

Los procesos aerobios de tratamiento de aguas grises, incluidos los humedales artificiales, pueden lograr rendimientos satisfactorios con respecto a la eliminación de las sustancias orgánicas biodegradables (López, Burgos, Cambeses, Sánchez y Rodríguez, 2012).

Después de los procesos biológicos la mayoría de las sustancias orgánicas biodegradables se eliminan y, por consiguiente, el recrecimiento de los microorganismos y los problemas de olor se evitan en su mayor parte, por lo que las aguas grises tratadas son más estables para el almacenamiento durante largos períodos (López, Burgos, Cambeses, Sánchez y Rodríguez, 2012).

Alternativamente, los efluentes de los procesos físico-químicos pueden ser afinados por la filtración de arena, y desinfectados, para cumplir los requisitos menos estrictos de reciclaje de aguas grises en usos urbanos menos exigentes (López, Burgos, Cambeses, Sánchez y Rodríguez, 2012).

En la Figura 1.1. se presentan dos estrategias de configuración de tratamiento de aguas grises con diferentes características en su carga de contaminantes, con el objeto que éstas puedan ser finalmente reutilizadas en diversos usos, dependiendo de la calidad obtenida en el efluente (López, Burgos, Cambeses, Sánchez y Rodríguez, 2012).

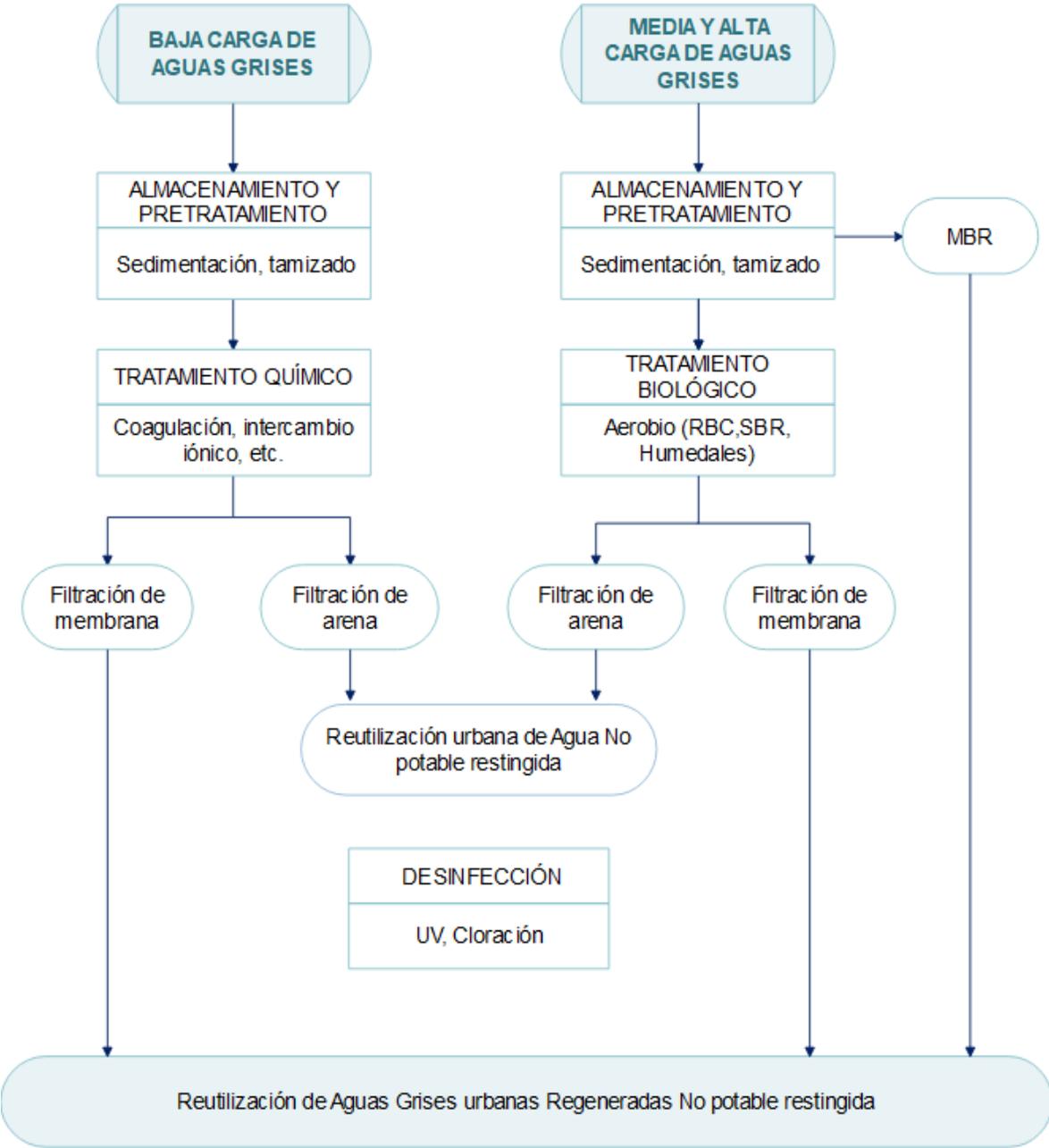


Figura 1.1. Sistemas de configuración para el tratamiento de aguas grises según su carga contaminante (López, Burgos, Cambeses, Sánchez y Rodríguez, 2012).

## **1.9. MARCO LEGAL DE AGUAS RESIDUALES EN EL SALVADOR**

Según el artículo 117 de la Constitución de la República de El Salvador se establece que es deber del Estado proteger los recursos naturales, así como la diversidad e integridad del medio ambiente para garantizar el desarrollo sostenible, y declara de interés social la protección, conservación, aprovechamiento racional y restauración de los Recursos Naturales (Asamblea Legislativa, 1983).

En la actualidad, con la relevancia que se le da al aspecto medio ambiental, como reacción de la concientización de los efectos antropológicos en el medio ambiente, a nivel nacional e internacional, se están tomando acciones enfocadas en el cuidado, conservación y mejora de éste. La suscripción a tratados internacionales y la creación de instrumentos legales a nivel nacional dan un nuevo panorama de la situación (García, González, López, y Rodríguez, 2010).

Históricamente, la legislación en El Salvador ha estado enfocada principalmente en el aprovechamiento económico de los recursos sin tomar en cuenta las afectaciones que puedan ocasionar sobre los ecosistemas, y sin prever los riesgos asociados a la sobreexplotación de los mismos. Sin embargo, en el año 2012 el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales desarrolló una Política Nacional del Medio Ambiente, que tiene como principal objetivo revertir la degradación ambiental y reducir la vulnerabilidad frente al cambio climático, como instrumento operativo se presentó la Estrategia Nacional del Medio Ambiente, la cual está integrada por cuatro componentes (MARN, 2016):

- a. Estrategia Nacional de la Biodiversidad
- b. Estrategia Nacional del Cambio Climático
- c. Estrategia Nacional de Recursos Hídricos y,
- d. Estrategia Nacional de Saneamiento Ambiental.

Debido a la naturaleza del presente estudio, es de gran importancia que se remarquen los elementos legales y las instituciones relacionadas en el tratamiento de aguas residuales, especialmente las aguas grises y su normativa respecto a su debida reutilización. De igual forma, se indagará en la legislación referente el manejo adecuado de los residuos sólidos a nivel estatal.

### 1.9.1. GESTIÓN DE AGUAS RESIDUALES

El desarrollo de las zonas urbanas e industriales conlleva al aumento en la generación de caudales de aguas residuales, por tanto, es importante conocer la normativa que rige este desarrollo con el fin de preservar y mejorar las condiciones de los recursos hídricos del país. Se vuelve una prioridad el abordar los temas relacionados a la construcción de sistemas de conducción, recolección y tratamiento de aguas, desde el marco legal y las diferentes normativas vigentes en El Salvador.

En la Tabla 1.1. se muestran las diferentes entidades que participan en la gestión legislativa del saneamiento y depuración de las aguas residuales, con sus respectivas competencias y procedimientos (Revelo, 2016).

*Tabla 1.1. Instituciones competentes en el saneamiento y tratamiento de aguas residuales en El Salvador (Revelo, 2016).*

INSTITUCIÓN	COMPETENCIAS Y PROCEDIMIENTOS
<p><b>Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN)</b> Base legal art. 19-29, 46 y 49 Ley de Medio Ambiente</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Velar y hacer cumplir los instrumentos legales, con el propósito de proteger, conservar y recuperar el ambiente</li> <li>▪ Controlar y prevenir la contaminación</li> <li>▪ Coordinar con otras instituciones competentes</li> <li>▪ Otorgar permisos ambientales de sistemas de tratamiento de aguas residuales y reúso</li> <li>▪ Recibir informes operacionales de los sistemas de tratamiento</li> </ul>
<p><b>Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social (MINSAL)</b> Art. 56 y 59 del Código de Salud</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Aprobar factibilidades de los sistemas de aguas negras y grises individuales</li> <li>▪ Vigilancia sanitaria y control de cumplimiento de la normativa y guía técnica</li> <li>▪ Educador y promotor de saneamiento</li> <li>▪ Dependencia responsable: Unidad de Salud Ambiental a través de los Programas Institucionales:               <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Disposición Sanitaria y,</li> <li>b) Tratamiento de aguas negras y grises.</li> </ul> </li> </ul>

*Continúa...*

Tabla 1.1. Instituciones competentes en el saneamiento y tratamiento de aguas residuales en El Salvador (Revelo, 2016), (Continuación).

INSTITUCIÓN	COMPETENCIAS Y PROCEDIMIENTOS
<b>Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA)</b> Ley de ANDA y art. 17 del Decreto No. 50	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Proveer servicio de alcantarillado</li> <li>▪ Administrar plantas de tratamiento y la disposición adecuada de aguas residuales de su alcantarillado</li> <li>▪ Control de vertidos descargados</li> </ul>
<b>Fondos de Inversión Social y Desarrollo Local (FISDL)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Es la institución responsable de ejecutar las inversiones públicas en la zona rural, en las que se incluye agua y saneamiento</li> </ul>
<b>Municipalidades</b> Art. 4 y 7 Código Municipal	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Autoridad local facultad para promover y desarrollar los programas de saneamiento ambiental</li> <li>▪ Prestadora de servicios públicos</li> <li>▪ Emitir ordenanzas municipales</li> </ul>
<b>Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Formular y facilitar la elaboración de las normas técnicas sobre aguas residuales descargadas en un cuerpo receptor.</li> </ul>

A fin de gestionar debidamente el recurso, las entidades han elaborado diversos instrumentos legales enfocados en la regulación de los sistemas de tratamiento de aguas residuales y lodos vertidos al medio ambiente, entre los que se mencionan (Revelo, 2016):

- a. Decreto No.50: Reglamento sobre la calidad del agua, el control de vertidos y las zonas de protección, 1987
- b. Código de salud, 1988
- c. Ley de Medio Ambiente, 1998
- d. Decreto No. 39: Reglamento Especial de aguas residuales, 2000
- e. Decreto No. 29: Reglamento Especial de aguas residuales y manejo de lodos residuales, 2019
- f. Decreto No.130: Reglamento técnico salvadoreño: Aguas Residuales. Parámetros de calidad de aguas residuales para descarga y manejo de lodos residuales, 2019
- g. Guía Técnica Sanitaria para la instalación y funcionamiento de sistemas de tratamiento individuales de aguas negras y grises, 2009.

## **A. DECRETO No. 50: REGLAMENTO SOBRE LA CALIDAD DEL AGUA, EL CONTROL DE VERTIDOS Y LAS ZONAS DE PROTECCIÓN**

Surgió con el propósito de desarrollar los lineamientos para hacer cumplir con el contenido de la Ley Sobre Gestión Integrada de los Recursos Hídricos, así como ciertos artículos de la Ley de Riego y Avenamiento, referente a la calidad del Agua, el control de vertidos y para evitar, controlar o reducir la contaminación de los recursos hídricos (Decreto-No.50, 1987).

Según el Artículo 5 (Decreto-No.50, 1987), los parámetros deben asegurar que la calidad de los niveles físicos y biológicos sean apropiados para mantener, preservar o recuperar la calidad del recurso hídrico, de manera que no se interfiera con el uso previsto en los Planes Nacionales de desarrollo, aprovechamiento o protección de los recursos hídricos.

En relación con la descarga de las aguas negras o aguas residuales domésticas, establece que está sujeta a las disposiciones de la respectiva legislación vigente sobre los diversos usos de abastecimiento de agua potable, domésticos comerciales e industriales, en aquellos núcleos de población que cuentan con redes de alcantarillado sanitario administrativo por ANDA y organismo afines (Decreto-No.50, 1987).

## **B. CÓDIGO DE SALUD**

El objeto del código es desarrollar los principios constitucionales relacionados con la salud pública y asistencia social, y las normas para la organización, funcionamiento y facultades del Consejo Superior de Salud Pública, del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social y demás organismos del Estado (Código de Salud, 1988).

En lo referente a Saneamiento del Ambiente Urbano y Rural, de acuerdo a su artículo 56, el MINSAL, por medio de los organismos regionales, departamentales y locales de salud desarrolla programas de saneamiento ambiental, encaminados a lograr en las comunidades el abastecimiento de agua potable, la disposición adecuada de excretas y aguas servidas, la eliminación de basuras y otros desechos, la eliminación y control de insectos vectores, roedores y otros animales dañinos, la higiene de los alimentos, el saneamiento y buena calidad de la vivienda y de las construcciones en general, el saneamiento de los lugares públicos y de recreación, la higiene y seguridad en el trabajo, la eliminación y el control de contaminaciones del agua de consumo, del suelo y aire, así como la eliminación de otros riesgos ambientales (Código de Salud, 1988).

Dentro de las facultades que son otorgadas está la intervención y el control en todo lo relacionado a las actividades de saneamiento y obras de ingeniería sanitaria; en caso de riesgo grave a la salud, se debe inspeccionar por medio de sus delegados el interior de casas, locales, predios públicos y privados, así como ordena a quien corresponda que se proceda a subsanar o corregir las deficiencias encontradas (Código de Salud, 1988).

### **C. LEY DE MEDIO AMBIENTE**

La ley de Medio Ambiente tiene por objeto principal el desarrollar las disposiciones de la Constitución de la República, que se refieren a la protección, conservación y recuperación del medio ambiente y, el uso sostenible de los recursos naturales que permitan mejorar la calidad de vida de las presentes y futuras generaciones (Ley de Medio Ambiente, 1998).

De igual manera, la ley de medio ambiente norma la gestión ambiental, pública y privada y, constituye a la protección ambiental como obligación básica del Estado, los municipios y los habitantes en general; y asegura la aplicación de los tratados o convenios internacionales celebrados por El Salvador en esta materia (Ley de Medio Ambiente, 1998).

### **D. DECRETO No. 39: REGLAMENTO ESPECIAL DE AGUAS RESIDUALES**

El Reglamento tiene por objeto velar porque las aguas residuales no alteren la calidad de los medios receptores, y con ello contribuir a la recuperación, protección y aprovechamiento sostenibles del recurso hídrico respecto de los efectos de la contaminación (Decreto-No.39, 2000).

De acuerdo al Artículo 13, en la evaluación de la calidad de las aguas residuales se incluirá el análisis de las características físico-químicas y microbiológicas, de conformidad con las normas técnicas de calidad de aguas residuales. En las aguas residuales de tipo ordinario deberán ser determinados, esencialmente, los valores de los siguientes componentes:

- a. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>)
- b. Potencial hidrógeno (pH)
- c. Grasas y aceites (G y A)
- d. Sólidos sedimentables (SSed)
- e. Sólidos suspendidos totales (SST)
- f. Coliformes totales (CT)
- g. Cloruros (Cl-).

## **E. DECRETO No. 29: REGLAMENTO ESPECIAL DE AGUAS RESIDUALES Y MANEJO DE LODOS RESIDUALES**

El objeto del Reglamento es desarrollar las disposiciones de la Ley del Medio Ambiente, vinculadas a la gestión de las aguas residuales y lodos, y establecer los criterios técnicos y requisitos que deben cumplirse para su manejo, tratamiento, uso, reúso y disposición final (Decreto-No.29, 2019).

Mediante Decreto Ejecutivo No.39 emitido el 31 de mayo de 2000, se emitió el Reglamento Especial de Aguas Residuales y este fue derogado y sustituido por el Decreto Ejecutivo No. 29; emitido el 21 de octubre de 2019. El ámbito de aplicación dispone que será aplicable en todo el territorio nacional a las personas naturales o jurídicas, que, por sus actividades, generen, gestionen o viertas aguas residuales a un medio receptor o realicen disposición de lodos. (Decreto-No.29, 2019).

De acuerdo al reglamento, las aguas residuales, atendiendo a su naturaleza y origen se clasifican en aguas residuales de tipo ordinario y aguas residuales de tipo especial. Los parámetros para la caracterización de las aguas residuales de tipo ordinaria se dividen en: físico-químicos y bacteriológicos y, son aplicables también para todas las aguas residuales de tipo especial. Los parámetros y análisis obligatorios a cumplir para aguas residuales de tipo ordinario se detallan a continuación:

- a. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>)
- b. Demanda Química de Oxígeno (DQO)
- c. Potencial Hidrógeno (pH)
- d. Aceites y Grasas (A y G)
- e. Sólidos Sedimentables (SSed)
- f. Sólidos Suspendidos Totales (SST)
- g. Coliformes fecales (Cf)
- h. Caudal (Q)

Los límites permisibles de estos parámetros estarán establecidos en el Reglamento Técnico Salvadoreño. Parámetros de calidad de aguas residuales para descarga y manejo de lodos residuales (RTS13.05.01:18, 2019).

**F. DECRETO No. 130: REGLAMENTO TÉCNICO SALVADOREÑO: AGUA. AGUAS RESIDUALES. PARÁMETROS DE CALIDAD DE AGUAS RESIDUALES PARA DESCARGA Y MANEJO DE LODOS RESIDUALES (RTS 13.05.01:18)**

El objeto del reglamento es establecer los límites permisibles para los diferentes parámetros de calidad de las aguas residuales y sus lodos, previo a su disposición final, así como los mecanismos y procedimientos técnicos para la óptima gestión de los mismos; y contribuir a la recuperación, protección y aprovechamiento sostenible del recurso hídrico. El ámbito de aplicación es a toda actividad, obra o proyecto que realice gestión de las aguas residuales previo a la descarga a un medio receptor; así como el manejo de lodos residuales, independientemente de la procedencia y destino ubicados en el territorio nacional (RTS13.05.01:18, 2019).

El Reglamento (RTS13.05.01:18, 2019) define al Agua Residual a aquella que ha recibido un uso y cuya calidad ha sido modificada por la incorporación de agentes contaminantes resultante de cualquier uso, las cuales son de dos tipos: ordinario y especial.

El Agua residual de tipo ordinario es agua residual generada por las actividades domésticas de los seres humanos, tales como uso de servicios sanitarios, lavatorios, fregaderos, lavado de ropa y otras similares (RTS13.05.01:18, 2019).

El Agua residual de tipo especial es agua residual generada por actividades agroindustriales, industriales, hospitalarias y todas aquellas que no se consideran de tipo ordinario (RTS 13.05.01:18, 2019).

El Agua residual mixta es la combinación de aguas residuales de tipo ordinario con aguas residuales de tipo especial, o la combinación de aguas residuales de tipo especial, pero de distintos sectores productivos (RTS13.05.01:18, 2019).

**a. LÍMITES PERMISIBLES**

Las aguas residuales de tipo ordinario, previo a ser vertidas al medio receptor, deben de cumplir con las disposiciones de la Ley de Medio Ambiente y sus Reglamentos, además, deben cumplir los límites permisibles establecidos por el RTS, los cuales se detallan en la Tabla 1.2.

*Tabla 1.2. Límites permisibles de parámetros de aguas residuales de tipo ordinario para vertido a un medio receptor (RTS13.05.01:18, 2019).*

<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Límite Permissible</b>
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/l	150
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg/l	60
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/l	60
Sólidos Sedimentables (SS)	mg/l	1
Aceites y Grasas	mg/l	20
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidades de pH	6.0-9.0
Coliformes Fecales	NMP/100ml	Reportar
Caudal (Q)	m <sup>3</sup> /día	Reportar
Sustancias Activas al Azul de Metileno (SAAM)	mg/l	Reportar

El dueño o administrador del alcantarillado sanitario será el responsable de cumplir con los parámetros y límites establecidos por el RTS, previo a ser descargados al medio receptor (RTS13.05.01:18, 2019).

El titular de una actividad, obra o proyecto que descargue sus aguas residuales de tipo especial al sistema de alcantarillado sanitario debe cumplir con lo establecido en la normativa del sistema de alcantarillado en su versión vigente de agua residual de tipo especial para descarga al alcantarillado sanitario (RTS13.05.01:18, 2019).

El titular del alcantarillado es responsable de garantizar el cumplimiento de dicha normativa vigente. Los parámetros físico-químicos para la caracterización de las aguas residuales de tipo especial se clasifican en básicos y específicos, los cuales se detallan de acuerdo a su rubro en el Anexo 1 (RTS13.05.01:18, 2019).

#### **b. MUESTREO Y ANÁLISIS.**

La frecuencia mínima de muestreo y los análisis de aguas residuales de tipo ordinario que descarguen a un medio receptor, deben cumplir con la frecuencia establecida en la Tabla 1.3. adaptada del (RTS13.05.01:18, 2019). Para Demanda Química de Oxígeno, Demanda Bioquímica de Oxígeno y Sólidos Suspendidos totales deben tomarse tanto en la entrada como en la salida, para los demás parámetros solamente a la salida.

Tabla 1.3. Frecuencia de muestreo de aguas residuales de tipo ordinario  
(RTS13.05.01:18, 2019).

PARÁMETROS	CAUDAL DEL EFLUENTE (m <sup>3</sup> / día)	
	≤ 50	> 50
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	Semestral	Trimestral
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	Semestral	Trimestral
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	Semestral	Trimestral
Sólidos Sedimentables (SS)	Trimestral	Semanal
Aceites y Grasas	Semestral	Trimestral
Potencial de Hidrógeno (pH)	Trimestral	Semanal
Coliformes fecales	Semestral	Trimestral
Caudal (Q)	Diario	Diario
Sustancias Activas al azul de metileno (SAAM)	Semestral	Trimestral

### **G. GUÍA TÉCNICA SANITARIA PARA LA INSTALACIÓN Y FUNCIONAMIENTO DE SISTEMAS DE TRATAMIENTO INDIVIDUALES DE AGUAS NEGRAS Y GRISES.**

Actualmente, en El Salvador, el marco legal correspondiente al tema de aguas residuales es ambiguo, lo cual genera un vacío legal, específicamente en lo referente a los sistemas de tratamiento individuales de aguas residuales de tipo ordinario (MINSAL, 2009).

El Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social es consciente de la problemática derivada de la situación antes señalada y con el fin de dar respuesta orientada a prevenir daños a la salud de la población de una forma estandarizada y sistematizada, ha puesto a disposición el denominado “Manual de Procedimientos Técnicos Para la Vigilancia de la Disposición Sanitaria de Excretas, Tratamiento de Aguas Residuales de Tipo Ordinario, Manejo de los Desechos Sólidos Comunes y Manejo de Desechos Bioinfecciosos”, el cual establece los diversos procedimientos en los cuales se debe basar el personal técnico de distintos niveles de este Ministerio, para ejercer vigilancia sanitaria en los Programas antes mencionadas. Por tal razón y como complemento a dicho Manual en el tema de Aguas Residuales se tiene la necesidad de contar con una Guía Técnica Sanitaria que oriente al personal técnico sobre las distintas alternativas sanitarias (MINSAL, 2009)

La Guía brinda una solución particularmente a los usuarios que requieran de conexión de agua para consumo, o que ya cuentan con el servicio y que no disponen de acceso a un Alcantarillado Sanitario o a un sistema de tratamiento colectivo, para que puedan realizar el tratamiento de aguas negras y grises generadas en sus inmuebles (MINSAL, 2009).

El documento se subdivide en ocho apartados principales; inicia con el objetivo general y los específicos. El segundo apartado contempla el marco conceptual y contextual. El tercero presenta los problemas, causas y efectos provocados por las aguas residuales de tipo ordinario. En el cuarto apartado se describen los criterios técnicos sanitarios a considerar para el otorgamiento de factibilidad para la instalación de los sistemas de tratamiento individuales de aguas negras y grises. El quinto apartado presenta la información técnica sanitaria de los elementos que componen los sistemas de tratamiento individuales de aguas negras y grises. En el apartado seis se describe información técnica relativa al mantenimiento de los sistemas de tratamiento individuales de aguas negras y grises. En la parte final de la guía se describe la bibliografía y los Anexos (MINSAL, 2009).

### **1.9.2. REÚSO DE AGUAS RESIDUALES TRATADAS**

De acuerdo al (RTS13.05.01:18, 2019), el reúso de aguas residuales tratadas, deberá ser analizado técnicamente y aprobado por el MARN, los cuales deben cumplir con la calidad establecida por sus lineamientos, de acuerdo a la clasificación de reúso de agua establecida en el Reglamento Especial de Aguas Residuales en su versión vigente; se deben considerar únicamente las aguas residuales tratadas de tipo ordinario y especial que no contengan metales pesados.

El titular que requiera reutilizar las aguas residuales tratadas debe presentar, además del formulario ambiental correspondiente, la caracterización físico-química y microbiológica de las aguas residuales y la propuesta técnica de reúso. El suelo también podrá considerarse como una alternativa para el reúso del agua residual tratada previa autorización del MARN. El MARN realizará la evaluación ambiental y emitirá la resolución que corresponda (RTS13.05.01:18, 2019). Para el reúso de aguas residuales tratadas se debe tomar en cuenta su calidad, cantidad, así como los elementos determinantes en las modificaciones físico-químicas, que puedan causar ese tipo de aguas a la salud y al suelo, lo que determinará las restricciones de reúso, basados en el principio de prevención de contaminación.

El reúso de aguas tratadas para tipos no especificados en el Reglamento Especial de Aguas Residuales, podrán ser autorizados por el MARN, dicho reúso no podrá ser realizado sin contar con el permiso ambiental o resolución correspondiente (RTS13.05.01:18, 2019).

De acuerdo al Reglamento Especial de Aguas Residuales y Manejo de Lodos Residuales (Decreto-No.29, 2019) el reúso de aguas residuales tratadas se clasifica en nueve tipos, descritos en la Tabla 1.4.

*Tabla 1.4. Clasificación de los reúsos de aguas residuales (Decreto-No.29, 2019).*

<b>TIPO</b>	<b>REÚSO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
1	Utilización en actividades con contacto directo al público	Fuentes ornamentales, lavado de automóviles, combate de incendios, limpieza de calles y otros con similares accesos o exposición al agua.
2	Utilización en actividades similares con contacto indirecto al público	Agua para cisterna de inodoros y otras áreas donde el acceso del público es prohibido o restringido.
3	Riego agrícola en cultivos de alimentos que no se procesan previo a su venta o consumo	Riego superficial o por aspersión de cualquier cultivo comestible que no se procese previo a su venta, incluyendo aquellos que son consumidos crudos.
4	Riego agrícola en cultivos de alimentos que se procesan previo a su venta o consumo	Para riego de cultivos, que previo a su venta al público reciben el procesamiento físico o químico necesario.
5	Riego agrícola en cultivos no alimenticios y áreas verdes	Riego de pastos para ganado, forrajes, cultivos de fibras y semillas, viveros ornamentales, biomasa vegetal, silvicultura, riego de zonas verdes recreativas en áreas residenciales, riego en áreas verdes de protección, zonas verdes, arriates en vías de circulación, patios de centros educativos, campos deportivos, parques, cementerios, cultivo de césped, otras plantaciones forestales y cultivos no alimenticios.

*Continúa...*

Tabla 1.4. Clasificación de los reúsos de aguas residuales (Decreto-No.29, 2019),  
(Continuación).

TIPO	REÚSO	DESCRIPCIÓN
6	Recreativo	Reúso en cuerpos de agua artificiales donde puede existir un contacto indirecto, como la pesca con fines recreativos, en actividades deportivas de navegación donde el contacto con el agua sea incidental.
7	Paisajístico	Aprovechamiento estético donde el contacto con el público no es permitido, y dicha prohibición esté claramente rotulada.
VIII	En Construcción	Compactación de suelos, control del polvo y lavado de materiales.
IX	Reúso industrial	Reciclaje, recirculación y/o reinyección en procesos productivos que no tienen contacto con los alimentos ni contacto con el ser humano.

Para el reúso de aguas residuales tratadas se deberá tomar en cuenta su calidad, cantidad, así como los elementos determinantes en las modificaciones físico-químicas que pueda causar ese tipo de aguas a la salud humana y al suelo, lo que determinará las restricciones de reúso (Decreto-No.29, 2019).

Los reúsos de aguas residuales tratadas, que se detallan en la Tabla 1.4 serán analizados técnicamente y aprobados por el MARN, para los cuales únicamente serán consideradas las aguas residuales tratadas de tipo ordinario y las de tipo especial, éstas no deben contener metales pesados (Decreto-No.29, 2019).

El reúso de aguas tratadas para tipos no especificados en el Reglamento, podrán ser autorizados debidamente por el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, y dicho reúso no podrá ser realizado sin contar previamente con el permiso ambiental o resolución correspondiente (Decreto-No.29, 2019).

## 1.10. RESIDUOS SÓLIDOS

Un residuo sólido se define como cualquier objeto o material de desecho que se produce tras la fabricación, transformación o utilización de bienes de consumo y que se abandona después de ser utilizado (Orjuela y Velásquez, 2015).

Estos residuos sólidos son susceptibles o no de aprovechamiento o transformación para darle otra utilidad o uso directo. El origen de estos residuos se debe a las diferentes actividades que se realizan día a día, pero la mayor parte de ellos es generada en las ciudades, más concretamente en los domicilios donde se producen los denominados residuos sólidos urbanos, que proceden de las actividades domésticas en casas y edificios públicos como los colegios, oficinas, la demolición y reparación de edificios. Según (Orjuela y Velásquez, 2015) los residuos sólidos se clasifican de acuerdo a su origen o procedencia, como se ve detalladamente en la Tabla 1.5. mostrada a continuación.

*Tabla 1.5. Clasificación de los residuos sólidos según su origen (Orjuela y Velásquez, 2015).*

ORIGEN	TIPOS DE RESIDUOS
<b>DOMICILIARIOS.</b> Son los procedentes de las viviendas, limpieza de calles y veredas, zonas verdes y establecimientos industriales y comerciales, cuando son asimilables a los residuos domiciliarios.	Residuos de comida, materiales plásticos, papeles, cartones, textiles, cuero, madera, goma, residuos de jardín, vidrio, aluminio, cerámica, metales, férreos, latas y suciedad proveniente de barrido e higiene en general.
<b>VOLUMINOSOS.</b> Por su forma, tamaño, volumen o pesos son difíciles de ser recogidos en la recolección convencional.	Muebles, colchones, electrodomésticos
<b>COMERCIALES.</b> Surgen de los circuitos de distribución de bienes de consumo.	Papel cartón, plásticos, restos de comida, metales, vidrios, latas, maderas.
<b>RESIDUOS SANITARIOS.</b> Derivados de actividades sanitarias procedentes de hospitales, clínicas, laboratorios de análisis y establecimientos similares.	Material de cura, yesos, ropa y materiales de un solo uso, cultivos, material contaminado, y restos de tejidos humanos.

*Continúa...*

Tabla 1.5. Clasificación de los residuos sólidos según su origen (Orjuela y Velásquez, 2015), (Continuación).

ORIGEN	TIPOS DE RESIDUOS
<b>CONSTRUCCIONES Y DEMOLICIONES.</b> Derivados de la construcción, reparación o ampliación de viviendas, vías de comunicación, empresas, etc.	Maderas, hormigón, acero, ladrillo, piedras, materiales para la conexión de electricidad, gas, agua y escombros en general. Vidrios rotos, aceros de reforzamiento, y plásticos.
<b>INSTITUCIONES.</b> Producidos en escuelas, hospitales, cárceles y dependencias gubernamentales.	Papel, cartón, plásticos, restos de comidas, metales, vidrios, latas, maderas.
<b>SERVICIOS MUNICIPALES.</b> Son consecuencia del funcionamiento y mantenimiento de los centros municipales.	Producto del barrido de las calles, residuos de poda del arbolado urbano, animales muertos y automóviles abandonados.
<b>INDUSTRIALES.</b> Son derivados de actividades industriales y deben de depositarse en recipientes adecuados.	Metales, plásticos, tejidos, fibras, maderas, vidrios, papel, cartones, chatarra, residuos de alimentos, cenizas, etc.
<b>UNIVERSALES.</b> Representan un riesgo a la salud y el ambiente, y son generados en los hogares.	Fertilizantes, productos agro-sanitarios, residuos de cultivos, bidones con restos de agroquímicos.

### 1.10.1. DISPOSICIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS

Es el proceso que consiste en la reducción de volúmenes y peso de los desechos que han de disponerse, o bien para disminuir la peligrosidad de algunos; entre los tratamientos que podemos mencionar están: el compostaje, el reciclaje, la incineración, y el fin específico de éstos es alargar la vida útil del sitio de disposición final. Dentro de los tratamientos para una íntegra disposición de los desechos se encuentran las siguientes (Guevara, Maldonado y Vásquez, 2013):

#### A. RECICLAJE

Es un proceso mediante el cual ciertos materiales de los desechos sólidos se separan, se recogen y algunas veces se almacenan para reincorporarlos como materia prima. Algunos desechos sólidos pueden reconvertirse de nuevo en materiales que puedan ser reutilizados según su naturaleza, entre los cuales se puede mencionar: papel, cartón, vidrio, plásticos, latas, etc. (Guevara, Maldonado y Vásquez, 2013).

El reciclaje contribuye a la conservación de los recursos naturales, pues permite que el ciclo vuelva a comenzar mediante la obtención de materias primas a partir de los desechos. Existen diversas razones para reciclar, entre ellas: ahorro de recursos, disminución de la contaminación, alarga la vida de los materiales, aunque sea con diferentes usos, ahorro de energía, reducción de la deforestación, se reduce el 80% el espacio que ocupan los desperdicios al convertirse en basura, disminuye los impuestos por concepto de recolección de basura (Guevara, Maldonado y Vásquez, 2013).

## **B. COMPOSTAJE**

Es el proceso natural que degrada bioquímicamente a la materia orgánica, y bajo ciertas circunstancias ambientales controladas acelera el proceso hasta convertirse en un mejorador de suelos es así que el compostaje, como tratamiento en el manejo de desechos sólidos es aquel por medio del cual, los desechos orgánicos son biológicamente descompuestos, bajo condiciones controladas, hasta el punto en que el producto final puede ser manejado, embodegado y aplicado al suelo, sin que afecte de manera negativa al medio ambiente. El compostaje es una forma específica de reciclaje de material orgánico; el resultado obtenido se conoce como “compost”, el cual es un producto negro, homogéneo, y por regla general, de forma granulada, sin restos gruesos y casi inodoro. Es un producto que por sus características biológicas puede utilizarse como un mejorador de suelos (Guevara, Maldonado y Vásquez, 2013).

## **C. INCINERACIÓN**

Es un sistema de disposición final que consiste en quemar desechos a temperaturas que oscilan entre 750 a 1000°C para destruir los desechos sólidos o cualquier cuerpo orgánico con el fin de reducir su volumen o su peso. Incinerar los residuos sólidos tiene dos aspectos muy positivos: se reduce mucho el volumen de restos a almacenar porque las cenizas que quedan ocupan mucho menos que la basura que es quemada, y además se obtiene energía que puede aprovecharse para diferentes fines. Entre otras ventajas, la incineración se considera casi totalmente higiénica, hay una gran disminución del volumen de los desechos, sus residuos están relativamente libres de molestias al depositarlos en rellenos sanitarios. Pero por otro lado presenta desventajas como que se requiere de gran inversión de capital, presenta altos costos de mantenimiento y funcionamiento, no es un método completo ya que deja el residuo de la ceniza, altos costos de mantenimiento del personal, entre otros (Guevara, Maldonado y Vásquez, 2013).

## **D. GASIFICACIÓN**

Es el proceso de disposición final de los desechos sólidos mediante el cual se descompone en una atmósfera o condiciones de reducción a temperaturas más altas que el sistema de incineración con escasez de oxígeno lo que produce mayor cantidad de gases que son los que servirán de combustible al proceso (Guevara, Maldonado y Vásquez, 2013).

## **E. ENTERRAMIENTO**

Consiste en colocar los desechos sólidos debajo de la tierra, suelo y subsuelo por suponer que éstos poseen elementos con capacidades ilimitadas de absorción y que, al combinarse con el proceso de descomposición de los propios desechos, permitiría la eliminación del problema de la basura. Sin embargo, el enterramiento indiscriminado puede conllevar a algunas complicaciones tales como: no se impermeabiliza previamente el terreno donde se hará el enterramiento de los desechos, no se hace un proceso adecuado y periódico de la compactación de la basura y no hay prevención y control de lixiviados que contaminan el suelo y las aguas subterráneas. El enterramiento de los desechos como tal, no aprovecha la separación, reutilización y reciclaje de los mismos. Solamente los desechos orgánicos pueden ser enterrados para producir abono orgánico de descomposición de materias biodegradables (Guevara, Maldonado y Vásquez, 2013).

### **1.10.2. MARCO LEGAL DE RESIDUOS SÓLIDOS EN EL SALVADOR**

La gestión de los residuos sólidos en El Salvador es una responsabilidad compartida entre las autoridades nacionales y locales. Mientras las autoridades nacionales tienen como una responsabilidad principal el facilitar y estandarizar la gestión de los desechos, los actores locales tienen como responsabilidad la operación óptima del sistema de manejo de desechos sólidos. A continuación se presenta la información más relevante acerca de las leyes que facultan la creación de los diversos cuerpos normativos referentes al manejo de los desechos sólidos (Echeverría, 2010):

- a. Constitución de la República de El Salvador, 1983
- b. Código de Salud, 1988
- c. Ley de Medio Ambiente, 1998
- d. Código Municipal, 1986
- e. Reglamento especial sobre el manejo integral de los Desechos sólidos, 2000
- f. Proyecto de ley de gestión integral de residuos y fomento al reciclaje, 2019

## **A. CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DE EL SALVADOR**

En los artículos 65 y 117 La Constitución de la República establece la responsabilidad del Estado en cuanto a la preservación del medio ambiente y la salud de los ciudadanos en general (Asamblea Legislativa, 1983).

## **B. CÓDIGO DE SALUD**

En su artículo número 56 literal “C” se establece la obligación de desarrollar programas para la eliminación de basura y otros desechos. Los artículos 74 al 78 establecen al Ministerio de Salud Pública como autoridad responsable de la ubicación de botaderos públicos para basura. En el artículo 76 establece la obligación a los propietarios, poseedores de predios baldíos y de sitios abiertos de cerrarlos para evitar que se conviertan en basureros públicos (Código de Salud, 1988).

## **C. LEY DEL MEDIO AMBIENTE**

En lo que a desechos sólidos concierne, la Ley del Medio Ambiente regula en su Artículo 21 literal d), la autorización de la construcción de Sistemas de tratamiento, confinamiento y eliminación, instalaciones de almacenamiento y disposición final de residuos sólidos y los desechos peligrosos; para que deberá presentarse el correspondiente Estudio de Impacto Ambiental para su ejecución. En el Artículo 52 de la Ley de Medio Ambiente bajo el epígrafe: “Contaminación y disposición final de desechos sólidos” se establece la participación del Ministerio de Salud y Asistencia Social, gobiernos municipales y otras organizaciones en las actividades para la adecuada disposición final de los desechos sólidos (Ley de Medio Ambiente, 1998).

## **D. CÓDIGO MUNICIPAL**

En su artículo 3 se establece la autonomía del municipio en cuanto al decreto de ordenanzas y reglamentos locales y en cuanto a la elaboración de sus tarifas de impuestos y reformas a las mismas para proponerlas como ley a la Asamblea Legislativa. Asimismo, en el artículo 4 numeral 5 se establece la promoción y desarrollo de programas de salud como saneamiento ambiental. En el mismo artículo 4 numeral 19 se establece la prestación del servicio de aseo, barrido de las calles, recolección y disposición final de la basura generada. Y, finalmente, Los artículos 6, 7 y 18 describen el poder del municipio de ejecutar ellos mismos o por medio de empresas externas (Código Municipal, 1986).

## **E. REGLAMENTO ESPECIAL SOBRE EL MANEJO INTEGRAL DE LOS DESECHOS SÓLIDOS**

En su Artículo 1 se establece la regulación del manejo de los desechos sólidos de origen domiciliario, comercial, de servicios o institucional; sean procedentes de la limpieza de áreas públicas, o industriales similares a domiciliarios, y de aquellos sólidos sanitarios que no sean peligrosos. En el Artículo 2 se establece la ampliación de las disposiciones del reglamento en todo el territorio nacional y serán de observancia general y de cumplimiento obligatorio para toda persona natural o jurídica. En el resto de los artículos se desarrollan disposiciones diversas para el manejo integral de cada una de las etapas del proceso (MARN, 2000).

## **F. PROYECTO DE LEY DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS Y FOMENTO AL RECICLAJE**

El proyecto de ley tiene por objeto lograr el aprovechamiento y disposición final sanitaria y ambientalmente segura de los residuos, a fin de proteger la salud de las personas, el medio ambiente y fomentar una economía circular, a través del establecimiento de una visión sistémica en la gestión integral de los residuos, la determinación de los actores y su forma de interacción, y la asignación de responsabilidades para lograr cambios conductuales en la población. Para lograr lo anterior, se considerarán al menos los procesos siguientes: disminución de la generación de residuos priorizando la prevención, el fomento a la reutilización, reparación, el reciclaje y otros tipos de valorización, concientizando a la población en la preferencia de productos que generen residuos aprovechables (Legislativo, 2019).

### **1.10.3. MANEJO INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS REGIONAL**

El manejo integral y sustentable de residuos sólidos combina flujos de residuos, métodos de recolección y procesamiento, de lo cual derivan numerosos beneficios ambientales, tales como la optimización económica y aceptación social en un sistema de manejo práctico para cualquier región (INECC, 2007).

Un manejo de residuos sólidos integral a nivel regional se puede lograr combinando diferentes opciones de manejo que incluyan esfuerzos de reúso y reciclaje, tratamientos que involucren compostaje, bio-gasificación, incineración con recuperación de energía, así como la disposición final en rellenos sanitarios (INECC, 2007), tal y como se describe en la sección 1.10.1.

El punto clave de un manejo integral no es cuántas opciones de tratamiento se utilicen, o cuántas se apliquen al mismo tiempo, sino que sean parte de una estrategia que responda a las necesidades y contextos locales o regionales, así como a los principios básicos de las políticas ambientales en la materia (INECC, 2007).

El orden jerárquico convencional de los elementos de los sistemas de gestión integral de residuos sólidos según (INECC, 2007) se presenta a continuación y se ilustra en la Figura 1.2:

- a. Reducción de origen (reducción en la fuente)
- b. Reutilización (retornabilidad/ rellenamiento)
- c. Compostaje y Biodegradación
- d. Reciclaje
- e. Incineración con recuperación de energía
- f. Relleno sanitario.

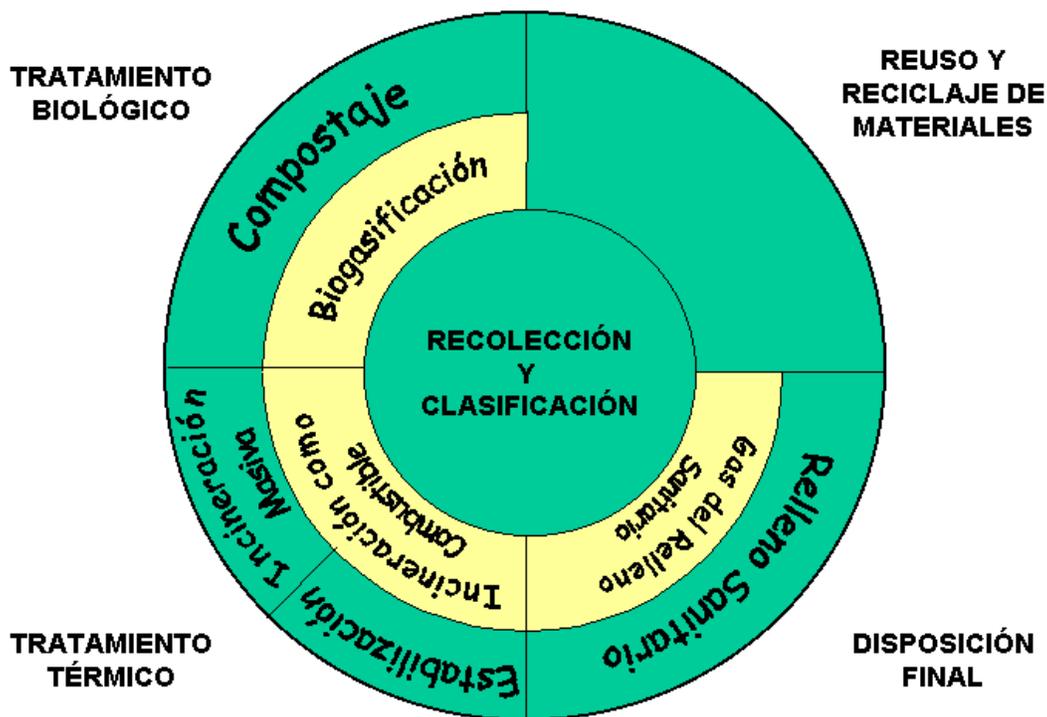


Figura 1.2. Manejo integral y sustentable de los residuos sólidos (INECC, 2007).

El manejo integral de los residuos sólidos le da una nueva dimensión al enfoque conocido comúnmente como la jerarquía del manejo de residuos sólidos descrita anteriormente, el cual prioriza las opciones de manejo de residuos en un orden de preferencia que parte de la prevención de la generación, del reúso, reciclaje o compostaje, de la incineración con recuperación de energía, de la incineración sin recuperación de energía, y del confinamiento en rellenos sanitarios como última opción. Este enfoque ha influido significativamente en las decisiones y estrategias de manejo de residuos a nivel local, nacional e internacional durante los últimos 25 años. Según (INECC, 2007) los elementos que se deben considerar en los Programas Municipales de Reciclaje son los siguientes:

- a. Selección: para que se lleve a cabo la separación domiciliar de los residuos sólidos, se requiere otorgar facilidades a los habitantes y establecer programas educativos al respecto
- b. Recolección: la recolección selectiva directa en los hogares requiere altas tasas de participación, así como la inversión en camiones especiales en los que se separen los residuos
- c. Centros de acopio poblacionales temporales: dichos centros pueden ser operados por las asociaciones de vecinos, los cuales recibirían un pago preestablecido por los residuos seleccionados
- d. Centros regionales de procesamiento: en dichos centros se seleccionan y preparan los materiales reciclables para su respectivo embarque hacia centros regionales de comercialización. Estos centros estarían debidamente alimentados por los centros de acopio poblacionales y ubicados en sitios estratégicos
- e. Centros regionales de comercialización: cuya función es vender los residuos que se han recibido de los centros regionales de procesamiento, a los diferentes compradores de la región
- f. Departamento de promoción de mercados: estos departamentos preferiblemente se deben conformar en los municipios, para la búsqueda y establecimiento de los mercados estables a largo plazo para los subproductos reciclables obtenidos, así como el acopio y difusión de información respecto de los residuos reciclables y los directorios de empresas recicladoras o consumidoras de los productos reciclados
- g. Mercados industriales: su fortalecimiento requiere que las industrias y empresas de servicios se conviertan al uso de insumos provenientes de los residuos reciclables
- h. Consumidores: los gobiernos deben mostrar el ejemplo para fomentar el consumo de productos provenientes del reciclado de residuos.

## **CAPÍTULO 2. MARCO METODOLÓGICO**

El agua es un recurso natural indispensable para la satisfacción de las necesidades básicas de la población, su calidad y accesibilidad permiten un mejor desarrollo en las comunidades y, un factor fundamental para el aseguramiento de su calidad comienza con la fomentación de una consciencia social orientada hacia las buenas prácticas del uso del recurso hídrico, así como con procesos de tratamiento para aguas servidas generadas (FUSADES, 2011).

En décadas recientes, fue bastante común que los propietarios de diversas lotificaciones habitacionales, así como los grandes urbanizadores a lo largo del país, dejaran por fuera la construcción de sistemas para el tratamiento de aguas residuales o que no se designara un espacio adecuado para la construcción individual de módulos de tratamiento, por lo que en la actualidad su manejo inadecuado ha conllevado a un problema ambiental considerablemente grave (MINSAL, 2009)

En los últimos años, la zona del Mirador de los Planes de Renderos ha tenido un notable desarrollo urbano, que no está asociado únicamente a los complejos habitacionales sino a los comerciales (MARN, 2013). Dentro de los aspectos que más repercuten negativamente en la población del lugar se encuentra la generación de aguas negras y grises, debido a que no cuentan con sistemas de conducción y tratamiento de aguas servidas, lo cual ha conllevado a efectos adversos principalmente sobre la quebrada Huiza y su comunidad aledaña, manifestándose en la proliferación de vectores y, repercutiendo en el ambiente y la salud (MINSAL, 2009).

Teniendo en cuenta lo antes expuesto y dado que el objetivo fundamental de la presente investigación es realizar un diagnóstico de la problemática vigente de la zona, a partir del cual se propondrán acciones locales que contribuyan tanto a prevenir como a mitigar dicha situación ambiental actual, es necesario establecer la metodología de estudio.

La metodología a implementar consiste inicialmente en delimitar la zona de estudio a tomar como Área de influencia; posteriormente, llevar a cabo el levantamiento de información, el cual consta de diversas reuniones y visitas de campo con el objetivo principal de identificar los comercios ubicados en la zona de El Mirador de Los Planes de Renderos para efectuar un inventario de locales comerciales de la zona de turística.

Seguidamente, se deberá recolectar diversa información a partir de la implementación de encuestas en los locales comerciales dedicados específicamente al rubro de preparación de alimentos. Recopilando principalmente información referente a las prácticas de manejo de residuos sólidos, abastecimiento y usos del agua, así como su disposición final; con el fin de establecer parte del diagnóstico de la situación actual.

Finalmente, se deberá seleccionar un local comercial modelo que sea representativo para la zona en estudio, con el objetivo de recolectar información complementaria de las aguas grises, realizando muestreos para caracterizar al efluente, con el fin de analizarlo de manera cuantitativa. Integrando los datos obtenidos se podrán establecer propuestas para la reutilización y tratamiento de las aguas grises generadas, para finalmente seleccionar aquellas que resulten más apropiadas, tal como se muestra en la Figura 2.1. donde se resume la metodología a seguir durante la investigación.

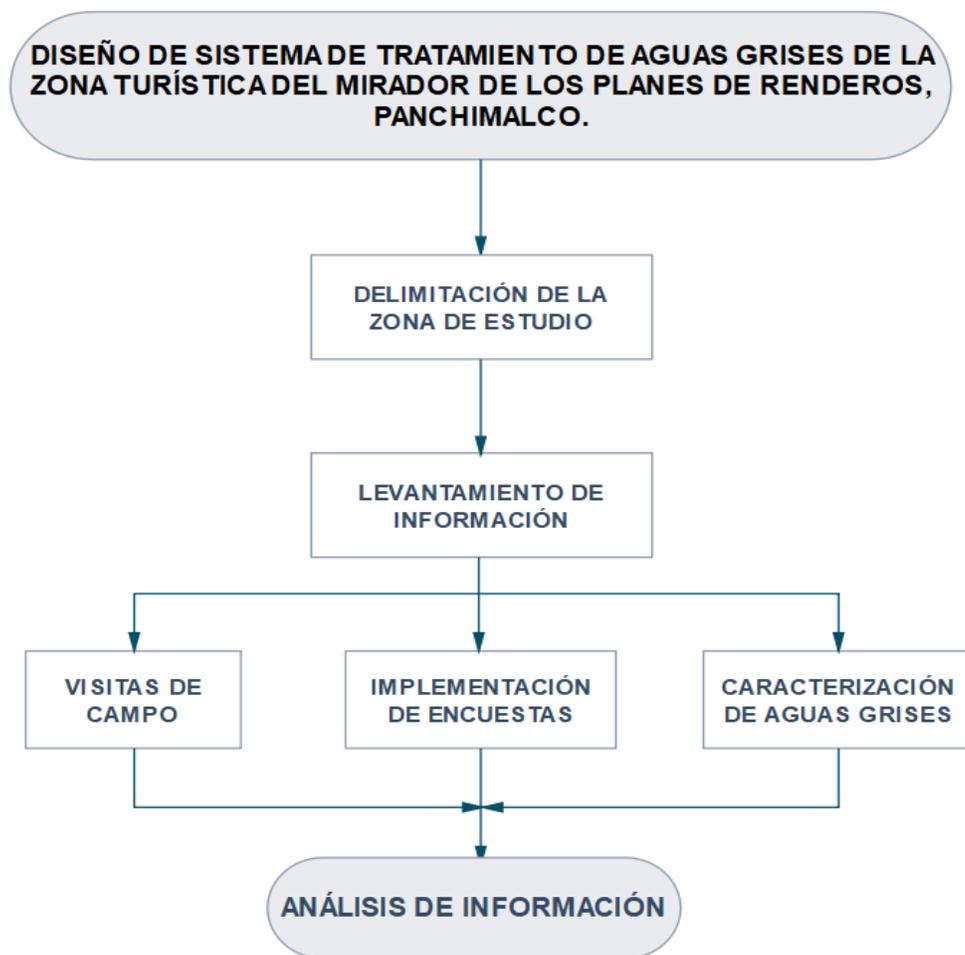


Figura 2.1. Metodología e instrumentos de investigación.

## **2.1. ZONA DE ESTUDIO**

La investigación se llevará a cabo en el Cantón “Los Planes de Renderos” el cual se divide en tres sectores turísticos importantes: “Puerta del Diablo”, Parques y “El Mirador de Los Planes de Renderos”; siendo éste último sector donde se delimitará la zona de influencia del proyecto, y se encuentra ubicado entre los municipios de San Marcos y Panchimalco (MITUR, 2011).

## **2.2. PANCHIMALCO**

### **2.2.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA**

Panchimalco es un Municipio del departamento de San Salvador. Está limitado al norte, por San Marcos y San Salvador; al este, por Santo Tomás y Olocuilta (departamento de La Paz); al sur, por La Libertad (departamento de La Libertad); y al oeste, por Rosario de Mora, San Marcos y Huizúcar (departamento de La Libertad). Se encuentra entre las coordenadas geográficas: 13° 38' 43" LN (extremo septentrional) y 13° 29' 25" LN (extremo meridional); 89° 08' 03" LWG (extremo oriental) y 89° 13' 58" LWG (extremo occidental) (FISDL, 2006).

### **2.2.2. DIMENSIONES**

Posee una superficie de 91.40 km<sup>2</sup> y está a una distancia de 17 km a partir de la capital San Salvador (MARN, 2013)

### **2.2.3. DIVISIÓN POLÍTICO ADMINISTRATIVA**

Para su administración el municipio de Panchimalco se divide en 14 cantones y 65 caseríos. En el área urbana están los barrios El Centro, San José, El Calvario, San Esteban y Concepción (FISDL, 2006).

### **2.2.4. SUBCUENCAS**

La superficie del municipio tiene como cuenca principal al río Huiza y en menor porcentaje al río Matalapa. La subcuenca Huiza se encuentra localizada en la Región Mandinga y Comalapa, tiene como afluentes principales a los ríos Chávez, Las Lajas, Casa de Piedra, Quezalate, el Jutillo, el Jutilión, Chichiguiste, Obraje, Trinchera, Shanasigua, Guapuchillo, Hija de Sal, Papaleguayo, Tihuara, Guiscoyolate, Amayo, Tihuapa y Huiza. La subcuenca posee un área de 235.06 km<sup>2</sup> y se encuentra inmersa dentro de 12 municipios (MARN, 2013).

En el municipio de Panchimalco, la subcuenca intercepta a los cantones Los Palones, El Guayabo, El Divisadero, El Cedro, Quezalapa, Loma y Media, Los Pajares, San Isidro los Planes, Panchimalquito, Azacualpa, Los Troncones y Amallán. La subcuenca del río Mata-lapa se encuentra localizada en la parte alta de la cuenca del río Acelhuate, y esta tiene de afluentes principales a los ríos Ilohuapa y Garrobo (MARN, 2013).

Entre los principales ríos de las subcuencas de Panchimalco, se encuentran los descritos en la Tabla 2.1. (FISDL, 2006).

*Tabla 2.1. Principales ríos del Municipio de Panchimalco (FISDL, 2006).*

<b>NOMBRE</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
<b>EL MUERTO O CUITAPÁN</b>	Se origina de la confluencia de los ríos Agüesho y Shanasigua, a 400 metros al este de la ciudad de Panchimalco; describe un rumbo de norte a sur y sirve en un largo tramo como límite entre este municipio y el de Rosario de Mora. Tiene como afluentes a los ríos Trincheras y Guapuchillo y la quebrada Tecomate; hace un recorrido dentro del municipio de 13.5 kilómetros.
<b>TIHUAPA</b>	Entra al municipio a 5.6 kilómetros al sureste de la ciudad de Panchimalco, justo donde le afluye el río Chichicazapa; describe un rumbo de norte a sur y sirve en un tramo como límite entre este municipio y el de Olocuilta (éste del departamento de La Paz). Tiene como afluentes a los ríos: Papaleguayo, Güiscoyolate y Agua Caliente; hace un recorrido dentro del municipio de 13.2 kilómetros.
<b>HUIZA</b>	Entra al municipio a 8.5 kilómetros al noroeste de la ciudad de Panchimalco; describe un rumbo de norte a sur y sirve en un tramo como límite entre este municipio y el de Huizúcar (éste del departamento de La Libertad). Tiene como afluentes a los ríos Carabo y Quezalate; y hace un recorrido dentro del municipio de 7.5 kilómetros.

### **2.2.5. CLIMA**

El clima del municipio es fresco; pertenece al tipo de tierra caliente y tiene un monto pluvial anual que oscila entre 1,250 y 1,750 milímetros. La altitud del municipio es de 570 metros sobre el nivel del mar (FISDL, 2006).

### **2.2.6. FLORA**

La vegetación está constituida por bosque húmedo subtropical y bosque húmedo tropical, los cuales incluyen especies como: ceiba, maquilishuat, conacaste, pino, laurel, ciprés, cedro, café, amate y frutales (FUNDE, 2012).

### **2.2.7. POBLACIÓN**

Según el último Censo de Población elaborado por la Dirección General de Estadísticas y Censos, en el municipio de Panchimalco se contabilizó un total de 41,260 habitantes (DIGESTYC, 2007). De éstos, el 48.3 % eran hombres y el 51.7% restante eran mujeres. La población urbana reportada fue 16,164 personas y la población rural de 25,096. La densidad poblacional del municipio ascendía a 458.60 habitantes por km<sup>2</sup>. La tasa de crecimiento poblacional registrada entre 1992 y 2007 fue de 27.12% (FUNDE, 2012)

### **2.2.8. INDUSTRIA Y COMERCIO**

Entre las industrias más sobresalientes del municipio, están: fábricas de ladrillo y teja, de estructuras metálicas y elaboración de artesanías, especialmente cómales y ollas de barro moldeado, tallado en madera y textil. En el comercio local hay farmacias, panaderías, ferreterías, pupuserías y tiendas, entre otros (FISDL, 2006).

### **2.2.9. SITIOS TURÍSTICOS**

El municipio de Panchimalco, cuenta con sitios turísticos famosos como el Parque Balboa, Parque de la Familia y Puerta del Diablo, ubicados en el cantón Planes de Renderos; el río Cuitupán y la famosa y venerada Iglesia Colonial que data de 1730, la cual fue construida por indígenas dirigidos por frailes españoles, cuyas imágenes y altares son de arte barroco. Esta iglesia, donde se venera la exaltación de la Santa Cruz de Roma, constituye una verdadera joya arquitectónica salvadoreña de la época colonial; es, además, patrimonio cultural del municipio de Panchimalco (FISDL, 2006).

Entre los principales centros de turismo pertenecientes al Cantón Los Planes de Renderos se encuentran los ubicados sobre la Carretera que conduce al casco urbano, siendo uno de los más emblemático el Mirador de Los Planes de Renderos que ofrece una vista a la ciudad y una zona gastronómica importante (Campos, Navarrete, Osegueda, Blanco y Campos, 2015).

## 2.3. ZONA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO

La presente investigación tiene lugar en El Mirador de Los Planes de Renderos, territorio perteneciente a dos municipios: San Marcos y Panchimalco, está ubicado a 9.5 kilómetros desde el centro de San Salvador, sobre la calle que lleva a Panchimalco. Este es uno de los lugares donde nacionales y extranjeros se dan cita, especialmente los fines de semana; por su clima muy fresco y su gastronomía (MITUR, 2011).

### 2.3.1. DELIMITACIÓN GEOGRÁFICA

La delimitación geográfica tiene como primer criterio que el área comercial perteneciente al Municipio de Panchimalco descargue las aguas grises a la Quebrada Huiza, pues según la indicación de personas de la comunidad y de la alcaldía, éstos locales son aquéllos que se encuentran ubicados en la zona que inicia desde el lugar conocido como “El Triángulo de los Planes de Renderos” continuando al sureste por la Carretera RN-S6 hacia la Avenida Guillén Álvarez, desenlazando a su vez, a la altura de la Quinta Miramar como se puede observar en la Figura 2.2., teniendo una extensión total de 650 m (Google Earth, 2019).



Figura 2.2. Zona de influencia del proyecto (Google Earth, 2019).

## 2.4. INVENTARIO DE LOCALES COMERCIALES

Una vez delimitada la zona de estudio, debido a la naturaleza del proyecto y para cumplir con uno de los objetivos específicos del mismo, es necesario realizar la identificación de los comercios ubicados dentro del área de influencia y así determinar cuáles de ellos, podrían ser sujetos a estudio y aportar información útil para el establecimiento de los parámetros de diseño del sistema de tratamiento de aguas grises.

Este sector acoge en sus alrededores diversos establecimientos comerciales de los cuales en la Tabla 2.2. se presenta un listado de los más representativos, resultando importantes en especial para la presente investigación los dedicados al comercio de alimentos, debido a que tienen mayor presencia en la zona, además que representan un aporte significativo del volumen de agua gris generado por la actividad turística.

*Tabla 2.2. Inventario de locales comerciales en la zona del Mirador de los Planes de Renderos.*

<b>N.º</b>	<b>NOMBRE COMERCIAL</b>
1	Taller de enderezado y pintura
2	Comedor y Pupusería "Paty"
3	Alquileres "Emmanuel"
4	Laboratorio Clínico "San Francisco"
5	Tienda y Lácteos "Erika"
6	Taquería y Pupusería "Los Cuates"
7	Farmacia "FEMA"
8	Tienda y Lácteos "Marcelito"
9	Pupusería "Entre Amigos"
10	Gasolinera "Alba Petróleos"
11	Abarrotería
12	Venta de gas "Tomza"
13	Salón de Belleza "D' Flor"
14	Tejidos Anvasti

*Continúa...*

*Tabla 2.2. Inventario de locales comerciales en la zona del Mirador de los Planes de Renderos (Continuación).*

<b>Nº</b>	<b>NOMBRE COMERCIAL</b>
15	Soluciones Mágicas
16	Veterinaria Sara Pet
17	Ceviches y Cócteles
18	Pastelería Oporto
19	Helados Sarita
20	Chilatería y Pupusería "Mi Familia"
21	Restaurante "Katy"
22	Lácteos
23	Pupusería "El Planeño"
24	Correos El Salvador
25	Farmacia "San Francisco de Coray"
26	Pupusería Buena Vista
27	Don Pollo
28	1200 Café
29	Plaza Municipal "El Mirador"
30	Comedor y Pupusería "Mary"
31	Toco Madera
32	Pupusería Tampiqueña "Señor Dios"
33	Farmacia Athías
34	Laboratorio Clínico "Samer"
35	Plaza Campana
36	Nevería
37	Faby's Fashion
38	Unidad Comunitaria de Salud Familiar "Planes de Renderos"
39	Comedor y Pupusería "Mary"
40	Pupusería "Aby"

Dentro de los comercios enlistados anteriormente, se consideran como sujetos de estudio únicamente los comercios dedicados al rubro alimenticio.

## **2.5. RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN**

Dentro de los objetivos específicos de la investigación se busca desarrollar una propuesta de diseño de un sistema para el tratamiento de agua gris proveniente de locales comerciales de la Zona turística del Mirador de Los Planes de Renderos, por lo que se contempla la realización de un diagnóstico de la situación ambiental actual de la zona.

Para lo anterior es necesario diseñar medidas e instrumentos de recolección de información dirigidos a los comercios que sean representativos para el fin de esta investigación; dicha selección se realizará según los siguientes criterios:

- a. Locales que presenten la disponibilidad para colaborar con la investigación
- b. Locales dedicados a la comercialización de alimentos
- c. Locales que no cuenten con sistema de tratamiento de agua gris

El inciso a. resulta ser determinante, debido a que establece una limitante para el desarrollo del proyecto, pues el objetivo a largo plazo de la investigación es mejorar las condiciones de salubridad en los locales comerciales para conservar el potencial turístico de la zona, y, para alcanzar este objetivo, resulta necesario recolectar información muy específica de los mismos. Debido a la naturaleza del proyecto existe cierto grado de desconfianza por parte de algunos encargados de los locales dedicados a la comercialización de alimentos, los cuales evitan aportar información, para prevenir que ésta pueda ser utilizada con diferentes fines a los de la presente investigación que pudiesen de alguna manera perjudicar la imagen individual o colectiva de sus comercios.

Por tanto, la recolección de información dentro de este informe, será proporcionada por los comerciantes de la zona que sí presenten disponibilidad individual para colaborar con la misma, y será manejada de manera confidencial, asignando códigos a cada comercio.

### **2.5.1. VISITAS DE CAMPO**

Las visitas de campo a la zona de estudio tienen como principal objeto conocer la situación ambiental actual del lugar. A través de la observación y conocimiento de las características de la zona se buscará establecer la línea base del proyecto, para lo cual, habrá que realizar visitas clasificadas según el objetivo a cumplir de carácter exploratorio y organizacional, de acuerdo a lo indicado en la Tabla 2.3. presentada a continuación.

Tabla 2.3. Visitas de campo a la Zona de Estudio.

VISITA	CARÁCTER	OBJETIVO
1	Exploratorio	Conocer la Zona de estudio, incluyendo los diferentes locales comerciales y el cuerpo receptor de aguas residuales generadas
2	Organizacional	Conocer a las Autoridades Municipales de Panchimalco y acordar con ellos, los objetivos de la Investigación
3	Exploratorio	Levantar inventario de locales comerciales de la zona dedicados a la gastronomía
4	Exploratorio	Implementar encuestas a comerciantes del lugar, según criterios preestablecidos
5	Organizacional	Obtener la debida autorización para la toma de muestras y planteamiento del procedimiento a seguir
6	Exploratorio	Recolectar las muestras de agua gris para su posterior caracterización y análisis
7	Informativo	Dar a conocer los resultados y propuestas generadas de la investigación realizada a las autoridades encargadas

En la visita número cuatro correspondiente al carácter exploratorio para el levantamiento de inventario de los locales comerciales de la zona turística, en algunos establecimientos dedicados a la comercialización de alimentos fue expresado que participarán en el estudio únicamente en la etapa de recolección de información teórica mediante encuestas y que no presentan disponibilidad para la etapa de muestreo de agua gris.

## 2.6. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE ENCUESTAS

El diseño e implementación de encuestas se llevará a cabo en diez de los locales con mayor representatividad dentro del inventario detallado en la Tabla 2.2, de acuerdo con los criterios a, b y c. señalados en la sección 2.5. Siendo necesario que cumplan con el criterio del inciso a y b obligatoriamente y el c de manera opcional. El instrumento diseñado para recolección de información se divide en 5 secciones con el propósito de recolectar la misma de manera eficaz, según se describe en la Tabla 2.4. presentada a continuación.

Tabla 2.4. Descripción del instrumento de recolección de información.

SECCIÓN	OBJETIVO
Generalidades del comercio	Conocer el flujo de personas que transita a diario por el local comercial de la zona turística en temporadas altas y bajas.
Suministro de agua potable	Identificar la entidad encargada de la distribución del servicio, su frecuencia de recepción, y la demanda de agua suministrada por otra fuente de abastecimiento.
Usos del agua	Identificar los diferentes usos que se le da al agua dentro del local comercial y determinar los volúmenes de agua utilizados en cada uno de ellos de manera cuantitativa.
Disposición de Aguas Residuales	Conocer si el local comercial cuenta actualmente con un sistema de tratamiento de aguas grises, o si presencia alguna afectación relacionada a la descarga inadecuada de aguas residuales.
Residuos sólidos	Determinar los tipos de residuos sólidos generados en el local y su volumen de generación por cada tipo de residuo, así como su clasificación, recolección y disposición final.

De acuerdo al esquema diseñado descrito en la Tabla 2.4. Se busca obtener la información necesaria para brindar un panorama general de la situación ambiental de la zona de estudio, cumpliendo con ello el segundo objetivo específico de la investigación. El diseño extendido de la encuesta se encuentra en el Anexo 2.

## 2.7. CARACTERIZACIÓN DE AGUAS GRISES.

Para poder diagnosticar objetivamente la situación ambiental de la zona turística respecto al agua gris generada en los locales comerciales, y, en base a ello proponer alternativas técnicas para su tratamiento y reutilización, resulta estrictamente necesario determinar tanto las características físico-químicas como microbiológicas de la misma, así como una estimación de sus volúmenes de generación en los turnos de trabajo.

El procedimiento de caracterización de aguas grises se realizará en uno de los comercios pre-seleccionados para la recolección de información a través de encuestas; sin embargo, estará condicionado a la disponibilidad del comercio en participar en esta segunda etapa.

### **2.7.1. POBLACIÓN**

El análisis de aguas grises se llevará a cabo en un local a seleccionar de acuerdo con los siguientes criterios:

- a. Local comercial ubicado dentro de la jurisdicción de Panchimalco
- b. Local comercial con valor inferior más cercano a la media aritmética de la afluencia de personas al lugar
- c. Local comercial que no cuente con sistema de tratamiento de aguas grises

Además de cumplir con los tres incisos anteriores, resulta necesario que el local comercial seleccionado para el muestreo de aguas grises cumpla con todos los criterios previamente establecidos en la sección 2.5.

### **2.7.2. ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS**

Para llevar a cabo los análisis correspondientes, se tomarán cuatro muestras compuestas del Agua gris del local a seleccionar, con el fin de analizar los parámetros de físico-químicos y microbiológicos de calidad.

Los parámetros a tener en cuenta para el análisis de muestras según el Marco Regulatorio establecido en la sección 1.9, son aquéllos requeridos para aguas residuales que sean de tipo ordinario tanto por el Reglamento Técnico Salvadoreño RTS 13.05.01:18 (Agua. Aguas Residuales. Parámetros de calidad de aguas residuales para descarga y manejo de lodos residuales) y por el Decreto No. 39: Reglamento Especial de Aguas Residuales, vigente desde mayo del 2000 hasta el inicio de la presente investigación. Dichos parámetros se describen en la Tabla 2.5. Así como el Límite permisible correspondiente de acuerdo a dicho Marco Regulatorio.

Una vez obtenidos los resultados del laboratorio certificado, para poder realizar el análisis de información respectivo se tendrá en cuenta el Decreto No. 29: Reglamento especial de aguas residuales y manejo de lodos residuales; decreto que en cuyo caso sea aprobado previo a la finalización del presente trabajo, derogaría al Decreto No. 39. Por lo anterior, el análisis se fundamentará principalmente en el Reglamento Especial de Aguas Residuales y Manejo de Lodos Residuales, y el RTS13.05.01:18

Tabla 2.5. Parámetros físico-químicos y microbiológicos para caracterización de Agua gris (RTS13.05.01:18, 2019), (Decreto-No.39, 2000).

PARÁMETRO	DEFINICIÓN	LÍMITE PERMISIBLE
Demanda Química de Oxígeno (DQO), (mg/l)	Cantidad de oxígeno que se necesita para producir la oxidación química fuerte de sustancias susceptibles de origen inorgánico y orgánico presentes en el agua.	150
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> ), (mg/l)	Oxígeno consumido en la oxidación microbiológica de la materia orgánica presente en el agua, medida después de la incubación a 20 °C de temperatura durante cinco días.	60
Sólidos Suspendidos Totales (SST), (mg/l)	Sólidos no solubles que representan la diferencia entre los sólidos totales y los sólidos disueltos.	60
Sólidos Sedimentables (SS), (ml/l)	Materia que se deposita por acción de la gravedad en el fondo de cualquier recipiente o medio receptor que contenga agua.	1
Aceites y Grasas (A y G), (mg/l)	Sustancia química no miscible en el agua pero soluble en solventes designados en los métodos de análisis recomendados en el RTS.	20
Potencial de Hidrógeno (pH),	Potencial de Hidrógeno	6.0-9.0
Coliformes Totales (CF), (NMP/100ml)	Indicador de contaminación bacteriana	Reportar
Caudal (Q), (m <sup>3</sup> /día)	Volumen de agua por unidad de tiempo.	Reportar
Sustancias Activas al Azul de Metileno (SAAM), (mg/l)	Conocidos como agente de actividad superficial, tensoactivos o surfactantes, detergentes. Son agentes que reducen la tensión superficial del líquido en el que está disuelto. Son importantes en diversas industrias por su eficiencia bactericida, germicida, entre otros.	Reportar
Cloruros (Cl)	Concentración de iones cloruros.	Reportar

### **2.7.3. DETERMINACIÓN DEL CAUDAL**

La determinación del caudal de aguas grises generado por el establecimiento se realizará de forma indirecta a través de las respuestas obtenidas en la Sección III: Usos del Agua, del instrumento de recolección de información debidamente completado por el encargado del establecimiento seleccionado y, de forma directa con mediciones a realizar en las visitas exploratorias.

Se determinará de esta manera debido a la ubicación de las tuberías de aguas grises dentro de los comercios, pues están dentro del área ya construida de los locales, lo cual imposibilita el acceso a las salidas de aguas grises; tampoco se cuenta con facturación a través de los contadores de consumo.

Conocer este parámetro es de suma importancia para el dimensionamiento apropiado del sistema de tratamiento a proponer. La metodología para la estimación del volumen de generación de agua gris y posterior el cálculo del caudal se establecerá según los procedimientos en cada etapa de limpieza desarrollados por los locales comerciales.

### **2.7.4. METODOLOGÍA DE MUESTREO**

El procedimiento de muestreo describe los requerimientos básicos, las instrucciones y los cuidados que se deben tener en cuenta para la toma de muestras del agua gris generada en el comercio dedicado al procesamiento de alimentos seleccionado, de manera que éstas sean representativas y confiables.

Para realizar los análisis físico-químicos y microbiológicos de calidad de agua requeridos para la caracterización de aguas grises residuales por el Reglamento Especial de Aguas Residuales (Decreto-No.39, 2000), se establecerá un procedimiento para llevar a cabo el respectivo muestreo que consta de los cinco pasos siguientes:

- a. Selección del turno a monitorear
- b. Determinación de las actividades generadoras de agua gris.
- c. Determinación de los caudales de agua gris generados
- d. Establecimiento del volumen de recolección
- e. Identificación de los materiales necesarios para la recolección y el transporte de las muestras.

Para el desarrollo efectivo de los incisos anteriores se seguirán los procedimientos descritos a continuación:

- a. Selección del turno a monitorear:** se realizará una primera visita exploratoria guiada por el encargado del establecimiento, durante dos turnos, el primero por la mañana y el segundo por la tarde-noche, con el objetivo de identificar en cuál de ellos existe una mayor descarga de agua gris y cuáles actividades generan mayor caudal.
  
- b. Determinación de las actividades que generadoras de agua gris:** para identificar las actividades generadoras de agua gris se utilizará inicialmente la información obtenida en la Sección III del Instrumento de recolección de información: *Usos del agua*. Información que se presentará detalladamente en la sección 3.3, y se corroborará a través de la visita exploratoria, donde se identificarán finalmente las actividades que generan el mayor caudal de agua gris.
  
- c. Determinación de los caudales de agua gris generados:** establecer una alternativa de tratamiento para el agua gris generada implica necesariamente caracterizar cada caudal de agua por cada una de las distintas actividades generadoras. Dado a la variabilidad en el lavado de manos y los métodos de descarga seguidos, se determinará el caudal de la siguiente forma:
  - i. *Repetición:* cantidad de veces que se realiza la actividad en el turno de trabajo
  - ii. *Volumen de agua gris generado:* es el volumen de agua generado por cada vez que se realice una actividad
  - iii. *Tiempo de descarga:* indica el tiempo en que el volumen de agua generado es vertido para su descarga
  - iv. *Caudal generado por repetición:* es el volumen de agua generado en cada repetición de una actividad en el tiempo que se descarga
  - v. *Caudal generado por turno:* es el caudal generado por repetición por el total de veces en que se realizó la actividad en el turno de seis horas.
  
- d. Establecimiento del volumen de recolección:** durante el periodo que se realice dicho muestreo se tomarán lecturas que reflejen el volumen de agua gris generada; el tiempo se definirá conforme al número de veces que se realicen las actividades generadoras de agua gris y, el volumen a recolectar será definido por el tiempo y por el caudal aproximado durante la visita exploratoria.

Los volúmenes recolectados de cada una de las actividades de descarga, se obtendrán a través de un procedimiento de muestra compuesta, tomando en cuenta el número de las actividades que generan cada descarga de aguas grises. Se utilizará la Ecuación 1 para su determinación.

$$V_{si} = \frac{V_c * Q_{si}}{n * Q_p} \quad (\text{Ecuación 1})$$

Donde:

$V_{si}$  = Volumen de cada alícuota o muestra

$V_c$  = Volumen total a componer

$Q_{si}$  = Caudal instantáneo en cada muestra

$Q_p$  = Caudal promedio durante el muestreo

$n$  = Número de muestras tomadas

El caudal promedio estará determinado por la sumatoria de los caudales de cada actividad generadora de agua gris. El caudal instantáneo está definido como el volumen de agua gris descargado por el tiempo en que transcurre toda su descarga. El volumen total a componer es la sumatoria de volumen requerido por el laboratorio para realizar la caracterización, considerando un veinte por ciento extra; y,  $n$  es el número de actividades realizadas en el local que generan agua gris.

Dado que cada una de las actividades pueden llevarse a cabo más de una vez, es necesario establecer la misma fórmula de muestra compuesta por actividad, donde los términos  $Q_{si}$  y  $Q_p$  son aproximadamente iguales, debido a que el volumen de agua gris generado en cada repetición de actividad es similar. Por tanto, la fórmula se simplifica y está establecida de la siguiente forma:

$$V_{si} = \frac{V_c}{n} \quad (\text{Ecuación 2})$$

Donde:

$V_{si}$  = Volumen de cada alícuota o muestra

$V_c$  = Volumen total a componer

$n$  = Veces que se realiza la descarga

El volumen a componer se refiere al volumen de alícuota obtenido de la Ecuación 2 para cada actividad, el volumen de cada alícuota, es el volumen a tomar de dicha actividad por cada  $n$  veces que se realice la descarga de agua gris.

**e. Identificación de materiales necesarios para la recolección y el transporte de las muestras:** los materiales necesarios para realizar el muestreo dependerán del proceso seguido en las actividades que generan las aguas grises y como condicionen la toma de las muestras. Asimismo, incluirá materiales necesarios para caracterizar la muestra *in situ*. Para que los resultados no se vean afectados durante el análisis el necesario cumplir con los requerimientos para preservar y transportar las muestras al laboratorio para su caracterización. Los requerimientos seguidos serán los presentados en la Tabla 2.6., tomados del Reglamento Técnico Salvadoreño: Aguas Residuales parámetros de calidad para aguas residuales para descarga y manejo de lodos residuales (RTS13.05.01:18, 2019)

Tabla 2.6. Requerimiento para toma de muestras (RTS13.05.01:18, 2019).

Parámetro	Recipiente	Preservantes	Tiempo máximo de almacenamiento	Volumen mínimo de muestra (ml)
DBO <sub>5</sub>	Polietileno	Enfriar a 4°C	4 horas	1000
DQO	Polietileno	Enfriar a 4°C	24 horas	1000
pH	Polietileno	Enfriar a 4°C	24 horas	1000
G y A	Vidrio	5mL (1+1) H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> /l muestra. Enfriar a 4°C	28 días	1000
SS	Polietileno	Enfriar a 4°C	24 horas	1000
SST	Polietileno	Enfriar a 4°C	24 horas	1000
Cl-	Polietileno o vidrio	No requiere	28 días	50
SAAM	Vidrio ámbar	Enfriar a 4°C	48 horas	1000

### 2.7.5. ANÁLISIS DE INFORMACIÓN

Al obtener la información requerida para la investigación, se debe proceder a la etapa del análisis de los datos recolectados. Con ello, se debe establecer el diagnóstico de la situación ambiental actual de la zona en estudio, y hacer las consideraciones sobre las medidas técnicas para la propuesta de diseño de un sistema de tratamiento de aguas grises, que conlleve a la mejora de la condición ambiental de la zona.

## **2.8. MANEJO INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS**

Se busca implementar un manejo integral de los residuos sólidos específico para la zona turística en estudio, por lo cual, las propuestas a generar dependerán completamente de la información recolectada de la Sección V de las encuestas diseñadas; sin embargo, a partir de la jerarquía descrita en la sección 1.10.3 se tendrán en cuenta los cuatro primeros items: reducción de origen, reutilización, compostaje y reciclaje. De acuerdo a ello, se describen a continuación las propuestas preliminarmente seleccionadas por ésta jerarquía al igual que su importancia, para que a partir de la información a recolectar y la posterior elaboración del diagnóstico de la situación actual, se seleccionen finalmente las alternativas más viables para el sitio turístico en estudio.

### **2.8.1. SEGREGACIÓN EN LA FUENTE**

La segregación en la fuente es la base fundamental de la adecuada gestión de los residuos sólidos, y consiste en la separación selectiva inicial de los residuos procedentes de cada una de las fuentes determinadas, dándose inicio a una cadena de actividades y procesos cuya eficacia depende de una óptima clasificación de los residuos (Hatch, 2017).

### **2.8.2. CENTRO DE ACOPIO TEMPORAL**

Un Centro de acopio se define como el lugar donde los residuos sólidos son recibidos para su acumulación de forma temporal, con el fin de darles el mejor término de procesamiento, por medio de la clasificación, separación, reciclaje y tratamiento previo a la disposición final. En la reducción de los desechos sólidos, es importante, antes de su disposición final, hacer la clasificación de los mismos directamente en el lugar de origen; previniendo así, que los desechos sean contaminados por la revolución de material orgánico e inorgánico, así como por los lixiviados que éstos producen (Quiñónez, 2016).

La práctica de reducción de residuos en un centro de acopio permite la conservación de los recursos a la vez que va reduciendo la contaminación y costos en la disposición final de los mismos. Los principales objetivos que se persiguen con la implementación de los centros de acopio para desechos sólidos son (Quiñónez, 2016):

- a. Solventar el problema de la acumulación de los residuos sólidos
- b. Proteger la salud de los usuarios y turistas del lugar
- c. Preservar y conservar la naturaleza.

Un centro de acopio se establece con el propósito de reciclar los materiales reutilizables y residuos orgánicos para generar fuentes de financiamiento con la incorporación de micro empresas a nivel local, con el fin de generar ingresos adicionales. Por lo que las inversiones en infraestructura y equipamientos en centros de acopio son aportes directos al desarrollo de la población, debido a que generan impactos positivos en materia del medio ambiente (Quiñónez, 2016).

La economía está ligada directamente con la generación de los residuos, pues a mayor cantidad de ingresos mayor es la generación de residuos. Debido al crecimiento poblacional, las cantidades de basura también aumentan, razón por la cual es demandante un centro de acopio en la zona turística, para que todos los desechos generados allí cuenten con el debido espacio y puedan ser clasificados y reducidos antes de ser llevados a su disposición final, siendo la forma más eficaz de minimizar el volumen de residuos. Los costos asociados a su manipulación y los impactos ambientales, se reducen, y si se reusa y se recicla se disminuyen las cantidades de desechos sólidos que son dispuestos en los rellenos sanitarios y esto permite proteger el suelo, el aire y el agua (Quiñónez, 2016).

### **2.8.3. PLANTA DE COMPOSTAJE**

El compostaje es un sistema de tratamiento de residuos orgánicos biodegradables basado en una actividad microbiológica compleja, realizada en condiciones controladas (siempre aeróbicas y mayoritariamente termófilas). Ésta genera un producto estable que se puede almacenar sin mayores inconvenientes y que se higieniza sanitariamente. Deben crearse las condiciones de trabajo adecuadas para asegurar una mezcla de residuos esponjosa que permita una retención de agua correcta y una porosidad suficiente para facilitar la circulación de aire, oxígeno suficiente, un grado de humedad que adecuado para el proceso, una adecuada temperatura, un óptimo equilibrio de nutrientes y una adecuada relación de carbono disponible respecto al nitrógeno ( $C_{\text{disponible}}/N$ ) (Cataluña, 2016).

En el diseño de las instalaciones de compostaje se debe asegurar en todo momento que el proceso se desarrolle correctamente, a fin de minimizar: Las emisiones, lixiviados, polvo, etc. sobre el entorno natural derivados de su ubicación, las posibles molestias a los núcleos habitados más próximos a la instalación, tales como: malos olores y ruidos (Cataluña, 2016).

## CAPÍTULO 3. RESULTADOS

Por medio de la implementación de encuestas, se han recolectado datos de diez locales dedicados a la comercialización de alimentos en la zona aledaña al mirador de los Planes de Renderos, los cuáles se identificarán con la letra A hasta la J, en orden ascendente, de acuerdo a la cantidad de personal y afluencia de clientes a diario tal y como se detalla en la sección 3.1; la anterior identificación está asociada a términos de confidencialidad. Los resultados obtenidos se muestran seguidamente y fueron recolectados acorde a la metodología establecida en el Capítulo II de esta investigación.

### 3.1. GENERALIDADES DEL COMERCIO

Entre las características generales de los comercios seleccionados, resulta ser de mayor importancia para la investigación la afluencia de clientes a diario y el personal que labora en los mismos, lo cual se detalla en la Tabla 3.1.

*Tabla 3.1. Personal y afluencia diaria de clientes por local comercial.*

GENERALIDADES	LOCAL									
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Personal fijo masculino	1	0	2	3	2	4	2	14	4	11
Personal eventual masculino	0	0	1	1	0	0	1	5	0	0
Personal fijo femenino	2	2	3	4	2	3	1	25	1	7
Personal eventual femenino	0	2	1	1	0	1	1	5	0	0
Clientes por día en temporada baja	10	10	10	15	20	25	35	80	150	250
Clientes por día en temporada alta	15	16	15	20	30	40	50	100	200	700
<b>Promedio de personas por día</b>	<b>15</b>	<b>15</b>	<b>18</b>	<b>25</b>	<b>28</b>	<b>39</b>	<b>45</b>	<b>132</b>	<b>176</b>	<b>461</b>

Como se observa en la Tabla 3.1, el promedio de personas por día oscila entre los 15 como en los casos de los locales A y B hasta 461 en el caso del local J. Es decir que se tiene una media aritmética de 96 personas al día por local comercial.

El local “J” que representa el mayor promedio de personas diario manifestó no estar en la disponibilidad de participar para la etapa de muestreo y recolección de aguas grises.

### 3.2. SUMINISTRO DE AGUA POTABLE

Respecto al suministro de Agua potable, en el instrumento de recolección de información se han abordado los siguientes aspectos y el detalle de resultados se encuentra en la Tabla 3.2:

- Responsable del suministro de agua potable
- Frecuencia semanal con la cual recibe el suministro de agua potable
- Duración en horas al día de la recepción del suministro
- Calidad del agua potable suministrada
- Necesidad de abastecimiento de agua particular.

Tabla 3.2. Suministro de Agua potable.

SUMINISTRO DE AGUA POTABLE		LOCAL									
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
<b>Responsable</b>	ANDA										
<b>Frecuencia</b>	Cuatro a seis días										
	Dos a cuatro días										
<b>Duración</b>	Veinticuatro horas										
	Doce a veinticuatro horas										
	Seis a doce horas										
<b>Calidad</b>	Excelente										
	Buena										
	Regular										
<b>Abastecimiento particular</b>											

Respecto a la Tabla 3.2 cabe destacar:

- De los diez locales comerciales estudiados el 100% recibe el suministro de ANDA
- De los diez locales comerciales estudiados, ninguno recibe el suministro a diario, el 90% de ellos se les distribuye entre dos a cuatro días por semana y en un intervalo promedio de seis a doce horas
- El 40% de los locales comerciales considera de buena calidad el agua que recibe por parte de ANDA, el 60% restante la considera de calidad regular.
- El 100% de los locales se ve en necesidad de abastecerse particularmente de agua potable en diversas proporciones para los diversos usos requeridos, siendo el principal de ellos la venta de agua embotellada.

### 3.3. USOS DEL AGUA

En la Tabla 3.3. se detallan los usos del agua por local, siendo expresados los mismos en porcentajes respecto al agua total demandada por cada uno de los mismos.

Tabla 3.3. Usos del Agua.

USOS DEL AGUA	LOCAL										PROM (%)
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	
<b>Lavado de utensilios de cocina</b>	15	15	15	30	10	25	68	30	45	20	<b>27.70</b>
<b>Limpieza de alimentos</b>	25	30	30	15	30	20	8	5	5	20	<b>18.80</b>
<b>Preparación de alimentos</b>	25	15	25	25	20	25	8	5	5	30	<b>18.30</b>
<b>Lavado de implementos de cocina</b>	15	10	10	15	10	15	4	33	25	15	<b>15.20</b>
<b>Limpieza de local</b>	15	20	10	10	20	10	4	15	10	7	<b>12.10</b>
<b>Inodoros</b>	3	5	5	3	5	3	2	3	5	3	<b>3.70</b>
<b>Lavamanos</b>	1	3	2	2	3	1	4	5	3	3	<b>2.70</b>
<b>Riego</b>	1	1	2	0	1	1	2	1	1	1	<b>0.90</b>
<b>Otros</b>	0	1	1	0	1	0	0	1	1	1	<b>0.60</b>

Por estar todos los locales dedicados a la comercialización de alimentos, se tendrán en cuenta aquéllos usos principales del sector:

- El principal uso para el agua en los locales comerciales teóricamente, es para la limpieza de utensilios de cocina, especialmente aquellos recipientes y cubiertos que se utilizan en el proceso de cocción de los mismos, representando un 27.7 %
- El segundo mayor uso del recurso hídrico es para la limpieza de los alimentos que se comercializan en los diferentes locales, representando un 18.8% del total
- El tercer mayor uso para el agua se refleja en el proceso de preparación de los alimentos, con un porcentaje del 18.30%
- El cuarto uso del agua corresponde al lavado de implementos de cocina, que comprenden manteles, mantas y cualquier material tejido reutilizable que se ocupe en la preparación de alimentos, con un porcentaje del 15.20%
- La limpieza de los locales comerciales abarca el 12.10% del uso total del agua utilizada

- f. El uso de Inodoros, lavamanos y riego representa apenas el 7.3% del total de usos, debido principalmente a que el suministro de agua potable es limitado, tal como se indica en la sección 3.2; por lo cual, el uso de lavamanos e inodoros se vuelve poco práctico; además, las áreas verdes o de riego son casi nulas dentro de los locales comerciales
- g. El 99.4 % de los usos se han detallado a totalidad en los seis ítems anteriores, el 0.6 % restante se categoriza dentro de “otros usos no especificados”.

Podemos visualizar ilustrativamente en la Figura 3.1. mostrada a continuación, los anteriores porcentajes de manera consolidada:

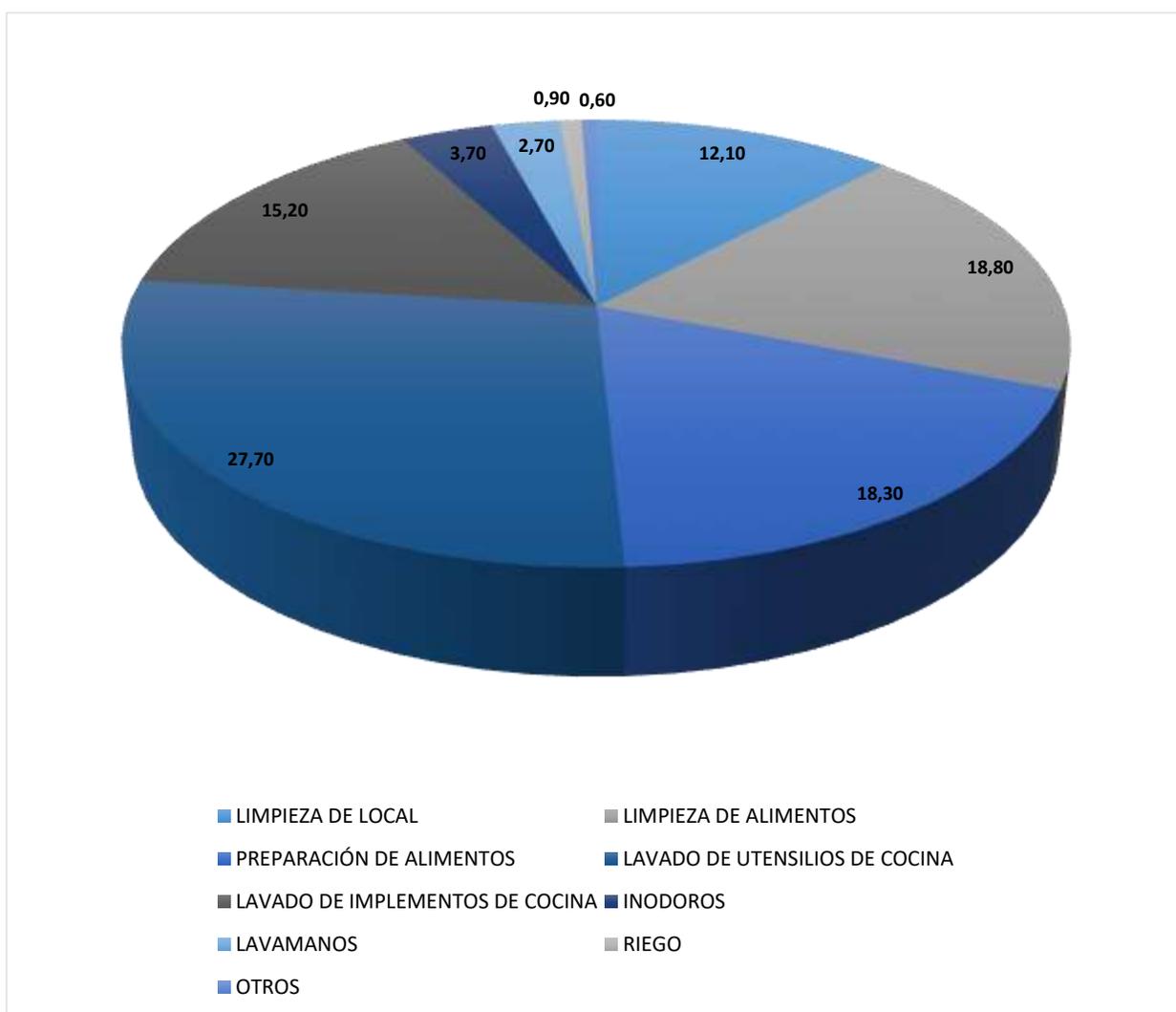


Figura 3.1. Porcentajes promedio de los usos del agua de locales comerciales.

### 3.4. DISPOSICIÓN DE AGUAS RESIDUALES

Respecto a la disposición final del agua gris residual generada en los locales comerciales de la zona turística, se muestra un resumen de los resultados obtenidos en la Tabla 3.4. presentada a continuación.

Tabla 3.4. Disposición de aguas grises en locales comerciales.

DISPOSICIÓN DE AGUAS GRISES	LOCAL										
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	
Sistema de separación											
Sistema de tratamiento											
Afectaciones											

Respecto a la Tabla 3.4. cabe destacar:

- a. El 20% de los locales cuenta con un sistema de tratamiento primario de separación:
  - a. Local A cuenta con Pileta de separación
  - b. Local I cuenta con una trampa de grasa
- b. El 20% de los locales cuenta con un sistema de tratamiento para aguas grises:
  - a. Local B cuenta con un pozo resumidero
  - b. Local I contrata un servicio externo de tratamiento de aguas
- c. De acuerdo a lo anterior, el 80% de los comerciales en estudio no cuenta con ningún tipo de separación ni tratamiento de las aguas grises generadas
- d. El 50 % de los locales asegura haber tenido alguna afectación debido a la falta de tratamiento de aguas grises, entre ellas principalmente malos olores e insectos.

### 3.5. DISPOSICIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS

Respecto a la clasificación de Residuos sólidos, en la Tabla 3.5. se muestra la frecuencia de recolección, sistema de separación y tipos de residuos generados por local comercial. Por dedicarse los diez locales comerciales en estudio a la preparación de alimentos en general, en la Figura 3.2. se muestra un compilado de los tipos de residuos sólidos que son mayormente generados de manera porcentual en cada uno de ellos de acuerdo a la información brindada por los comerciantes del lugar.

Tabla 3.5. Residuos sólidos generados en locales comerciales.

RESIDUOS SÓLIDOS		LOCAL										PROM (%)
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	
Recolección diaria												
Clasificación de residuos												
Tipos de residuos (%)	Orgánicos	50	50	50	40	60	50	60	5	15	30	41.0
	Plásticos	20	20	15	15	10	12	5	40	25	15	17.7
	Cartón y papel	10	10	4	15	3	10	35	25	45	5	16.2
	Vidrio	10	0	20	15	15	10	0	5	5	40	12.0
	Aluminio	10	20	10	10	10	15	0	10	5	10	10.0
	Otros	0	0	1	5	2	3	0	15	5	0	3.1

De acuerdo con la Tabla 3.5. cabe mencionar:

- El 100% de los locales comerciales asegura que los residuos sólidos generados son retirados a diarios por la municipalidad
- El 80% de los locales comerciales considera que clasifica los residuos generados
- A pesar del alto porcentaje de locales que separa y clasifica sus residuos sólidos, de acuerdo a los comerciantes del lugar, el único que se recicla en un 90 % o más es el vidrio, especialmente envases, únicamente por parte de las empresas distribuidoras de bebidas.

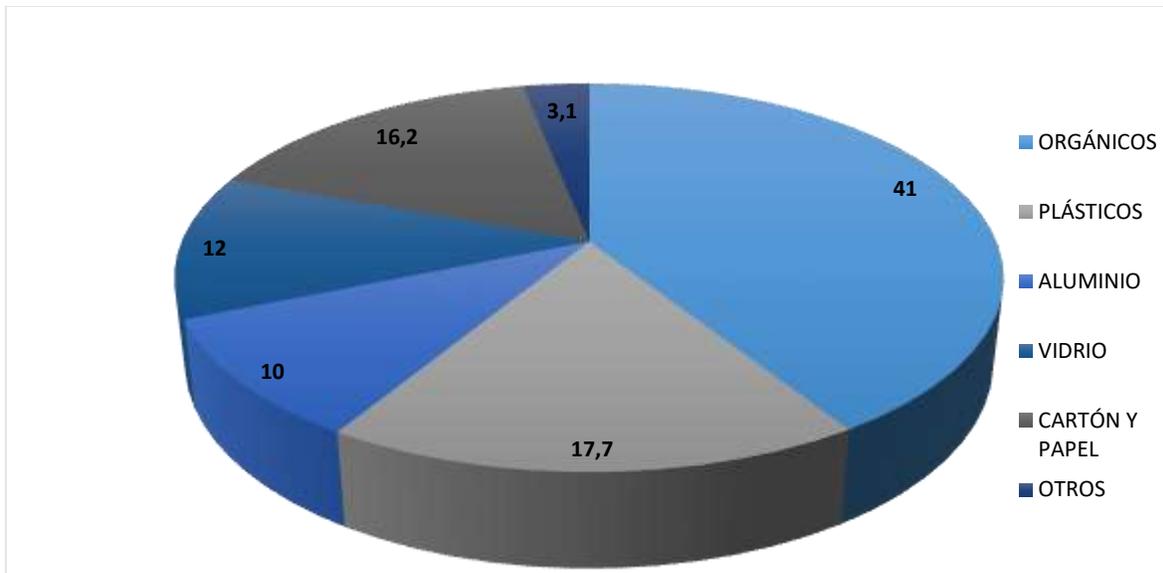


Figura 3.2. Promedio de residuos sólidos generados en locales comerciales de la zona.

### 3.6. PERFIL DE LOCAL COMERCIAL SELECCIONADO PARA EL ANÁLISIS DE CARACTERIZACIÓN DE AGUAS GRISES

En la selección del local comercial a utilizar para realizar la caracterización de sus aguas grises, se utilizó como indicador de selección la media aritmética de personas que asisten a los locales, la cual es de 96 personas por día, y, teniendo diez locales comerciales, tres de ellos se encuentran arriba de éste valor, mientras que los siete restantes bajo de él; por lo cual, para mayor representatividad en los análisis, se ha seleccionado el local con el valor inmediatamente inferior a la media aritmética, es decir el local “G”, con una afluencia de 45 personas al día. Los detalles de este local se resumen en la Tabla 3.6.

Tabla 3.6. Perfil de local comercial para análisis de caracterización de aguas grises.

PERFIL DE LOCAL COMERCIAL “G”		
Promedio de personas por día	45	
SUMINISTRO DE AGUA POTABLE		
Responsable	ANDA	
Frecuencia	2-4 días	
Duración	6-12 horas	
Calidad	Regular	
Necesidad de abastecimiento particular	Sí	
USOS DEL AGUA		
Uso	Cantidad (Gal)	Porcentaje
Limpieza del local	2	4
Riego	1	2
Limpieza de alimentos	4	8
Preparación de alimentos	4	8
Lavado de utensilios de cocina	34	68
Lavado de implementos de cocina	2	4
Inodoros	1	2
Lavamanos	2	4
SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS GRISES	No	
RESIDUOS SÓLIDOS		
Recolección de residuos sólidos	Sí (municipalidad)	
Frecuencia de recolección	Diaria	
Clasificación de residuos dentro de localidad	No	
Disposición de desechos especiales	No	

### **3.7. PROCEDIMIENTO DE TOMA DE MUESTRAS**

La toma de muestras para la caracterización de agua gris se realizó en un local dedicado al rubro alimenticio, seleccionado en el apartado anterior; para el muestreo se siguió el procedimiento establecido en la sección 2.7.4. que consiste en:

- a. Selección del turno a monitorear
- b. Determinación de las actividades generadoras de agua gris
- c. Determinación de los caudales de agua gris generados
- d. Establecimiento del volumen de recolección
- e. Identificación de los materiales necesarios para la recolección y el transporte de las muestras.

#### **3.7.1. SELECCIÓN DEL TURNO A MONITOREAR**

Para identificar directamente las actividades que generan mayor cantidad de agua gris y, con ello detectar caudales punta, se realizó una visita exploratoria guiada por el encargado del establecimiento durante dos turnos, el primero comprendido de 7:00 a 11:00 a.m. y el segundo de 4:00 a 10:00 p.m., siendo éste último, en donde hay mayor caudal de descarga de agua gris, por tanto, se seleccionó este horario para realizar la toma de muestras.

#### **3.7.2. DETERMINACIÓN DE LAS ACTIVIDADES GENERADORAS DE AGUA GRIS**

Según lo establecido en la sección 2.7.4 inciso *b*. Las actividades que generaron una mayor cantidad de agua gris se presentan a continuación, y su numeración no representa necesariamente un orden de prioridad:

- a. Lavado y preparación de alimentos
- b. Lavado de manos por parte del personal y clientes
- c. Lavado de utensilios de cocina (remoción de sólidos, enjuague con detergente e hipoclorito, retiro de detergente e hipoclorito y su enjuague final)
- d. Lavado de plancha de cocina

La actividad de lavado y preparación de alimentos solamente se realiza una vez en el turno de 9:00 a.m. a 11:00 a.m., y como se indica en el inciso a., se estableció el turno de 4:00 p.m. a 10 p.m. para realizar la recolección de muestras, por lo cual se excluye a la actividad de lavado y preparación de alimentos en el estudio. Los procedimientos de realización de cada una de las actividades se detallan en el Anexo 3.

### 3.7.3. DETERMINACIÓN DE LOS CAUDALES DE AGUA GRIS GENERADOS

Para establecer las alternativas de tratamiento para el efluente de agua gris generado, se determinó cada caudal de agua por cada una de las distintas actividades generadoras, de acuerdo a lo establecido en la sección 2.7.4 inciso c. Los caudales calculados se presentan desde la Tabla 3.7. hasta la 3.10. que indican los muestreos A, B, C y D respectivamente.

Tabla 3.7. Caudal (l/hora) generado en muestreo A.

MUESTREO A							
ACTIVIDAD	Rango horario (pm)						Caudal (l/hora)
	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	
Lavado de manos	0.00	3.00	5.00	7.50	7.50	5.00	28.00
Lavado de plancha	9.45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	9.45
Remoción de sólidos	0.00	0.00	0.00	15.12	0.00	15.12	30.24
Detergente y cloro	0.00	0.00	0.00	22.68	0.00	22.68	45.36
Enjuague de detergente y cloro	0.00	0.00	0.00	15.12	0.00	15.12	30.24
Enjuague final	0.00	0.00	0.00	22.68	0.00	22.68	45.36
<b>Caudal (l/hora)</b>	<b>9.45</b>	<b>3.00</b>	<b>5.00</b>	<b>83.10</b>	<b>7.50</b>	<b>80.60</b>	<b>188.65</b>
<b>Caudal medio (l/hora)</b>	<b>31.44</b>						

Durante el muestreo A:

- El caudal máximo de agua gris en el muestreo A se generó durante el periodo de 7:00 p.m. a 8:00 p.m. siendo de 83.10 l/hora
- El caudal mínimo de agua gris en el muestreo A se generó de 5:00 p.m. a 6:00 p.m. siendo de 3.00 l/hora
- Las actividades que tuvieron una mayor contribución de agua gris durante el turno de 6 horas fueron la aplicación de detergente y cloro y el enjuague final con un caudal de 45.36 l/hora por cada actividad
- La actividad que menos contribuyó a la generación de agua gris fue el lavado de la plancha, actividad que se realiza solamente una vez al iniciar la jornada laboral con un caudal de 9.45 l/hora

- e. El caudal medio de agua gris registrado durante todo el turno en el Muestreo A fue de 31.44 l/hora
- f. El caudal total de agua gris generado durante el turno de 6 horas del Muestreo A fue de 188.65 l/hora.

*Tabla 3.8. Caudal (l/hora) generado en Muestreo B.*

<b>MUESTREO B</b>							
<b>ACTIVIDAD</b>	<b>Rango horario (pm)</b>						<b>Caudal (l/hora)</b>
	<b>4-5</b>	<b>5-6</b>	<b>6-7</b>	<b>7-8</b>	<b>8-9</b>	<b>9-10</b>	
Lavado de manos	0.00	2.50	5.00	10.00	22.50	5.00	45.00
Lavado de plancha	9.45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	9.45
Remoción de sólidos	0.00	0.00	0.00	15.12	0.00	15.12	30.24
Detergente y cloro	0.00	0.00	0.00	22.68	0.00	22.68	45.36
Enjuague de detergente y cloro	0.00	0.00	0.00	15.12	0.00	15.12	30.24
Enjuague final	0.00	0.00	0.00	22.68	0.00	34.02	56.70
<b>Caudal (l/hora)</b>	<b>9.45</b>	<b>2.50</b>	<b>5.00</b>	<b>85.60</b>	<b>22.50</b>	<b>91.94</b>	<b>216.99</b>
<b>Caudal medio (l/hora)</b>	<b>36.17</b>						

Durante el muestreo B:

- a. El caudal máximo de agua gris en el muestreo B se generó durante el periodo de 7:00 p.m. a 8:00 p.m. siendo de 85.60 l/hora
- b. El caudal mínimo de agua gris en el muestreo B se generó de 5:00 p.m. a 6:00 p.m. siendo de 2.50 l/hora
- c. La actividad que tuvo una mayor contribución de agua gris durante el turno de 6 horas fue el enjuague final con un caudal de 56.70 l/hora
- d. La actividad que menos contribuyó a la generación de agua gris fue el lavado de la plancha, actividad que se realiza solamente una vez al iniciar la jornada laboral con un caudal de 9.45 l/hora
- e. El caudal medio de agua gris registrado durante todo el turno en el Muestreo B fue de 36.17 l/hora
- f. El caudal total de agua gris generado durante el turno de 6 horas del Muestreo A fue de 216.99 l/hora.

Tabla 3.9. Caudal (l/hora) generado en Muestreo C.

MUESTREO C							
ACTIVIDAD	Rango horario (pm)						Caudal (l/hora)
	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	
Lavado de manos	0.00	2.50	7.50	5.00	5.00	5.00	25.00
Lavado de plancha	9.45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	9.45
Remoción de sólidos	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	15.12	15.12
Detergente y cloro	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	22.68	22.68
Enjuague de detergente y cloro	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	15.12	15.12
Enjuague final	0.00	0.00	0.00	11.34	0.00	11.34	22.68
<b>Caudal (l/hora)</b>	<b>9.45</b>	<b>2.50</b>	<b>7.50</b>	<b>16.34</b>	<b>5.00</b>	<b>69.26</b>	<b>110.05</b>
<b>Caudal medio (l/hora)</b>	<b>18.34</b>						

Durante el muestreo C:

- El caudal máximo de agua gris en el muestreo C se generó durante el periodo de 9:00 p.m. a 10:00 p.m. siendo de 69.26 l/hora
- El caudal mínimo de agua gris en el muestreo C se generó de 5:00 p.m. a 6:00 p.m. siendo de 2.50 l/hora
- La actividad que tuvo una mayor contribución de agua gris durante el turno de 6 horas fue el lavado de manos con un caudal de 25 l/hora
- La actividad que menos contribuyó a la generación de agua gris fue el lavado de la plancha, actividad que se realiza solamente una vez al iniciar la jornada laboral con un caudal de 9.45 l/hora
- El caudal medio de agua gris registrado durante todo el turno en el Muestreo B fue de 18.34 l/hora
- El caudal total de agua gris generado durante el turno de 6 horas del Muestreo A fue de 110.05 l/hora
- Se observa una disminución evidente en los datos obtenidos respecto a los muestreos A y B, sin embargo, se presentó un clima lluvioso durante el día del muestreo, lo cual influyó en la afluencia de visitantes al establecimiento.

Tabla 3.10. Caudal (l/hora) generado en Muestreo D.

MUESTREO D							
ACTIVIDAD	Rango horario (pm)						Caudal (l/hora)
	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	
Lavado de manos	0.00	1.00	7.50	5.00	5.00	2.50	21.00
Lavado de plancha	9.45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	9.45
Remoción de sólidos	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	15.12	15.12
Detergente y cloro	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	22.68	22.68
Enjuague de detergente y cloro	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	15.12	15.12
Enjuague final	0.00	0.00	0.00	11.34	0.00	11.34	22.68
<b>Caudal (l/hora)</b>	<b>9.45</b>	<b>1.00</b>	<b>7.50</b>	<b>16.34</b>	<b>5.00</b>	<b>66.76</b>	<b>106.05</b>
<b>Caudal medio (l/hora)</b>	<b>18.34</b>						

Durante el muestreo D:

- a. El caudal máximo de agua gris en el muestreo D se generó durante el periodo de 9:00 p.m. a 10:00 p.m. siendo de 66.76 l/hora
- b. El caudal mínimo de agua gris en el muestreo C se generó de 5:00 p.m. a 6:00 p.m. siendo de 1.00 l/hora
- g. Las actividades que tuvieron una mayor contribución de agua gris durante el turno de 6 horas fueron la aplicación de detergente y cloro y el enjuague final con un caudal de 22.68 l/hora por cada actividad
- c. La actividad que menos contribuyó a la generación de agua gris fue el lavado de la plancha, actividad que se realiza solamente una vez al iniciar la jornada laboral con un caudal de 9.45 l/hora
- d. El caudal medio de agua gris registrado durante todo el turno en el Muestreo B fue de 18.34 l/hora
- e. El caudal total de agua gris generado durante el turno de 6 horas del Muestreo A fue de 106.05 l/hora
- f. Se observa una disminución evidente en los datos obtenidos respecto a los muestreos A y B, sin embargo, se presentó un clima lluvioso durante el día del muestreo, lo cual influyó en la afluencia de visitantes al establecimiento.

En la Tabla 3.11. se recopilan los valores de los caudales medidos en los cuatro muestreos.

Tabla 3.11. Caudal máximo, mínimo, medio y diario del efluente de agua gris estudiado.

MUESTREO	CAUDAL MÁXIMO (l/hora)	CAUDAL MÍNIMO (l/hora)	CAUDAL MEDIO (l/hora)	CAUDAL DIARIO (l/hora)
A	83.10	3.00	31.44	188.65
B	91.94	2.50	36.17	216.99
C	69.26	2.50	18.34	110.05
D	66.76	1.00	17.68	106.05
<b>CAUDAL (l/hora)</b>	<b>91.94</b>	<b>1.00</b>	<b>25.91</b>	<b>155.44</b>
<b>CAUDAL (m<sup>3</sup>/hora)</b>	<b>0.09194</b>	<b>0.00100</b>	<b>0.02591</b>	<b>0.15544</b>

### 3.7.4. ESTABLECIMIENTO DEL VOLUMEN DE RECOLECCIÓN

Los volúmenes de recolección ( $V_s$ ) para de cada una de las actividades de descarga, se obtienen a partir de la Ecuación 1 y, según lo detallado en el inciso *d.* de la sección 2.7.4.

Es necesario determinar los parámetros requeridos por dicha ecuación:

- Volumen total a componer ( $V_c$ )
- Número de muestras tomadas ( $n$ )
- Caudal instantáneo en cada muestra ( $Q_{Si}$ )
- Caudal promedio durante el muestreo ( $Q_P$ )

- Volumen total a componer ( $V_c$ ):** resulta de la sumatoria de los volúmenes a componer individuales para cada parámetro a determinar, éste dato fue establecido por el laboratorio a realizar la respectiva caracterización. Para los análisis de DBO<sub>5</sub>, DQO, SSed, SST, Cl<sup>-</sup> y SAAM se requirieron 3,780 ml de muestra compuesta del agua gris generada en cada actividad; para coliformes totales 250 ml y para aceites y grasas 1,000 ml; dando un total de 5,030 ml. Se ha considerado un veinte por ciento extra, por lo cual el volumen total a componer resulta:

$$V_c=6,036 \text{ ml}$$

- Número de muestras tomadas ( $n$ ):** se considera que todas las actividades se realizan una vez

$$n=1$$

- c. **Caudal instantáneo en cada muestra ( $Q_{si}$ ):** La determinación del caudal instantáneo aproximado de descarga por cada actividad ( $Q_{si}$ ) se realizó de una manera exploratoria, midiendo el volumen de agua gris generado en el intervalo de tiempo que se lleva a cabo la actividad, tal como se describe en la Tabla 3.12.

Tabla 3.12. Caudal instantáneo de agua gris generado por Actividad ( $Q_{si}$ ).

Actividad	Volumen de agua gris generado (l)	Tiempo de descarga (s)	Caudal $Q_{si}$ (l/s)
Lavado de manos	0.5	12.0	0.04
Lavado de plancha	9.5	60.0	0.16
Remoción de sólidos	15.1	94.0	0.16
Detergente y cloro	22.7	142.0	0.16
Enjuague de detergente y cloro	15.1	94.0	0.16
Enjuague final	11.3	68.0	0.17
<b>Caudal promedio (<math>Q_p</math>) (l/s)</b>			<b>0.85</b>

- d. **Caudal promedio durante el muestreo ( $Q_p$ ):** Si las actividades se realizan una vez, en el mismo intervalo de tiempo, se realizaría una descarga de agua gris total, es decir un caudal promedio ( $Q_p$ ) de 0.85 l/s al sistema de drenaje de agua.

Una vez establecidas las variables descritas en los incisos anteriores, es posible calcular los volúmenes de recolección para cada actividad, sustituyendo sus valores en la Ecuación 1. Los volúmenes resultantes se presentan en la Tabla 3.13.

Tabla 3.13. Volumen a recolectar por actividad generadora de agua gris para conformar la muestra compuesta para análisis de laboratorio ( $V_s$ ).

Actividad	Volumen total a recolectar por actividad $V_s$ (ml)
Lavado de manos	49.5
Lavado de plancha	187.00
Remoción de sólidos	191.00
Detergente y cloro	189.00
Enjuague de detergente y cloro	191.00
Enjuague final	198.00

El volumen por recolectar cada vez que se repite una actividad viene dado por la Ecuación 2 y, sin embargo, no es posible anticipar el número de veces que una actividad se repite durante el turno ( $n$ ), pues es una variable que depende del número de visitantes al comercio. Debido a lo anterior, se recolectó el volumen de la Tabla 3.13. en la repetición de cada actividad, tomando las alícuotas correspondientes de cada repetición de la actividad al final del turno. En la Tabla 3.14. se presentan los volúmenes recolectados por cada actividad.

*Tabla 3.14. Volúmenes de recolección de agua gris para muestreo por cada vez que se realiza la actividad generadora.*

ACTIVIDAD	MUESTREO							
	A		B		C		D	
	Veces por turno	Volumen (ml)						
Lavado de manos	60	0.8	80	0.6	50	1.0	42	1.2
Lavado de plancha	1	187.0	1	187.0	1	187.0	1	187.0
Remoción de sólidos	2	95.5	2	95.5	1	191.0	1	191.0
Detergente y cloro	2	94.8	2	94.8	1	189.6	1	189.6
Enjuague de detergente y cloro	2	95.5	2	95.5	1	191.0	1	191.0
Enjuague final	4	49.5	5	39.6	2	99.0	2	99.0

Los días que se realizaron los muestreos C y D hubo una disminución en las visitas de clientes del establecimiento debido a que hubo lluvias durante el turno. Por tal motivo, el número de repeticiones disminuyó para las actividades durante ambos turnos de muestreo, resultando necesario aumentar el volumen a recolectar por cada repetición.

### 3.7.5. IDENTIFICACIÓN DE MATERIALES PARA LA RECOLECCIÓN Y TRANSPORTE DE LAS MUESTRA.

De acuerdo con lo establecido en la sección 2.7.4 inciso e. de la metodología de trabajo, se instauraron diferentes procedimientos para la toma de muestras, su identificación y transporte respectivo, los cuales se detallan en el Anexo 4 y Anexo 5 respectivamente.

### 3.8. CARACTERIZACIÓN DE AGUAS GRISES.

Desde la Tabla 3.15. hasta la 3.18. se presentan los resultados de las propiedades sensoriales, físico-químicas y microbiológicas obtenidos de las cuatro muestras recolectadas de agua gris; así como de las mediciones de Temperatura y pH de acuerdo al tipo de medición.

Los análisis físico-químicos y microbiológicos fueron realizados en un laboratorio particular y, los datos de temperatura y pH fueron medidos directamente tanto en el lugar de muestreo con equipo de campo como en la recepción de laboratorio. El informe de resultados del laboratorio se muestra en el Anexo 6.

*Tabla 3.15. Resultados de propiedades sensoriales.*

MUESTREO	DESCRIPCIÓN
A	Color leve salmón, aspecto turbio, con abundantes sólidos en suspensión, abundantes sólidos grasos, con abundantes sedimentos, olor a cloro.
B	Color blanco, aspecto turbio con abundante presencia de grasa, abundantes sedimentos, abundantes sólidos en suspensión, olor a comida.
C	Color gris, de aspecto turbio, con abundante presencia de grasas, abundantes sólidos en suspensión y sedimentos, olor a comida y cloro.
D	Color amarillo, aspecto turbio, con presencia de grasa, con formación de espuma, olor a detergente y grasa.

Tabla 3.16. Resultados de propiedades físico-químicas.

PARÁMETRO	CÓDIGO DE MUESTRA			
	A	B	C	D
Demanda Química de Oxígeno DQO (mg/l)	11,760	10,480	7,040	4,680
Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO <sub>5</sub> (mg/l)	5,904	5,166	3,389	2,274
Sólidos Sedimentables SSed (ml/l)	15	20	18	15
Sólidos Suspendidos Totales SST (mg/l)	1,245	1,112	1,870	1,007
Aceites y Grasas G y A (mg/l)	630	553	292	156
Sustancias Activas al Azul de Metileno SAAM (mg/l)	17.8	16.3	15.6	31.4
Cloruros Cl <sup>-</sup> (mg/l)	240	300	510	800

Tabla 3.17. Resultados de propiedades microbiológicas.

PARÁMETRO	MUESTREO			
	A	B	C	D
<b>Coliformes Totales CT (NMP/100 ml)</b>	49	11,000	21,000	9,300

Tabla 3.18. Resultados de Temperatura y pH según tipo de medición.

PARÁMETRO	TIPO DE MEDICIÓN	MUESTREO			
		A	B	C	D
<b>Temperatura (°C)</b>	<i>In Situ</i>	28	28	28	29
<b>pH</b>	In situ	7.4	8.0	7.2	8.3
<b>Temperatura (°C)</b>	Recepción en laboratorio	20	21.7	8	5.8
<b>pH</b>	Recepción en laboratorio	7.28	8.25	7.66	8.53

El análisis respectivo de los datos obtenidos por parámetro se abordará en el Capítulo 4 del presente documento.

## CAPÍTULO 4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

### 4.1. DIAGNÓSTICO DE AGUA GRIS

Las cuatro muestras recolectadas para la caracterización físico-química y microbiológica del caudal de agua gris generado por el comercio en estudio, serán evaluadas bajo lo establecido por el Decreto No. 29: Reglamento especial de aguas residuales y manejo de lodos residuales, aprobado el 21 de octubre del año 2019, mismo que derogó al Decreto No. 39. Por lo anterior, se realizará el análisis en base a él y los límites permisibles establecidos por el RTS 13.05.01:18 para vertido de aguas residuales de tipo ordinario a un medio receptor, tal y como se estableció en la Tabla 2.5. de la sección 2.7.2.

Los resultados de las muestras analizadas han sido detallados previamente en las Tablas 3.16. y 3.17. y, para poder comparar analíticamente con los límites permisibles es necesario realizar un análisis estadístico descriptivo para cada parámetro. El mismo, se realizó para una muestra de cuatro elementos donde se estudian los valores de los parámetros físico-químicos y microbiológicos de interés; debido al tamaño de la muestra, los datos obtenidos se consideran aproximadamente normales.

El análisis estadístico consiste en el cálculo de los intervalos de confianza para un nivel de 95 % para cada uno de los parámetros estudiados. En las Tablas 4.1. a la 4.8. se presentan dichos intervalos, que contemplan un límite inferior y un límite superior, los cuales vienen dados mediante la Ecuación 3 (Ramos, 2018):

$$\left(\bar{X} - \frac{\sigma}{\sqrt{n}}z_{\alpha/2}, \bar{X} + \frac{\sigma}{\sqrt{n}}z_{\alpha/2}\right) \quad (\text{Ecuación 3})$$

Donde:

$\bar{X}$ : *Media poblacional*

$\frac{\sigma}{\sqrt{n}}z_{\alpha/2}$ : *Margen de error o nivel de confianza*

En el Anexo 7 se describe detalladamente el análisis estadístico descriptivo por cada uno de los parámetros, y los cálculos correspondientes a los intervalos de confianza obtenidos.

#### 4.1.1. DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO)

Los resultados, límite permisible y análisis estadístico para la Demanda Química de Oxígeno en los muestreos realizados, se detallan en la Tabla 4.1.

Tabla 4.1. Análisis estadístico de la Demanda Química de Oxígeno (DQO).

Demanda Química de Oxígeno (DQO)			
LÍMITE PERMISIBLE RTS 13.05.01:18		50 mg/l	
RESULTADO DE MUESTREO (mg/l)		ANÁLISIS ESTADÍSTICO	
<b>A</b>	11,760	<b>MEDIA</b>	8,490 mg/l
<b>B</b>	10,480	<b>INTERVALO DE CONFIANZA (mg/l)</b>	
<b>C</b>	7,040	<b>LÍMITE INFERIOR</b>	3,352.57
<b>D</b>	4,680	<b>LÍMITE SUPERIOR</b>	13,627.43
INTERPRETACIÓN			
Hay un 95% de probabilidad que el promedio de la concentración de DQO esté contenido en el intervalo entre 3,352.57 y 13,627.43 mg/l, es decir, fuera del límite permisible.			

#### 4.1.2. DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO<sub>5</sub>)

Los resultados, límite permisible y análisis estadístico para la Demanda Bioquímica de Oxígeno en los muestreos realizados, se detallan en la Tabla 4.2.

Tabla 4.2. Análisis estadístico de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>).

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )			
LÍMITE PERMISIBLE RTS 13.05.01:18		60 mg/l	
RESULTADO DE MUESTREO (mg/l)		ANÁLISIS ESTADÍSTICO	
<b>A</b>	5,904	<b>MEDIA</b>	4183.25 mg/l
<b>B</b>	5,166	<b>INTERVALO DE CONFIANZA (mg/l)</b>	
<b>C</b>	3,389	<b>LÍMITE INFERIOR</b>	1552.06
<b>D</b>	2,274	<b>LÍMITE SUPERIOR</b>	6,814.44
INTERPRETACIÓN			
Hay un 95% de probabilidad que el promedio de la concentración de DBO <sub>5</sub> esté contenido en el intervalo entre 1,552.06 y 6,814.44 mg/l, es decir, fuera del límite permisible.			

#### 4.1.3. SÓLIDOS SEDIMENTABLES (SSed)

Los resultados, límite permisible y análisis estadístico para los Sólidos sedimentables en los muestreos realizados, se detallan en la Tabla 4.3.

Tabla 4.3. Análisis estadístico de Sólidos Sedimentables (SSed).

<b>Sólidos Sedimentables (SSed)</b>			
<b>LÍMITE PERMISIBLE RTS 13.05.01:18</b>		<b>1 ml/l</b>	
<b>RESULTADO DE MUESTREO (ml/l)</b>		<b>ANÁLISIS ESTADÍSTICO</b>	
<b>A</b>	15	<b>MEDIA</b>	17 ml/l
<b>B</b>	20	<b>INTERVALO DE CONFIANZA (ml/l)</b>	
<b>C</b>	18	<b>LÍMITE INFERIOR</b>	13.10
<b>D</b>	15	<b>LÍMITE SUPERIOR</b>	20.90
<b>INTERPRETACIÓN</b>			
Hay un 95% de probabilidad que el promedio de la concentración de SSed esté contenido en el intervalo entre 13.10 y 20.90 ml/l, es decir, fuera del límite permisible.			

#### 4.1.4. SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES (SST)

Los resultados, límite permisible y análisis estadístico para los Sólidos Suspendidos Totales en los muestreos realizados, se detallan en la Tabla 4.4.

Tabla 4.4. Análisis estadístico de Sólidos Suspendidos Totales (SST).

<b>Sólidos Suspendidos Totales (SST)</b>			
<b>LÍMITE PERMISIBLE RTS 13.05.01:18</b>		<b>60 mg/l</b>	
<b>RESULTADO DE MUESTREO (mg/l)</b>		<b>ANÁLISIS ESTADÍSTICO</b>	
<b>A</b>	1,245	<b>MEDIA</b>	1,308.5 mg/l
<b>B</b>	1,112	<b>INTERVALO DE CONFIANZA (mg/l)</b>	
<b>C</b>	1,870	<b>LÍMITE INFERIOR</b>	693.02
<b>D</b>	1,007	<b>LÍMITE SUPERIOR</b>	1923.98
<b>INTERPRETACIÓN</b>			
Hay un 95% de probabilidad que el promedio de la concentración de SST esté contenido en el intervalo entre 693.02 y 1,923.98 mg/l, es decir, fuera del límite permisible.			

#### 4.1.5. ACEITES Y GRASAS (A Y G)

Los resultados, límite permisible y análisis estadístico para Aceites y Grasas en los muestreos realizados, se detallan en la Tabla 4.5.

Tabla 4.5. Análisis estadístico de Aceites y grasas (A y G).

<b>Aceites y Grasas (A y G)</b>			
<b>LÍMITE PERMISIBLE RTS 13.05.01:18</b>		<b>20 mg/l</b>	
<b>RESULTADO DE MUESTREO (mg/l)</b>		<b>ANÁLISIS ESTADÍSTICO</b>	
<b>A</b>	630	<b>MEDIA</b>	407.75 mg/l
<b>B</b>	553	<b>INTERVALO DE CONFIANZA (mg/l)</b>	
<b>C</b>	292	<b>LÍMITE INFERIOR</b>	55.20
<b>D</b>	156	<b>LÍMITE SUPERIOR</b>	760.30
<b>INTERPRETACIÓN</b>			
Hay un 95% de probabilidad que el promedio de la concentración de A y G esté contenido en el intervalo entre 55.20 y 760.30 mg/l, es decir, fuera del límite permisible.			

#### 4.1.6. SUSTANCIAS ACTIVAS AL AZUL DE METILENO (SAAM)

Los resultados, límite permisible y análisis estadístico para Sustancias Activas al Azul de Metileno en los muestreos realizados, se detallan en la Tabla 4.6.

Tabla 4.6. Análisis estadístico de Sustancias Activas al Azul de Metileno (SAAM).

<b>Sustancias Activas al Azul de Metileno (SAAM)</b>			
<b>LÍMITE PERMISIBLE RTS 13.05.01:18</b>		<b>REPORTAR</b>	
<b>RESULTADO DE MUESTREO (mg/l)</b>		<b>ANÁLISIS ESTADÍSTICO</b>	
<b>A</b>	17.8	<b>MEDIA</b>	20.275 mg/l
<b>B</b>	16.3	<b>INTERVALO DE CONFIANZA (mg/l)</b>	
<b>C</b>	15.6	<b>LÍMITE INFERIOR</b>	8.38
<b>D</b>	31.4	<b>LÍMITE SUPERIOR</b>	32.17
<b>INTERPRETACIÓN</b>			
Hay un 95% de probabilidad que el promedio de la concentración de SAAM esté contenido en el intervalo entre 8.38 y 32.17 mg/l.			

#### 4.1.7. CLORUROS (Cl<sup>-</sup>)

Los resultados, límite permisible y análisis estadístico para Cloruros en los muestreos realizados, se detallan en la Tabla 4.7.

Tabla 4.7. Análisis estadístico de Cloruros (Cl<sup>-</sup>).

Cloruros (Cl <sup>-</sup> )			
LÍMITE PERMISIBLE RTS 13.05.01:18		REPORTAR	
RESULTADO DE MUESTREO (mg/l)		ANÁLISIS ESTADÍSTICO	
<b>A</b>	240	<b>MEDIA</b>	462.4 mg/l
<b>B</b>	300	<b>INTERVALO DE CONFIANZA (mg/l)</b>	
<b>C</b>	510	<b>LÍMITE INFERIOR</b>	59.87
<b>D</b>	800	<b>LÍMITE SUPERIOR</b>	865.13
INTERPRETACIÓN			
Hay un 95% de probabilidad que el promedio de la concentración de Cl <sup>-</sup> esté contenido en el intervalo entre 59.87 y 865.13 mg/l.			

#### 4.1.8. COLIFORMES TOTALES (CT)

Los resultados, límite permisible y análisis estadístico para Coliformes Totales en los muestreos realizados, se detallan en la Tabla 4.8.

Tabla 4.8. Análisis estadístico de Coliformes Totales (CT).

Coliformes Totales (Cl)			
LÍMITE PERMISIBLE RTS 13.05.01:18		REPORTAR	
RESULTADO MUESTREO (NMP/100 ml)		ANÁLISIS ESTADÍSTICO	
<b>A</b>	49	<b>MEDIA</b>	8.07119 NMP/100 ml
<b>B</b>	11,000	<b>INTERVALO DE CONFIANZA(NMP/100 ml)</b>	
<b>C</b>	21,000	<b>LÍMITE INFERIOR</b>	36.69
<b>D</b>	9,300	<b>LÍMITE SUPERIOR</b>	279,628.12
INTERPRETACIÓN			
Hay un 95% de probabilidad que el promedio de la concentración de CT esté contenido en el intervalo entre 36.69 y 279,628.12 NMP/100 ml.			

De acuerdo a los resultados presentados en las Tabla 4.1. a la Tabla 4.5., los rangos de variación de todos los parámetros evaluados están fuera de los límites permisibles establecidos en el RTS 13.05.01:18, a un nivel de significancia del 5%.

## 4.2. CLASIFICACIÓN DEL AGUA GRIS GENERADA

Según lo establecido en la sección 4.1 correspondiente a la caracterización del agua gris donde los parámetros evaluados están fuera de los límites permisibles establecidos por el RTS13.05.01:18 a un 5% de significancia; es decir, las aguas generadas que actualmente están siendo vertidas sin tratamiento previo generan un problema de contaminación, siendo necesario el desarrollo de un sistema de tratamiento de agua gris.

Para el desarrollo de un sistema para el tratamiento de agua gris es importante conocer el comportamiento en cuanto volúmenes de generación, caudales y composición del efluente en estudio, para poder realizar un diseño que permita la depuración adecuada del mismo (Sastre, 2005). Por tanto, la determinación del caudal de agua gris generado por el comercio en la realización de las actividades es fundamental, pues además de clasificar al efluente, por medio de esta información, se permite un dimensionamiento correcto de las diferentes etapas de tratamiento que se consideren necesarias para brindar el tratamiento adecuado al efluente.

En cuanto a la influencia de la composición de las aguas la clasificación de un efluente se puede realizar a través de la relación DBO<sub>5</sub>/DQO que brinda información sobre la capacidad de biodegradabilidad del efluente de agua gris, permitiendo establecer si éste es compatible con tratamientos biológicos.

### 4.2.1. RELACIÓN ENTRE CAUDAL MÁXIMO Y CAUDAL MEDIO

El caudal de agua gris generado es uno de los parámetros fundamentales para poder definir adecuadamente un tratamiento, la recopilación de los caudales máximos, mínimos, promedios y diarios se han presentado en la Tabla 3.11. para los cuatro muestreos realizados.

A la relación entre la media de los caudales punta o máximo, y el caudal medio de las aguas residuales en una red de saneamiento se le conoce como coeficiente punta o factor de hora punta (FHP) de acuerdo a la Ecuación 4 (Moya, 2013):

$$FHP = Q_{m\acute{a}x} / Q_{med} \quad (\text{Ecuación 4})$$

Los valores más generalizados del factor de hora punta o coeficiente punta están en función del tipo de actividad de la zona y se recogen en la Tabla 4.9. El valor del FHP si bien indica el tipo de zona de donde proviene el efluente, permite a su vez, clasificar al mismo de acuerdo a su valor como agua residual de tipo especial, mixto u ordinario respectivamente.

*Tabla 4.9. Valores del factor hora punta en función del tipo de actividad de la zona (Moya, 2013).*

<b>TIPO DE ZONA</b>	<b>FHP</b>
Residencial + Industrial + Comercial	2.25
Residencial + Comercial	2.40
Residencial	3

Los valores de caudal medio y caudal máximo indicados en la Tabla 3.11., y la relación entre ellos para los cuatro muestreos realizados se presentan en la Tabla 4.10.

*Tabla 4.10. Relación entre caudal máximo y caudal medio.*

<b>MUESTREO</b>	<b>Caudal máximo <math>Q_{\text{máx}}</math> (l/hora)</b>	<b>Caudal medio <math>Q_{\text{med}}</math> (l/hora)</b>	<b><math>Q_{\text{máx}} / Q_{\text{med}}</math></b>
<b>A</b>	83.10	31.44	<b>2.64</b>
<b>B</b>	91.94	36.17	<b>2.54</b>
<b>C</b>	69.26	18.34	<b>3.78</b>
<b>D</b>	66.76	17.68	<b>3.78</b>
<b>PROMEDIO</b>	<b>91.94</b>	<b>25.91</b>	<b>3.55</b>

Comparando las relaciones obtenidas en la Tabla 4.10. respecto a los valores de FHP indicados en la Tabla 4.9., se observa que la relación  $Q_{\text{máx}} / Q_{\text{med}}$  cuyo promedio es de 3.55, es mayor al límite superior del rango propuesto por (Moya, 2013) de 3.0 para el tipo de zona residencial.

Por tanto, de acuerdo a los valores obtenidos en promedio para los cuatro muestreos que se realizaron, éstos indican en primera instancia que el agua gris generada se puede considerar en efecto, como agua residual de zona residencial o de tipo ordinario.

#### 4.2.2. RELACIÓN ENTRE DBO<sub>5</sub> Y DQO

La relación DBO<sub>5</sub>/DQO es un indicador de la biodegradabilidad de un agua residual y, valores inferiores a 0.2 indican que en el caudal generado no es biodegradable, y por lo tanto no se pueden utilizar procesos de tratamiento por vía biológica; mientras que valores superiores a 0.4 indican que el efluente puede considerarse biodegradable (Domènech y Peral, 2006). Los valores de DBO<sub>5</sub> y DQO obtenidos en la caracterización de las muestras de agua gris son los presentados en la Tabla 4.11.

Tabla 4.11. Relación DBO<sub>5</sub>/DQO.

PARÁMETRO	MUESTRAS				INTERVALO DE CONFIANZA	
	A	B	C	D	LÍMITE INFERIOR	LÍMITE SUPERIOR
DQO (mg/l)	11,760	10,480	7,040	4,680	3,352.57	13,627.43
DBO <sub>5</sub> (mg/l)	5,904	5,166	3,389	2,274	1552.06	6,814.44
<b>DBO<sub>5</sub>/DQO</b>	<b>0.50</b>	<b>0.49</b>	<b>0.48</b>	<b>0.49</b>	<b>0.46</b>	<b>0.50</b>

Los valores obtenidos de la relación DBO<sub>5</sub> y DQO de acuerdo a los intervalos de confianza determinados, indican que existe un 95% de probabilidad que ésta se encuentre entre 0.46 y 0.50. indicando que el sustrato tiene una fracción biodegradable que es posible tratarla por medio de tecnologías biológicas.

#### 4.3. SELECCIÓN DE SISTEMA PARA TRATAMIENTO DE AGUA GRIS

El análisis de los intervalos de confianza realizados en la sección 4.1. a las características físico-químicas y microbiológicas del efluente demuestran que existe el 95% de probabilidad que la caracterización del agua gris generada se encuentre fuera de los límites permisibles establecidos por el RTS13.05.01:18, por lo que la descarga del efluente sin un tratamiento previo es una fuente de contaminación en el cuerpo receptor.

En la sección 4.2. se realizó la clasificación del efluente de agua gris generado, siendo éste de tipo ordinario según la relación  $Q_{m\acute{a}x}/Q_{med}$  con valores entre 2.54-3.78 y, con un buen indicador de biodegradabilidad obtenido con la relación de DBO<sub>5</sub>/DQO que puede estar con un 95% de probabilidad entre 0.46 y 0.50.

Los criterios anteriores que clasifican al efluente de agua gris en estudio, brindan una idea general de las posibles técnicas a implementar en las propuestas a generar, sin embargo, es necesario definir inicialmente el tipo de sistema de tratamiento:

- a. Sistema de tratamiento de agua gris colectivo
- b. Sistema de tratamiento de agua gris individual

Para la selección del sistema de tratamiento, es necesario tener en cuenta además de los anteriores criterios, factores sociales y económicos entre los que se encuentran:

- a. Ubicación de los locales comerciales
- b. Disponibilidad de terreno
- c. Presupuesto disponible
- d. Recurso humano disponible
- e. Costos de implementación y operación

Si bien es importante la búsqueda de soluciones con el enfoque medioambiental, debido a que los requisitos son más estrictos en cuanto a calidad del efluente para ser vertidos en cuerpos receptores, es necesario la implementación de sistemas de tratamiento colectivo, los cuales generalmente ocupan mayor terreno y por ende implican un costo de instalación alto, a eso debe agregarse la dificultad en cuanto a las servidumbres y/o los permisos necesarios para la instalación de tuberías que conduzcan las aguas grises a la zona designada para el tratamiento.

Una vez realizada la instalación de un sistema de tratamiento colectivo, es necesario tener en cuenta los costos fijos que se generan debido al personal técnico capacitado para su manejo, mantenimiento de equipos, compra de insumos químicos entre otros, lo que convierte este enfoque en un planteamiento de solución a largo plazo.

Los sistemas de tratamiento individuales, permiten abordar la problemática a través de un enfoque sanitario, donde éste busca la mejora de la calidad del agua para poder disminuir el crecimiento o propagación de condiciones insalubres, por medio de la implementación de sistemas de tratamiento de agua menos complejos, con menores requerimientos de espacio, personal técnico, mantenimientos poco complejos entre otros varios beneficios; lo que lo convierte en una alternativa para implementación en corto-mediano plazo.

Teniendo un panorama de la situación de la zona de influencia del proyecto y tomando los criterios antes mencionados resulta conveniente para esta investigación tomar el sistema de tratamiento individual con enfoque de sanidad como la vía para el planteamiento de la alternativa de solución a la problemática de agua gris.

La Guía técnica sanitaria para la instalación y funcionamiento de sistemas de tratamiento individuales de aguas negras y grises (MINSAL, 2009), ofrece la debida orientación técnica al personal sobre las distintas alternativas sanitarias para los usuarios que ya cuentan con el servicio de Agua pero no disponen de acceso al Alcantarillado Sanitario o a un sistema de tratamiento colectivo, para que puedan realizar el tratamiento de aguas negras y grises generadas en sus inmuebles de manera individual, tal como es el caso de la población de la Zona turística del Mirador de los Planes de Renderos en estudio, que no cuentan con un sistema de Alcantarillado ni grandes extensiones de terreno para poder instalar un sistema de tratamiento colectivo de aguas residuales.

#### 4.4. NIVELES DE TRATAMIENTO A CONSIDERAR

De acuerdo a la Guía técnica sanitaria para la instalación y funcionamiento de sistemas de tratamiento individuales de aguas negras y grises (MINSAL, 2009), el tratamiento individual de aguas negras y grises a través de un sistema de fosa séptica, está compuesto de tres elementos que son: Tanque séptico, trampa para grasa y sistema de infiltración tal como se ilustra en la Figura 4.1. también se pueden considerar otros diseños de comprobada eficacia presentados por el usuario, elaborados por un profesional en el área.

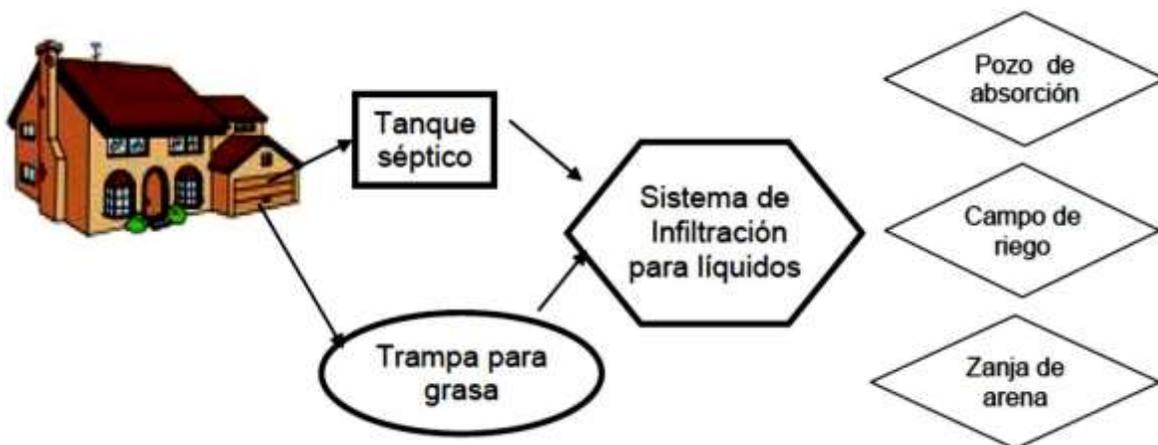


Figura 4.1. Elementos del sistema de tratamiento individual de aguas negras y grises (MINSAL, 2009).

Para el caso del sistema de infiltración, existen tres opciones a seleccionar de acuerdo a los criterios técnicos descritos en la Guía que son: pozo de absorción, campo de riego y zanja de arena filtrante, tal y como se ilustra en la Figura 4.1. (MINSAL, 2009).

De acuerdo a los elementos del sistema de tratamiento de agua gris indicados por la Guía técnica (MINSAL, 2009), las fases a considerar en las alternativas de sistema de tratamiento a proponer son:

- a. Pretratamiento: para realizar la remoción de sólidos gruesos, así como los sólidos de volumen pequeño y peso elevado presentes en el efluente
- b. Tratamiento primario: permitirá la remoción de una parte de sólidos sedimentables en suspensión, aceites y grasas y parte de materia orgánica
- c. Sistema de infiltración para líquidos

Para los casos que el agua residual una vez tratada no se descargue a un cuerpo receptor, sino directamente al suelo para que realice el proceso de infiltración, los límites permisibles del RTS 13.05.01:18 mencionados en la Tabla 2.5. de la Sección 2.7.2, solo se tomarán de referencia no estando obligados a ser cumplidos.

#### **4.5. SISTEMA DE TRATAMIENTO INDIVIDUAL PROPUESTO PARA EL MANEJO DE AGUA GRIS**

Los elementos a componer el sistema de tratamiento individual para el agua gris a proponer son los presentados en la Figura 4.2.



*Figura 4.2. Elementos de sistema de tratamiento individual de Aguas grises.*

Como se observa, el sistema de tratamiento consta de tres etapas de tratamiento descritas previamente en la sección 1.7. de este documento y de manera general según lo presentado en la Tabla 4.12:

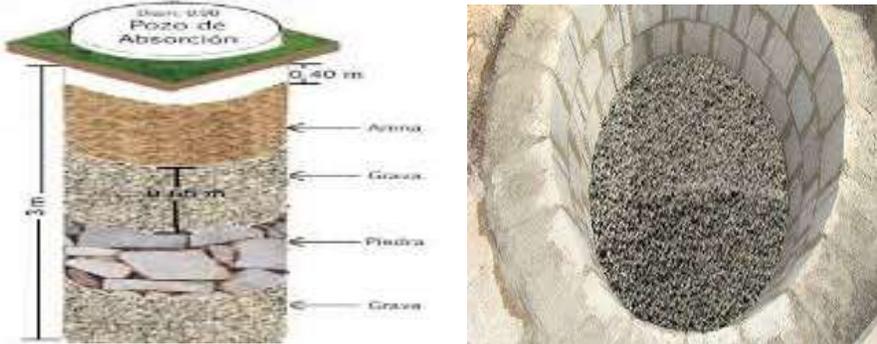
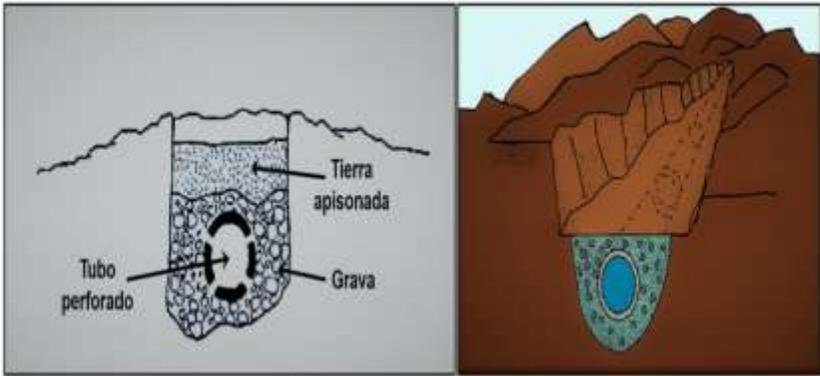
- a. Etapa I: Pretratamiento
- b. Etapa II: Tratamiento Primario
- c. Etapa III: Sistema de infiltración

Tabla 4.12. Descripción de niveles de tratamiento y equipos utilizados para la depuración de aguas residuales.

PRETRATAMIENTO	
DESCRIPCIÓN	EQUIPOS O MÉTODOS
<p>Tiene como finalidad la eliminación de objetos gruesos, arenas y grasas</p>	<p><b>Rejas y rejillas</b></p> 
	<p><b>TRATAMIENTO PRIMARIO</b></p>
DESCRIPCIÓN	EQUIPOS O MÉTODOS
<p>Tiene como objetivo remover sólidos gruesos, sólidos en suspensión sedimentables, grasas y aceites y parte de la materia orgánica</p>	<p><b>Trampa de grasa No pre fabricada y pre fabricada</b></p> 
	<p><b>Biodigestor</b></p> 

Continúa...

Tabla 4.12. Descripción de niveles de tratamiento y equipos utilizados para la depuración de aguas residuales (Continuación).

SISTEMA DE INFILTRACIÓN	
DESCRIPCIÓN	EQUIPOS O MÉTODOS
<p>El sistema de infiltración permite el tratamiento de los líquidos a través de materiales pétreos como piedra, grava y arena, previo a la disposición final al suelo.</p>	<p><b>Pozo de absorción</b></p> 
	<p><b>Zanja de infiltración o campo de riego</b></p> 
	<p><b>Zanja de Arena filtrante</b></p> 

Para éstas etapas se propondrán diferentes opciones en las secciones 4.6, 4.7 y 4.8 respectivamente. Posteriormente se propondrán los sistemas integrados de acuerdo a las factibilidades que presenten.

## 4.6. PRETRATAMIENTO

En los comercios en estudio, el agua gris proviene principalmente de actividades como el lavado y la preparación de alimentos, lavado de manos, limpieza utensilios de cocina, limpieza de plancha y limpieza del local; donde la cantidad de sólidos es considerable, por lo cual, se recomienda instalar un sistema de pretratamiento con rejillas, que permita remover los sólidos gruesos y medios presentes que puedan causar problemas operacionales o incrementar la frecuencia del mantenimiento de los equipos por desgaste o atascamiento. De acuerdo a lo anterior, se propone un sistema para la retención de sólidos con mallas que se describe en la Tabla 4.13. El detalle de los costos respectivos se indica en el Anexo 8.

Tabla 4.13. Sistema de retención de sólidos con mallas.

MALLA DE RETENCIÓN	FIGURA
<p>Filtro extensible por encima de fregadero. Tamaño: 54 x 24 x 11.5 cm. El mango retráctil es de gran práctica y fácil operación, adecuado para diferentes tamaños de lavamanos. Está hecho de acero inoxidable y silicón, resistente a la oxidación. Es ideal para filtrar impurezas. <i>Costo unitario: \$22.85</i></p>	
<p>El filtro para desagüe de fregadero permite que el agua fluya a través de él mientras captura basuras, partículas y más, evitando su obstrucción, es fácil de limpiar y seguro para su uso. Consta de intensivos y finos orificios. Material: acero inoxidable. El Diámetro externo es de 11.3 cm y el interno de 7.3 cm y altura de 3.7 cm. <i>Costo de dos filtros: \$11.64</i></p>	
<p>Para el drenaje de pisos se recomienda una malla cuadrada de cobre. La rejilla desmontable facilita la limpieza, evita malos olores, insectos y ratones. La base de drenaje está diseñada con una línea de caída para un flujo de agua eficiente de alto flujo hacia el desagüe, para cocinas, baños, garajes, sótanos e inodoros. <i>Costo unitario: \$33.51.</i></p>	
<p><b>Costo total (1 Filtro extensible + 2 filtros para desagüe + malla para piso): \$68.00</b></p>	

#### **4.7. TRATAMIENTO PRIMARIO**

Los tratamientos primarios son aquellos que eliminan los sólidos en suspensión presentes en el agua residual. Entre los principales procesos físico-químicos que pueden ser incluidos en el tratamiento primario son: sedimentación, flotación, coagulación floculación y filtración (AQUATECNICA, 2018).

En la presente investigación no se tendrán en cuenta la implementación de procesos de coagulación ni floculación, debido principalmente, a que éstos requieren el almacenamiento de productos químicos, y como hemos mencionado en secciones anteriores, en la zona las extensiones de terreno son limitadas dentro de los comerciales, lo cual llevaría a almacenar productos químicos peligrosos cerca de los alimentos; además que estos tipos de tratamientos requieren de un costo fijo por el producto químico utilizado y resulta estrictamente necesario tener conocimientos técnicos para las dosis de producto químico a administrar.

La Guía técnica sanitaria (MINSAL, 2009) recomienda utilizar trampa para grasa y tanque séptico como tratamiento primario para aguas residuales, el cual permite separar y transformar de manera física y química la materia orgánica presente en las aguas residuales. La guía técnica también permite proponer otro tipo de tecnologías similares o mejores que resulten adecuadas para resolver la problemática, de manera que se ajuste apropiadamente a la del sitio en estudio.

En la presente investigación, se tendrá en cuenta la instalación de un biodigestor en lugar de una fosa séptica, debido a que el biodigestor minimiza la contaminación del medio, pues la calidad del efluente es superior al tratamiento promedio para una fosa séptica según el fabricante, y tiene menores repercusiones sobre el medio receptor que es el suelo para el tipo de sistema propuesto.

De acuerdo a lo anterior, se presentan dos opciones para llevar a cabo el tratamiento primario para la remoción de contaminantes del agua gris generada en el local en estudio de la zona turística de El Mirador de Los Planes de Renderos, Panchimalco:

- a. Trampa de grasa
- b. Biodigestor

#### **4.7.1. TRAMPA DE GRASA**

Es un dispositivo de fácil construcción o que puede obtenerse de manera pre-fabricada, y que se instala a la salida de los artefactos que realizan descargas de agua gris (lavaderos, lavatrastos y lavamanos). Dentro del grupo de contaminantes de grasas y aceites, se encuentran las de origen animal, vegetal o mineral; una trampa de grasa tradicional busca la eliminación de éstos contaminantes en el agua gris (MINSAL, 2009).

##### **A. CRITERIOS TÉCNICOS**

Entre los criterios a tener en consideración para la instalación de una trampa de grasa se tienen (Sastre, 2005):

- a. Las grasas y aceites deben estar en fase líquida
- b. Deben encontrarse en estado libre
- c. Deben ser menos densas que el agua
- d. El volumen requerido debe calcularse para un tiempo de retención mínimo de 30 minutos a caudal máximo

##### **B. BENEFICIOS**

- a. El sistema previo recomendado es la remoción en exceso de los sólidos y la separación de los de mayor tamaño con un sistema de mallas.
- b. No requiere mantenimiento sofisticado

##### **C. ESPECIFICACIONES**

###### **a. TRAMPA DE GRASA NO PREFABRICADA**

###### **i. TRATAMIENTOS ANTERIORES**

En el lavado de utensilios de cocina es importante retirar el exceso de residuos de los mismos para evitar la acumulación de grasas y sedimentos en la trampa para grasas. Es recomendable que en el desagüe del lavadero o lavatrastos se coloque una malla o filtro para atrapar los sólidos. Debido a la diferencia de densidades, la grasa contenida en la trampa, queda flotando sobre las aguas grises. Esta grasa debe ser extraída manualmente cada 3 a 5 días o según se requiera (MINSAL, 2009).

## ii. CRITERIOS TÉCNICOS DE CONSTRUCCIÓN

Para el caso que la trampa de grasa sea construida en el sitio, es necesario tener en cuenta (Sastre, 2005):

- a. La determinación del volumen de la trampa de grasa, viene dado por la Ecuación 5:

$$V = Q_{m\acute{a}x} * T_r \quad (\text{Ecuaci3n 5})$$

Donde:

V: Volumen (m<sup>3</sup>)

Q<sub>máx</sub>: Caudal máximo (m<sup>3</sup>/h)

T<sub>r</sub>: Tiempo de retenci3n (h)

Tomando como referencia el caudal máximo presentado en la Tabla 3.11. cuyo valor es 0.09194 m<sup>3</sup>/h, con tiempo de residencia estimado de 0.5 horas y con el uso de la Ecuaci3n 5 se determin3 que el tamaño para la trampa debe ser de 0.04597 m<sup>3</sup> o de 46 litros, y se deben considerar además los requerimientos de espacio para instalarla, así como las limitantes relacionadas a la frecuencia de realizaci3n de la limpieza.

- b. La entrada del agua a tratar debe encontrarse entre 15 y 20 cm por debajo del nivel del agua, con el fin de producir emulsiones de las grasas ya separadas que se encuentran en la superficie de la unidad, y la salida pr3xima al fondo por el lado opuesto, de tal forma que el recorrido del agua sea de arriba hacia abajo, mientras que las gotas de grasa y aceite al ser menos densas que el agua se desplazan a la superficie
- c. Debe ser construida en una zona donde reciba sombra la mayor parte del día para mantener bajas temperaturas, y así la grasa se solidifique y no se mezcle con el agua, permitiendo la reducci3n de olores. (MINSAL, 2009).

## iii. COSTO UNITARIO DE CONSTRUCCI3N

De acuerdo al Caudal máximo obtenido, el volumen de la trampa de grasa a construir debe ser de 46 litros, sin embargo, se recomienda que la capacidad mínima de una trampa de grasa deber ser de 120 litros, por tanto, en la Tabla 4.14. se detalla el costo estimado para su construcci3n y se extiende en el Anexo 9.

Tabla 4.14. Costo unitario de construcción de trampa de grasa.

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
<b>MATERIALES</b>				
Codo PVC 4"	1	Pieza	\$9.95	\$9.95
Tee PVC Lisa 4"	1	Pieza	\$9.50	\$9.50
Tubo PVC 4" X 6 mts 100 PSI	1	Pieza	\$19.75	\$19.75
Varilla roscada galvanizada 3/8" x 3m	2	Pieza	\$3.95	\$7.90
Ladrillo de obra rojo de 7 cm	140	Pieza	\$0.25	\$35.00
Cemento Portland fuerte gris	93.5	Libra	\$0.0878	\$8.21
Arena	0.5	m <sup>3</sup>	\$16.75	\$8.38
Grava No. 1	0.1	m <sup>3</sup>	\$41.80	\$4.18
<b>Total</b>				<b>\$102.86</b>
<b>MANO DE OBRA</b>				
Maestro albañil	24	Hora	\$2.50	\$60.00
Ayudante	24	Hora	\$2.00	\$48.00
<b>Total</b>				<b>\$108.00</b>
<b>HERRAMIENTAS</b>				
Arrendamiento de maquinaria	3	Día	\$10.00	\$30.00
<b>Total</b>				<b>\$30.00</b>
<b>Total utilidad</b>				<b>\$240.86</b>
<b>IMPUESTOS</b>				
Impuesto sobre la Renta	10	%		\$10.80
IVA	13	%		\$29.91
<b>TOTAL</b>				<b>\$270.77</b>

#### b. TRAMPA DE GRASA PREFABRICADA

Para la selección de la trampa de grasa se tendrá como referencia el análisis de caudales horarios determinados en los muestreos presentados en la Tabla 3.11, en el cual, el caudal máximo obtenido fue de 91.94 l/hora, es decir 0.40 galones por minuto (GPM), por lo que se debe seleccionar la trampa de grasa más cercana a dicho caudal. Tomando en cuenta la aproximación al volumen siguiente disponible, ésta debe ser diseñada para 4 GPM.

La siguiente información está relacionada a la trampa de grasa pre fabricada seleccionada que es de Marca Wentworth, Modelo WP-GT-4, construida con acero al carbón, cuenta con un revestimiento duradero para prevenir la corrosión y está diseñada para que aún bajo condiciones de uso pesado tenga una larga vida útil. Las dimensiones respectivas para este equipo se presentan en la Tabla 4.15. y Figura 4.3.

Tabla 4.15. Dimensiones de trampa de grasa WP-GT-4 (Wentworth, 2020) .

Modelo	WP-GT-4				
A/B entrada/ salida No-Hub	Tasa de flujo (GPM)	Capacidad para grasa (lb)	Dimensiones en centímetros		
			H	W	L
2"	4	8	11.18	14.18	11.18

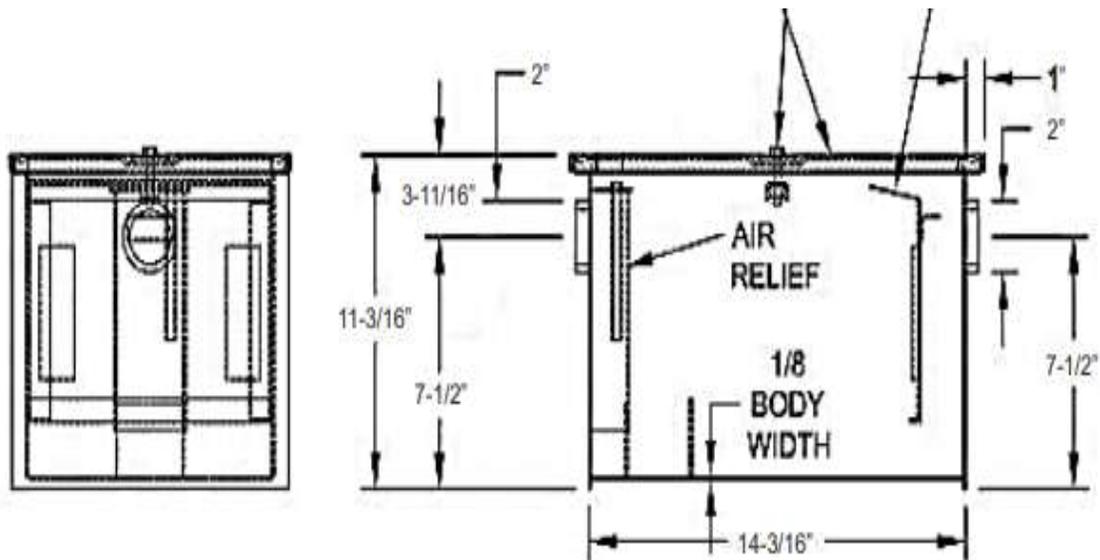


Figura 4.3. Dimensiones de la trampa de grasa WP-GT-4 (Wentworth, 2020).

### c. SELECCIÓN DE EQUIPO

Tomando en cuenta la disponibilidad de espacio, las acciones de remodelación necesarias para la instalación, y el rendimiento, se propondrá el uso de una trampa de grasa pre-fabricada. Por lo que en adelante solo se tomará en cuenta la información relacionada a la misma.

#### D. MANTENIMIENTO

Se debe realizar la remoción manual de las grasas acumuladas cuando se calcule que éstas rondan una cantidad aproximada a 8 libras, aunque de preferencia para el funcionamiento adecuado de la trampa de grasa no debe trabajarse al límite de su capacidad de retención. Una vez retirada la grasa, debe colocarse bien la tapa de la rampa de grasa y los desechos retirados darles un tratamiento adecuado con cal y tierra. Se recomienda contratar un servicio externo para realizar una limpieza exhaustiva cada 90 días, el cual tiene un costo de \$67.80, es decir un costo de mantenimiento anual estimado de \$203.40.

#### E. EFICIENCIA EN REMOCIÓN DE CONTAMINANTES

La trampa de grasa WP-GT-4, posee teóricamente la eficiencia de remoción para aceites y grasas según lo establecido en la Tabla 4.16.

*Tabla 4.16. Eficiencia de remoción de trampa de grasa WP-GT-4 (Wentworth, 2020).*

PARÁMETRO	REMOCIÓN
Aceites y grasas	90.1%

#### F. COSTOS

El costo de una trampa de grasa WP-GT-4 se detalla en la Tabla 4.17. a continuación.

*Tabla 4.17. Costo de trampa de grasa WP-GT-4.*

CANTIDAD	EQUIPO	PRECIO TOTAL
1	WENTWORTH WP-GT-4	\$289.00
<b>COSTO TOTAL UNITARIO</b>		<b>\$289.00</b>

Tanto la Ficha técnica del equipo Wentworth WP-GT-4 y su cotización se encuentran en el Anexo 10.

#### G. TRATAMIENTOS POSTERIORES

El agua retenida en la trampa para grasa debe canalizarse directamente al pozo de absorción o algún otro sistema de infiltración. Es preferible ubicarla en lugares bajo sombra para mantener las bajas temperaturas, y evitar que la grasa se disuelva y se mezcle con el agua, evitando así la propagación de olores (MINSAL, 2009).

#### **4.7.2. BIODIGESTOR**

Es un sistema que recibe las aguas residuales domésticas para un tratamiento primario. Consta de un tanque hermético que funciona siempre lleno, por rebalse y, a medida que entra agua residual desde la fuente generadora, una cantidad igual sale por el otro extremo (ROTOPLAS, 2020).

##### **A. FUNCIONAMIENTO**

Un biodigestor cuenta con tres etapas principales para el tratamiento de aguas residuales. Los pasos para su debido funcionamiento son los siguientes (ROTOPLAS, 2020):

- a. Entrada de agua residual
- b. Separación de lodos y aguas (primera etapa)
- c. Digestión anaerobia y paso a través de cama de lodos (segunda etapa)
- d. Filtro anaerobio (tercera etapa)
- e. Salida de agua tratada a pozo de absorción.

Está conformado por los diferentes componentes que poseen microorganismos que están encargados de realizar el tratamiento necesario a las aguas residuales (ROTOPLAS, 2020):

- a. Costra: dentro de esta los microorganismos se encargan de disolver y degradar los sólidos orgánicos
- b. Líquido: este contiene microorganismos, nutrientes y materia orgánica disuelta
- c. Lodos: al igual que en la costra, los microorganismos disuelven y degradan los sólidos orgánicos
- d. Digestión anaeróbica: en este paso se lleva a cabo una descomposición de la materia orgánica en ausencia de aire para luego ingresar al filtro
- e. Filtro: en su interior hay esferas biolam, las cuales tienen en su superficie bacterias que se encargan de completar el tratamiento de filtrado de afluentes.

En resumen, el agua residual entra por un tubo hasta la parte inferior del tanque, donde se concentra el lodo orgánico que produce la principal digestión anaeróbica. Luego, el líquido con residuos pasa por el filtro donde las bacterias fijadas en las esferas se encargan de completar el tratamiento y filtrado de efluentes, que saldrán por el tubo de descarga hacia el sistema de infiltración. Las grasas suben a la superficie entre el filtro y el tanque, donde las bacterias las descomponen transformándolas en gas, líquido, o lodo espeso. La materia orgánica que escapa es consumida por las bacterias en los aros de Pet del filtro y, una vez tratada, finalmente sale por el tubo.

En la Figura 4.4. se presenta el esquema de funcionamiento descrito.



Figura 4.4. Esquema de funcionamiento de un Biodigestor (ROTOPLAS, 2020).

## B. BENEFICIOS

- a. Eficiente: su desempeño es superior al de una fosa séptica debido a que utiliza un proceso anaerobio para realizar un tratamiento primario del agua. Este puede ser instalado en lugares que no cuentan con servicio de drenaje con el fin de recibir las aguas residuales domésticas
- b. Autolimpiable y de fácil mantenimiento: al solo abrir una válvula se extraen los lodos residuales, no es necesario equipo especializado o maquinaria de limpieza
- c. Sin costo de mantenimiento: el usuario puede realizar la purga de lodos sin verse en necesidad de utilizar equipo especializado. No requiere equipo electromecánico como bomba o camión de desazolve para su mantenimiento, eliminando así, costos adicionales para el usuario
- d. Hermético: construido de una sola pieza en polietileno de alta densidad, evitando fugas, olores y agrietamientos. Es ligero y fuerte, ofreciendo una alta resistencia a los impactos y la corrosión. Sin embargo, por estar destinado a un sitio donde se procesan alimentos se recomienda enterrarlo para minimizar olores
- e. Higiénico: previene la existencia de focos de infección
- f. Sustentable: cuida el medio ambiente al prevenir la contaminación del suelo y agua.

### C. DIMENSIONAMIENTO

El comportamiento del caudal de agua gris del local en estudio se asemeja a un flujo semi continuo, debido a que la generación del caudal medio no es constante por el tipo de actividad comercial, pues las descargas se realizan por cortos períodos y con pocas repeticiones, a excepción del lavado de manos. En sistemas de digestión continua y semi-continua el tiempo de residencia hidráulica (TRH) está definido por el cociente del volumen del tanque biodigestor y el volumen de la carga diaria (Salamanca, 2009), por tanto, es posible calcular el volumen de un biodigestor mediante la Ecuación 6.

$$V_{\text{Biodigestor}} = V_{\text{carga diaria}} * THR \quad (\text{Ecuación 6})$$

Donde:

$$V_{\text{Biodigestor}} = \text{Volumen de biodigestor (m}^3\text{)}$$

$$V_{\text{carga diaria}} = \text{Volumen de carga diaria (m}^3\text{/día)}$$

$$THR = \text{Tiempo de residencia hidráulica (días)}$$

El Manual de Agua potable, alcantarillado y saneamiento. Diseño de plantas de tratamiento de aguas residuales municipales: Reactores Anaerobios de Flujo Ascendente (RAFA), (CONAGUA y SEMARNAT, 2015) propone un rango de valores para el tiempo de residencia hidráulico en función del flujo, tal como se muestra en la Tabla 4.18.

*Tabla 4.18. Criterios Hidráulicos para el diseño de reactores RAFA que tratan agua residual Doméstica (CONAGUA y SEMARNAT, 2015).*

PARÁMETRO	RANGO DE VALORES		
	Q MEDIO	Q MÁX	Q PICO
Tiempo residencia hidráulica (TRH) (horas)	6-9	4-6	>3.5 - 4

Se tendrá como referencia el valor del caudal máximo para determinar el tiempo de residencia hidráulica, que de acuerdo a la Tabla 3.11. tiene un valor de 0.09194 m<sup>3</sup>/hora, por tanto, el volumen de carga diaria para un turno de 10 horas resulta de 0.9194 m<sup>3</sup>/día y según la información presentada en la Tabla 4.18, se considera que para un sistema que opera a un caudal medio, el TRH máximo es de 6 horas (0.25 días). Con uso de la Ecuación 6 se tiene que el Volumen del biodigestor debe ser de:

$$\text{Volumen de biodigestor} = 0.23 \text{ m}^3$$

Sin embargo, es recomendable la instalación de un sistema de mayor dimensión de la determinada puesto que se deben considerar otros factores como:

- Actividades generadoras de aguas grises que no fueron medidas debido a que no se realizaron en el turno de trabajo estudiado
- Mediciones que no pudieron efectuarse en el turno de trabajo debido a la naturaleza del comercio y restricciones establecidas por el responsable del comercio
- Afectación de las mediciones realizadas debido a las condiciones climatológicas del día, influyendo en afluencia de personas al lugar
- Incremento de la demanda en temporadas o días festivos
- Proyecciones de ampliación del comercio

Debido a lo anterior, se propondrá un biodigestor con capacidad de 600 l.

#### D. ESPECIFICACIONES

Existen diversos tamaños y tipos de biodigestores de acuerdo a la capacidad requerida por los usuarios, en la presente investigación, describiremos un Biodigestor Autolimpiable RP-600 de acuerdo al dimensionamiento realizado en el inciso C. Sus dimensiones se detallan en la Tabla 4.19. y Figura 4.5. presentadas a continuación.

Tabla 4.19. Dimensiones de Biodigestor Autolimpiable RP-600 (ROTOPLAS, 2020).

Referencia	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
<b>RP-600</b>	1.6m	0.86m	0.25m	45°	18"	4"	1.33m	2"	1.27m	2"	1.15m

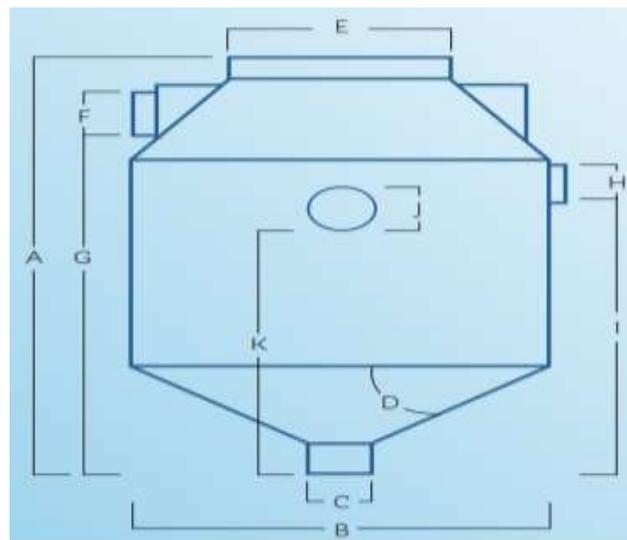


Figura 4.5. Dimensiones de Biodigestor Autolimpiable RP-600 (ROTOPLAS, 2020).

## E. LIMPIEZA Y MANTENIMIENTO

### a. LODOS

Cada año debe abrirse la válvula 4 indicada en la Figura 4.6., para que el lodo acumulado y digerido, fluya al registro de lodos. Una vez hecha la purga, cerrar la válvula y mantenerla así hasta el siguiente mantenimiento. Los lodos en general son espesos y negros. Si vuelve a salir lodo café se debe cerrar la válvula, esto significa que ya salió todo el lodo digerido. Si se observa que sale con dificultad o la línea se encuentra obstruida, remover el tapón número 5 y destapar con ayuda de una varilla (ROTOPLAS, 2020).

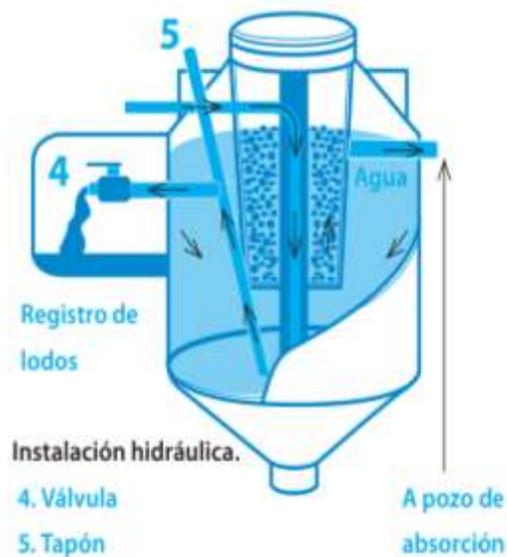


Figura 4.6. Esquema de Biodigestor Autolimpiable con ubicación de válvulas (ROTOPLAS, 2020).

Se recomienda adicionar cal en polvo al lodo extraído para eliminar los microorganismos. La cantidad a agregar depende de la capacidad del Biodigestor y de la frecuencia con que se realice el mantenimiento tal como se indica en la Tabla 4.20. presentada a continuación.

Tabla 4.20. Purga de lodo y cantidad de cal para mantenimiento anual de Biodigestor Autolimpiable RP-600 (ROTOPLAS, 2020) .

Modelo de Biodigestor Autolimpiable	RP-600
Purgue anual (litros)	100
Cal para mezclado (kilogramos)	10

Los pasos recomendados para tratar los lodos son los siguientes (ROTOPLAS, 2020):

- a. Revolver durante 5 minutos, utilizando una pala; al final espolvorear un poco de cal sobre toda la superficie para evitar la proliferación de moscas
- b. Tapar el registro y dejar secar el lodo por 2 meses o hasta que sea fácil su manejo con pala. Para acelerar el secado o en climas húmedos, se recomienda revolver una vez al mes y agregar una delgada capa de cal al final
- c. Se recomienda excavar un hoyo, rellenar con el lodo (seco o húmedo) y tapar con tierra; otra opción es enviar estos desechos al relleno sanitario
- d. En climas muy húmedos o en el caso de no contar con áreas verdes exteriores para reutilizar el lodo seco, puede utilizar un servicio de desazolve
- e. Se pueden reusar los lodos como abono de plantas o mejorador de suelo, tomando en cuenta los siguientes cinco puntos condicionantes:
  - a. Una vez desinfectado y mezclado adecuadamente el lodo recién extraído del Biodigestor Autolimpiable, utilizando suficiente cal de acuerdo a lo indicado en la Tabla 4.20.
  - b. El lodo a reutilizar esté seco
  - c. No se debe reutilizar el lodo para hortalizas
  - d. El lodo desinfectado aún tiene cierta cantidad de microorganismos por lo que debe utilizarse protección personal y evita el contacto con niños
  - e. La opción del reúso del lodo es responsabilidad del usuario ya que depende de la eficiencia del método para su desinfección y la aplicación que el usuario determine.

Para el mantenimiento del Biodigestor Autolimpiable RP-600 y el manejo de lodos, siempre deben utilizarse guantes, botas y cubre bocas y se deben lavar las manos perfectamente después de cada mantenimiento. Los lodos líquidos nunca deberán ser enviados al drenaje ni puestos en barrancas, selvas, humedales o en ríos, lagos o mares (ROTOPLAS, 2020).

## **b. FILTRO**

El Biodigestor Autolimpiable RP-600 cuenta también con un material filtrante de plástico en el que microorganismos se adhieren para limpiar el agua. Este filtro debe ser limpiado cada 2 años o antes si es que se obstruye. Para su mantenimiento, debe abrirse la válvula y purgar el lodo hasta bajar el nivel de agua y retirar el material que contiene el filtro (ROTOPLAS, 2020).

Con ayuda de una escoba frotar el filtro para remover sólidos acumulados, seguidamente se debe limpiar la cubeta dentro del tanque con una escoba, regresar el material filtrante a la cubeta y tapar nuevamente. Antes de dar dicho mantenimiento, se debe destapar el tanque y dejar ventilar durante un estimado de 10 minutos (ROTOPLAS, 2020).

### c. MATERIAL FLOTANTE

Una vez al año abrir la tapa y remover con un cedazo o pala las grasas y cualquier material flotante, para evitar la obstrucción de tuberías o del pozo de absorción. El material removido deberá ser mezclado con cal y dispuesto al relleno sanitario. El material flotante no deberá enviarse al drenaje, cuerpos de agua, barrancas, selvas o humedales (ROTOPLAS, 2020).

Para un mantenimiento efectivo en general, deben tenerse en cuenta las siguientes consideraciones adicionales (ROTOPLAS, 2020):

- a. No descargar al Biodigestor RP-600 sustancias químicas como: cloro, amoníaco, sosa, ácido, pintura, aceites y grasas de coche, ya que pueden reducir su efectividad
- b. No retirar el plástico en la parte central del tanque, ya que éste es el material filtrante
- c. El Biodigestor deberá estar siempre con agua hasta el nivel del tubo de salida. Si está completamente lleno o vacío, el producto no está operando adecuadamente y se le recomienda acudir inmediatamente a un técnico para su inspección
- d. Mantener bien tapado el Biodigestor

### d. COSTO DE MANTENIMIENTO

De acuerdo a lo indicado en la Tabla 4.20. la purga anual para un Biodigestor RP-600 es de 100 litros, por tanto, la cal a utilizar serán respectivamente 10 kilogramos. Por tanto, el costo anual de mantenimiento del equipo será de \$3.50 como se detalla en la Tabla 4.21.

*Tabla 4.21. Costo de mantenimiento anual de Biodigestor Autolimpiable RP-600 (ROTOPLAS, 2020) .*

<b>Modelo de Biodigestor Autolimpiable</b>	<b>RP-600</b>
Cal para mezclado (kilogramos)	10
Costo por kilogramo de cal	\$0.35
<b>COSTO TOTAL DE MANTENIMIENTO</b>	<b>\$3.50</b>

## F. EFICIENCIA DE REMOCIÓN DE CONTAMINANTES

El Biodigestor Autolimpiable RP-600 posee eficiencias teóricas de remoción para ciertos contaminantes según lo establecido en la Tabla 4.22.

*Tabla 4.22. Eficiencia de remoción de contaminantes de Biodigestor RP-600 (ROTOPLAS, 2020).*

PARÁMETRO	REMOCIÓN
Demanda Bioquímica de Oxígeno	94%
Demanda Química de Oxígeno	88%
Aceites y Grasas	93%
Sólidos sedimentables	98%
pH	Estabilizado

## G. COSTOS

El costo del equipo RP-600 se detalla en la Tabla 4.23. a continuación.

*Tabla 4.23. Costo de equipo Biodigestor Autolimpiable RP-600.*

CANTIDAD	EQUIPO	PRECIO TOTAL
1	Biodigestor de 600 litros	\$550
1	Tanque de 250 litros para Registro de lodos	\$125
<b>COSTO TOTAL UNITARIO</b>		<b>\$675</b>

Tanto la Ficha técnica del Biodigestor Autolimpiable RP-600 como su respectiva cotización se encuentran en el Anexo 11.

## H. TRATAMIENTOS POSTERIORES

Una vez que el agua residual sale del Biodigestor, es necesario se someta a una siguiente etapa para su infiltración. El suelo funciona como un filtro que retiene y elimina partículas muy finas y la flora bacteriana que crece sobre las partículas de tierra, absorbe y se alimenta de las sustancias disueltas en el agua. Después de atravesar 1.20 metros de suelo, el tratamiento de agua residual se ha completado y se incorpora purificada al agua subterránea (ROTOPLAS, 2020).

La importancia de los sistemas de infiltración se ha argumentado en la sección 4.4, y seguidamente describiremos las opciones para llevarla a cabo en la presente investigación.

## **4.8. SISTEMA DE INFILTRACIÓN**

Un sistema de infiltración es aquél donde se canalizan las salidas de agua de la trampa de grasa o del sistema de remoción de componentes del agua gris para ser vertidos en el suelo y que éste la infiltre. Se presentan tres alternativas recomendadas por la Guía Técnica Sanitaria para la instalación y funcionamiento de Sistemas de Tratamiento Individuales de Aguas Negras y Grises, y se definen los criterios para la selección y dimensionamiento. Se debe seleccionar el más adecuado de acuerdo a los mismos, entre ellos, permeabilidad del suelo, nivel freático del agua, entre otros (MINSAL, 2009).

### **4.8.1. POZO DE ABSORCIÓN**

El pozo de absorción es un elemento opcional de infiltración, es el elemento final que recibe a los líquidos provenientes del tanque séptico o trampa para grasa. El pozo de absorción permite el tratamiento de los líquidos a través de materiales pétreos como piedra, grava y arena, previo a la disposición final al suelo (MINSAL, 2009). Previo a la construcción del pozo de absorción es necesario realizar la prueba de infiltración descrita en el Anexo 12.

#### **A. CRITERIOS TÉCNICOS PARA SU CONSTRUCCIÓN**

Para construir un pozo de absorción es necesario tener en cuenta:

- a. Como mínimo debe tener 1 metro de diámetro interno
- b. La pared donde ingresará la tubería y funcionará como el tope del pozo debe estar construida con 30 cm de grosor
- c. La pared interna de todo el pozo debe tener como mínimo un grosor de 30 cm
- d. Instalar la tubería de conexión en la entrada 50 cm sobre la primera capa de material filtrante
- e. El fondo del pozo debe estar como mínimo 3.0 metros sobre el nivel freático
- f. Del fondo del pozo de forma ascendente colocar una capa de arena limpia, grava y piedra cuarta
- g. Sobre la capa de arena colocar una capa de grava. De la capa de grava hasta 50 cm debajo de la caída del efluente colocar piedra cuarta
- h. El espesor de cada una de las capas a colocar dependerá de la profundidad del pozo. La distribución de las capas debe ser lo más equitativa posible

En la Figura 4.7. Se muestra un esquema general de un pozo de absorción de acuerdo a los criterios anteriores.

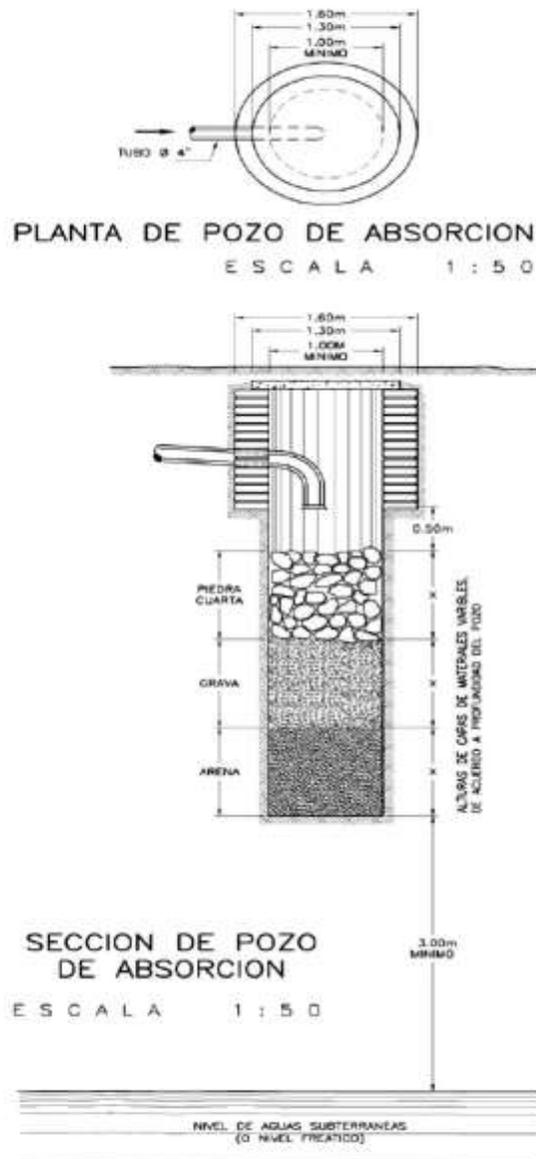


Figura 4.7. Esquema general de un pozo de absorción (MINSAL, 2009).

## B. MANTENIMIENTO

Cuando el pozo de absorción se sature, debe clausurarse y excavar otro nuevo. En caso de que no haya suficiente espacio de terreno, lo recomendable es limpiar el filtro del pozo saturado extrayendo los sólidos, a los cuales se les debe aplicar cal y exponerlos al sol para su completo secado, previo a su disposición final.

Los líquidos deben extraerse en la mayor cantidad posible en forma manual o mecánica. Al restante debe dárseles el tiempo conveniente para su infiltración dentro del pozo. Posteriormente se deben reponer los materiales filtrantes para reutilizar el pozo (MINSAL, 2009).

### C. COSTOS

Los costos estimados para la construcción de un pozo de absorción con 1 metro de diámetro y 5 metros de profundidad se detallan en la Tabla 4.24. presentada a continuación.

*Tabla 4.24. Costo unitario de construcción de pozo de absorción.*

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
<b>MATERIALES</b>				
Varilla roscada galvanizada 3/8" x 3m	25	Pieza	\$3.95	\$98.75
Cemento Portland fuerte gris	561	Lb	\$0.0878	\$49.20
Arena	1.5	m <sup>3</sup>	\$16.75	\$25.13
Grava No. 1	0.2	m <sup>3</sup>	\$41.80	\$8.36
Ladrillo de obra rojo de 7 cm	1000	Pieza	\$0.25	\$250.00
Clavos para concreto 2 mm x 2"	100	Pieza	\$0.03	\$3.00
Alambre de Amarre calibre 22	1	Lb	\$1.25	\$31.25
<b>Total</b>				<b>\$465.69</b>
<b>MANO DE OBRA</b>				
Maestro albañil	40	Hora	\$2.50	\$100.00
Ayudante	40	Hora	\$2.00	\$80.00
<b>Total</b>				<b>\$180.00</b>
<b>HERRAMIENTAS</b>				
Arrendamiento de maquinaria y herramientas	5	Día	\$15.00	\$75.00
<b>Total</b>				<b>\$75.00</b>
<b>Total utilidad</b>				<b>\$720.69</b>
<b>IMPUESTOS</b>				
Impuesto sobre la Renta	10	%		\$18.00
IVA	13	%		<b>\$91.35</b>
<b>TOTAL PRECIO UNITARIO DE CONSTRUCCIÓN POZO DE ABSORCIÓN</b>				<b>\$812.04</b>

#### **4.8.2. ZANJA DE INFILTRACIÓN O CAMPO DE RIEGO**

Es un elemento opcional utilizado para descargar el efluente proveniente del tanque séptico y de la trampa para grasa. El efluente se dispone a través de las zanjas en el subsuelo permitiendo su oxidación y disposición (MINSAL, 2009). Previo a su construcción es necesario realizar la prueba de infiltración presentada en el Anexo 13.

##### **A. CRITERIOS TÉCNICOS PARA SU CONSTRUCCIÓN**

Para construir un campo de riego es necesario tener en cuenta (MINSAL, 2009):

- a. Se diseña de acuerdo con prueba de infiltración
- b. El número mínimo de líneas de tubería será de dos
- c. La longitud máxima de línea será de 30 metros
- d. Separación mínima entre líneas de tubería será de 1.80 metros
- e. La profundidad de las zanjas varía de 0.45 - 0.60 metros
- f. El ancho de la zanja debe ser de 0.45 metros como mínimo
- g. La pendiente de las tuberías será de 0.01 - 0.025 metros por cada 10 metros
- h. Longitud de Tuberías:
  - i. En terrenos conformados por arena gruesa: 1.5 metros/persona
  - ii. En terrenos conformados por arena fina: 3.0 metros/persona
  - iii. En terrenos areno-arcillosos: 4.0 metros/persona
  - iv. En terrenos en los que no se disponga de espacio longitudinal suficiente, la tubería debe dividirse en ramales paralelos de tal forma que la sumatoria de los ramales sea igual o mayor a la longitud requerida en el diseño.

##### **B. CONSIDERACIONES DE DISEÑO**

Para la correcta instalación de un campo de riego se debe considerar (MINSAL, 2009):

- a. Debe respetarse las propiedades de absorción del suelo
- b. Para determinar la longitud de la tubería de drenaje se recurre a la prueba de infiltración
- c. Las tuberías que comúnmente se usan son de 3 y 4 pulgadas
- d. Las tuberías deben ser perforadas con dos líneas paralelas de orificios en su parte inferior de  $\frac{1}{4}$  de pulgada de diámetro, a cada 20 centímetros
- e. No deben excavar las zanjas cuando el suelo este húmedo
- f. El tamaño de grava a utilizar en el filtro es de 1.2 a 6.3 centímetros. No debe utilizarse material fino para evitar obstrucción

- g. La altura mínima de grava a colocar bajo los tubos es de 0.15 - 0.20 metros
- h. Colocar por lo menos 30 centímetros de grava bajo el tubo cuando haya árboles o arbustos a 3 metros de distancia
- i. Se recomienda que la excavación se realice en forma manual
- j. La compactación debe realizarse manualmente y sobrellenada con 0.10 a 0.15 metros de tierra
- k. La colocación de los tubos dependerá de la topografía

La profundidad de las zanjas se determina de acuerdo con la elevación del nivel freático y la tasa de infiltración. La profundidad máxima de las zanjas será de 0.60 metros, procurando mantener una separación mínima de 1.20 metros entre el fondo de la zanja y el nivel freático. La zanja de filtración o campo de riego se recomienda cuando los valores de la tasa de infiltración oscilan entre 0.41 a 25 minutos por centímetro y cuando el nivel freático sea menor de 5 metros de profundidad (MINSAL, 2009).

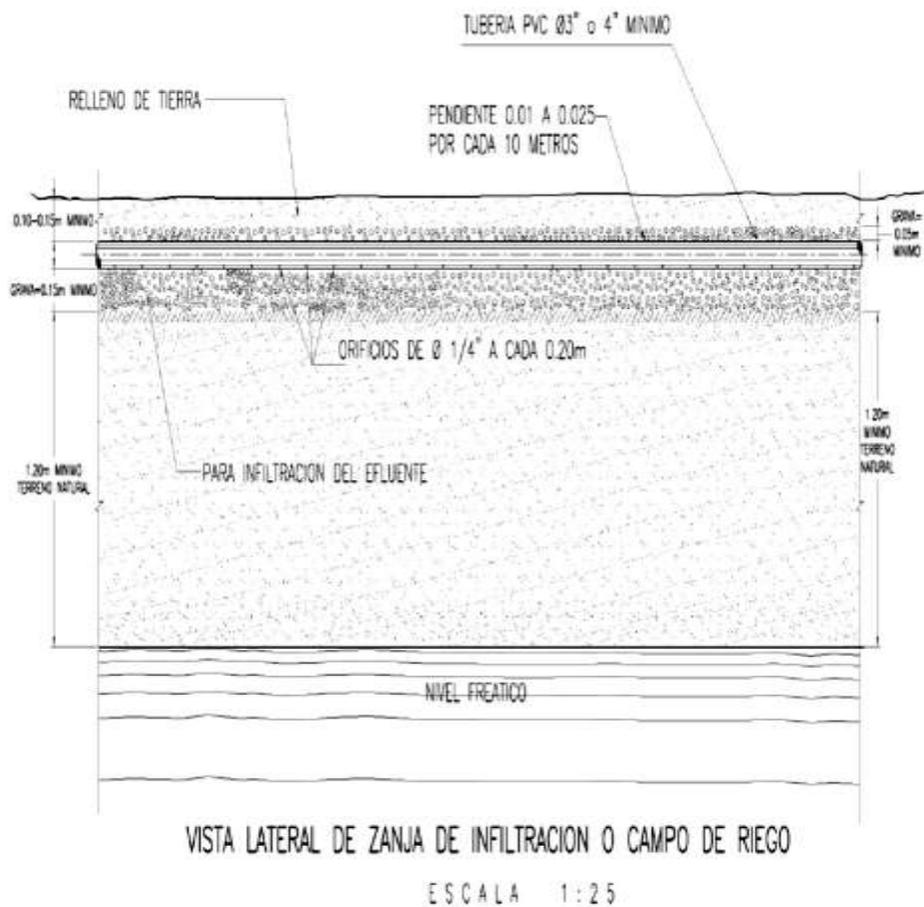
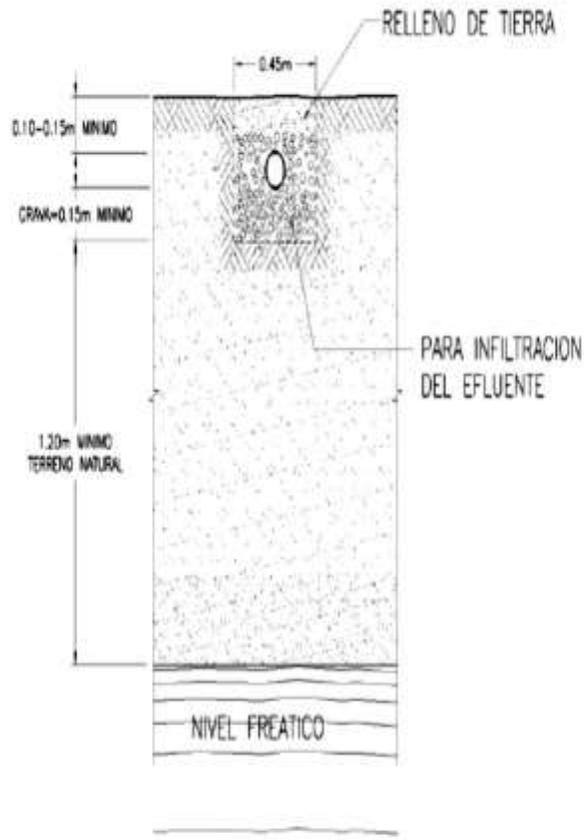
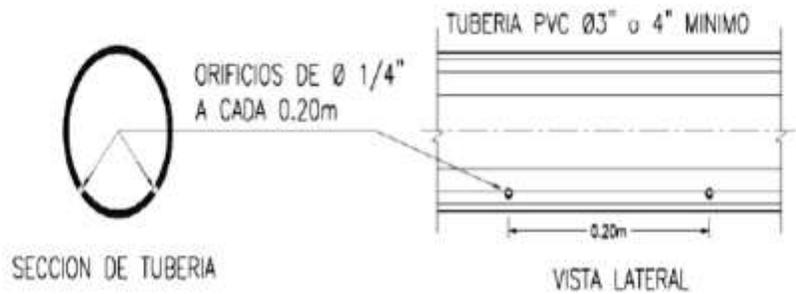


Figura 4.8. Esquema de vista lateral de Zanja de infiltración (MINSAL, 2009).



VISTA DE FRENTE DE  
ZANJA DE INFILTRACION  
ESCALA 1:25

Figura 4.9. Esquema de vista de frente de Zanja de infiltración (MINSAL, 2009).



DETALLE DE ORIFICIOS EN TUBERIA  
ESCALA 1:12.5

Figura 4.10. Detalle de orificios en tubería de Zanja de infiltración (MINSAL, 2009).

### C. COSTO

El diseño de una zanja de infiltración se realiza de acuerdo a la prueba de infiltración del suelo, por tanto, el costo que se detalla a continuación para su construcción es de carácter aproximado y deberá recalcularse una vez realizada dicha prueba.

Entre los criterios técnicos se establece que la longitud de las tuberías depende del tipo de suelo. De acuerdo al Visualizador de información geográfica de evaluación ambiental del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (VIGEA, 2020) el suelo de la Zona de Influencia es del orden de los Andisoles y Clase IV tal como se muestra en la Figura 4.11.

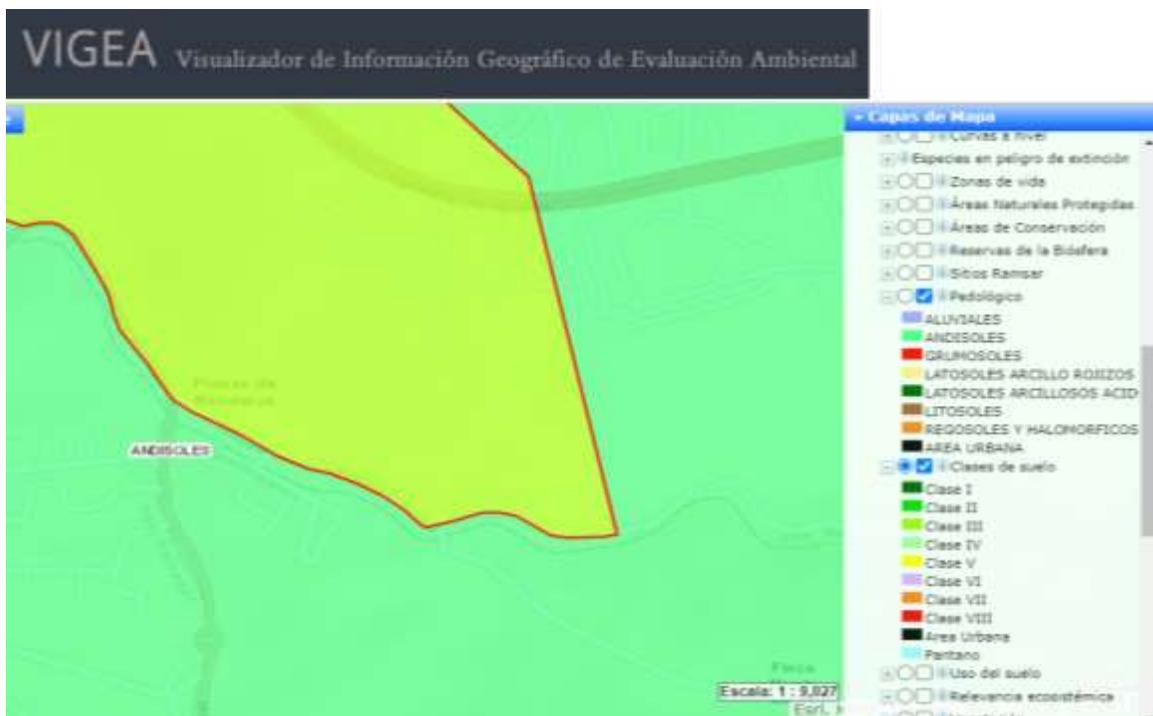


Figura 4.11. Orden y Tipo de suelo de la Zona de Influencia del proyecto.

Los suelos andisoles generalmente están originados de cenizas volcánicas, de distintas épocas y en distintas partes del país, tienen por lo general un horizonte superficial entre 20 y 40 centímetros de espesor, de color oscuro, textura franca y estructura granular. Su capacidad de producción es de alta a muy alta productividad, según la topografía son aptos para una agricultura intensiva mecanizada para toda clase de cultivos (MAG, 2012). Los suelos de Tipo IV Suelos moderadamente profundos, inclinados, porosos, friables, franco-arcillosos a arcillosos y de fertilidad natural baja a media; reacción muy fuertemente ácida a mediana-mente ácida. Susceptibles a la erosión hídrica (OAS, 1996).

De acuerdo a los criterios técnicos, para los terrenos areno-arcillosos como el de la zona de influencia delimitada, la longitud de las tuberías debe ser teóricamente de 4.0 metros/persona, y de acuerdo a la información presentada en la Sección 3.6, en el local comercial seleccionado como modelo, se registra una afluencia de personas promedio de 45, sin embargo, para ejemplificar, de éstas se tomarán un 25%, es decir 12 personas, pues no todas son fuentes directas de generación de agua gris. Por tanto, la longitud de tuberías deberá ser en total de 48 metros, repartidos en 8 líneas, cada una de 6 metros, debido a la poca disponibilidad de espacio longitudinal en el terreno. Dicho dato se ha calculado teóricamente a manera de ejemplo al igual que se sugiere una profundidad de 0.50 metros y el acho de 0.60 metros en la zanja. Los costos estimados se presentan en la Tabla 4.25.

*Tabla 4.25. Costo unitario de construcción de campo de riego.*

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
<b>MATERIALES</b>				
Tuberías de PVC 4 " x 6 mts 100 psi	8	Pieza	\$19.75	\$158.00
Grava No. 1	6.7	m <sup>3</sup>	\$41.80	\$280.06
Tierra Negra	4.4	m <sup>3</sup>	\$8.50	\$37.40
<b>Total</b>				<b>\$475.46</b>
<b>MANO DE OBRA</b>				
Maestro albañil	80	Hora	\$2.50	\$200.00
Ayudante	80	Hora	\$2.00	\$160.00
<b>Total</b>				<b>\$360.00</b>
<b>HERRAMIENTAS</b>				
Arrendamiento de zanjadora	2	Semana	\$400.00	\$800.00
Arrendamiento de otra maquinaria	10	Día	\$15.00	\$150.00
<b>Total</b>				<b>\$950.00</b>
<b>Total utilidad</b>				<b>\$1,785.46</b>
<b>IMPUESTOS</b>				
Impuesto sobre la Renta	10	%		\$36.00
IVA	13	%		\$227.43
<b>TOTAL PRECIO UNITARIO DE CONSTRUCCIÓN CAMPO DE RIEGO</b>				<b>\$2,012.89</b>

### 4.8.3. ZANJA DE ARENA FILTRANTE

Cuando el suelo disponible es relativamente impermeable con tasas de infiltración mayor de los 25 minutos/ centímetro, el empleo de zanjas de infiltración o campo de riego no es recomendable, debido a la extensión del terreno requerido y a su correspondiente costo. En tales casos se puede recurrir a las zanjas de arena filtrante como una alternativa para el tratamiento complementario de efluentes de tanques sépticos (MINSAL, 2009).

Las zanjas de arena filtrante se forman de una serie de zanjas similares a las de infiltración, pero con dos grandes diferencias: la primera, bajo la capa de grava que contiene la tubería de distribución, se le adiciona una capa extra de arena que sirve como medio filtrante, y la segunda, porque el efluente del tanque séptico no es infiltrado en el subsuelo sino drenado en una tubería localizada en la parte inferior de la zanja, bajo de la capa de arena (MINSAL, 2009).

El líquido drenado en la tubería localizada en la parte inferior de la zanja, se deposita en una caja de ladrillo de dimensión de un metro cúbico como mínimo, instalada a una distancia mínima de un metro del límite de las zanjas (para terreno rocoso o nivel freático superficial) o en un pozo de absorción cuando el terreno sea arenoso. Las aguas resultantes de la caja se pueden esparcir en el terreno periódicamente. En caso de instalar un pozo de absorción, el líquido se infiltra en el terreno (MINSAL, 2009).

#### A. CRITERIOS TÉCNICOS PARA SU CONSTRUCCIÓN

Para construir una Zanja de arena filtrante es necesario tener en cuenta (MINSAL, 2009):

- a. Área horizontal: Es el área requerida para el lecho filtrante. Se determina utilizando la siguiente relación:

$$A = \frac{Q * P}{R} \quad (\text{Ecuación 7})$$

Donde:

A= es el área horizontal del lecho filtrante en metros<sup>2</sup>

Q= es la aportación en litros/habitante/día

P= es el número de habitantes del inmueble

R= es la tasa de infiltración en litros/metros<sup>2</sup>/día

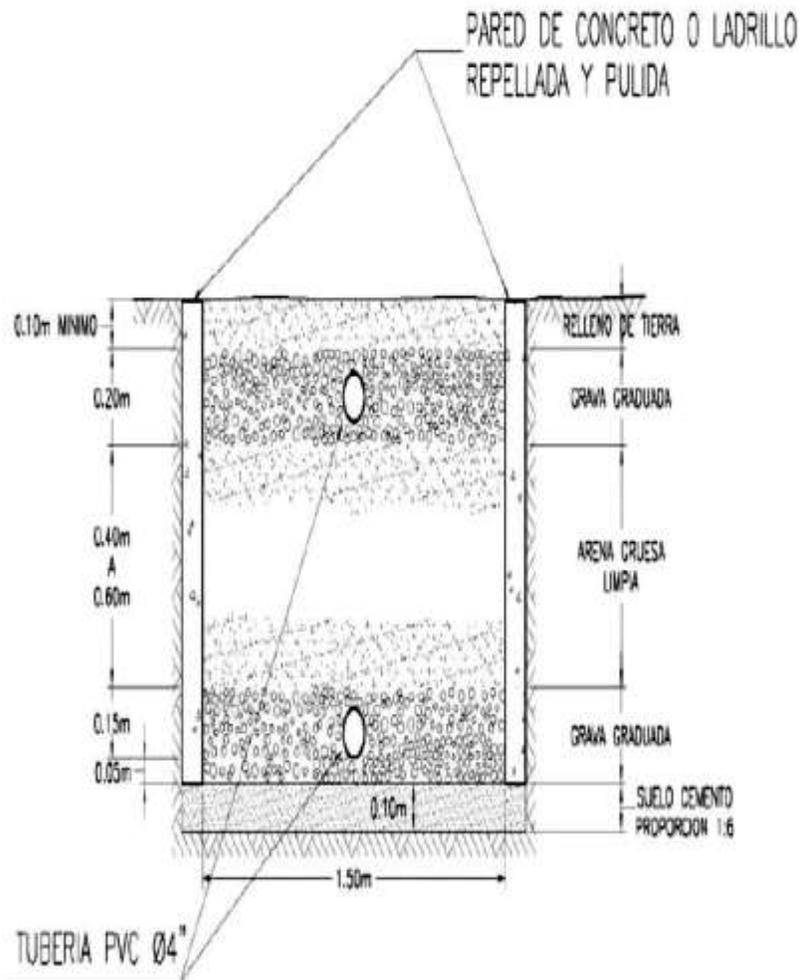
Para realizar la prueba de infiltración para diseño e instalación de la zanja de arena filtrante, se debe utilizar el mismo procedimiento descrito en el Anexo 13: Prueba de permeabilidad para zanja de infiltración o campo de riego

- b. Ancho de la zanja: se recomienda usar el ancho de zanja aproximado de 1.50 metros. Si es necesario el uso de una segunda línea, ésta podrá construirse colindando con la primera, duplicándose el ancho de la zanja. En este caso, sólo se requerirá una tubería de recolección localizada a la distancia media entre las dos
- c. Tuberías de distribución: Las capas de grava que rodean las tuberías de distribución y recolección tendrán un espesor de 0.15 metros; la capa de arena tendrá un espesor entre 0.40 y 0.60 metros, y el recubrimiento de tierra tendrá una profundidad de 0.10 metros
- d. Dosificador: Cuando el área de las zanjas de absorción sobrepase 170 metros<sup>2</sup>, se recomienda la instalación de un elemento dosificador a la salida del tanque séptico. Dicho elemento podrá ser un sifón, una bomba o cualquier otro sistema que cumpla con esta función. El tamaño del tanque y del elemento dosificador estará determinado por las aportaciones a tratar.

## **B. CONSIDERACIONES DE DISEÑO**

- a. Es necesario la construcción de una caja de ladrillo o concreto de una altura mínima de 75 cm
- b. En el fondo de la zanja se coloca una capa de 10 metros al suelo de cemento en proporción 1:6, rellenándola ascendentemente con grava No. 2 hasta 5 metros arriba sobre el tubo inferior
- c. Colocar una capa de arena gruesa limpia hasta una altura máxima de 60 centímetros y otra capa de grava No. 2 sobre la arena gruesa hasta cubrir el tubo superior, rellenando con tierra hasta completar la altura de la caja
- d. Para construir una zanja de arena filtrante se requieren los siguientes materiales:
  - i. Grava o piedra triturada de granulometría variable comprendida entre 20 y 50 milímetros.
  - ii. Arena lavada gruesa que pase 100% la malla número 4, con un tamaño efectivo de 0.30 a 0.60 milímetros.
  - iii. Tubería de 4 pulgadas de diámetro con perforaciones, las tuberías deben ser perforadas con dos líneas paralelas de orificios de ¼ de pulgada de diámetro, a cada 20 centímetros.

En las figuras 4.12 y 4.13 se presentan las vistas por secciones para una zanja de arena filtrante.



### SECCION TRANSVERSAL DE ZANJA DE ARENA FILTRANTE

ESCALA 1:25

Figura 4.12. Esquema de sección transversal de Zanja de arena filtrante (MINSAL, 2009).

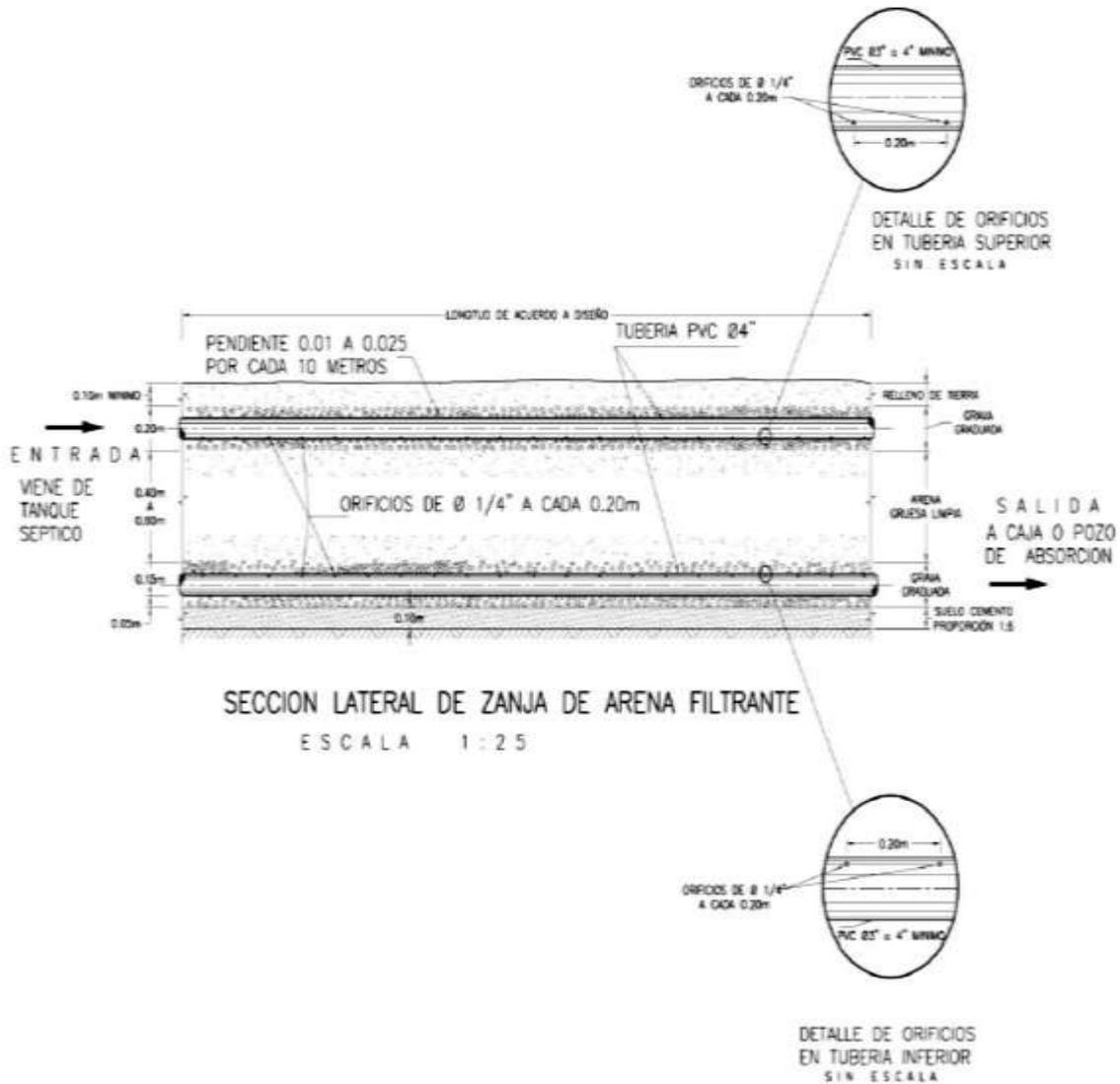


Figura 4.13. Esquema de sección lateral de Zanja de arena filtrante (MINSAL, 2009).

### C. MANTENIMIENTO

El mantenimiento para un campo de riego y de zanja de arena filtrante consiste básicamente en que cuando las zanjas se saturan, debe cambiarse el material filtrante. Durante la limpieza hay que retirar las raíces de árboles aledaños y los objetos que obstaculicen los agujeros de la tubería. Si la tubería se ha deteriorado debe sustituirse por otra similar en buen estado. La duración de este tipo de sistemas, depende en gran parte de los materiales empleados y de una correcta y cuidadosa construcción (MINSAL, 2009).

## D. COSTOS

Tal como en los casos del pozo de absorción y campo de riego, el diseño para una zanja de arena filtrante depende estrictamente de la prueba de infiltración, por tanto, el costeo presentado en la Tabla 4.26. es un aproximado para ilustrar la construcción de la misma.

Tabla 4.26. Costo unitario de construcción de Zanja de Arena Filtrante.

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
<b>MATERIALES</b>				
Tuberías de PVC 4" x 6 mts 100 psi	4	Pieza	\$19.75	\$79.00
Ladrillo de obra rojo de 7 cm	230	Pieza	\$0.25	\$57.50
Cemento Portland fuerte gris	654.5	Libra	\$0.0878	\$57.47
Arena	9	m <sup>3</sup>	\$16.75	\$150.75
Grava No. 1	3.5	m <sup>3</sup>	\$41.80	\$146.30
Tierra Negra	1.5	m <sup>3</sup>	\$8.50	\$12.75
<b>Total</b>				<b>\$503.77</b>
<b>MANO DE OBRA</b>				
Maestro albañil	40	Hora	\$2.50	\$100.00
Ayudante	40	Hora	\$2.00	\$80.00
<b>Total</b>				<b>\$180.00</b>
<b>HERRAMIENTAS</b>				
Arrendamiento de zanjadora	1	semana	\$400.00	\$400.00
Arrendamiento de otra maquinaria	5	día	\$15.00	\$75.00
<b>Total</b>				<b>\$475.00</b>
<b>Total utilidad</b>				<b>\$1,158.77</b>
<b>IMPUESTOS</b>				
Impuesto sobre la Renta	10	%		\$18.00
IVA	13	%		\$148.30
<b>TOTAL PRECIO UNITARIO DE CONSTRUCCIÓN ZANJA DE ARENA</b>				<b>\$1,307.06</b>

Una vez realizada la prueba de infiltración de acuerdo al sistema de infiltración seleccionado, las Tablas matrices 4.24, 4.25 y 4.26 deberán modificarse en cuanto a cantidad de materiales, los costos individuales para dichos sistemas se detallan en el Anexo 14.

#### 4.8.4. SELECCIÓN DE SISTEMA DE INFILTRACIÓN

Anteriormente se han descrito tres tipos de sistemas de infiltración: pozo de absorción, zanja de infiltración o campo de riego y zanja de arena filtrante de acuerdo a la Guía técnica sanitaria para la instalación y funcionamiento de sistemas de tratamiento individuales para aguas negras y grises (MINSAL, 2009).

Para poder determinar cuál sistema de infiltración resulta más adecuado al agua gris tratada de la zona en estudio, enlistaremos las desventajas y ventajas de cada uno de los sistemas en las Tablas 4.27 y 4.28 respectivamente.

Tabla 4.27. Desventajas de sistemas de infiltración.

DESVENTAJA	SISTEMA DE INFILTRACIÓN		
	POZO DE ABSORCIÓN	CAMPO DE RIEGO	ZANJA DE ARENA
La limpieza puede ser foco de contaminación si no se trata de manera adecuada			
Requiere se disponga de un espacio para poder aplicar cal y secar los residuos de la limpieza			
Si el pozo no se cuida adecuadamente puede saturarse y requiere la construcción de una nueva estructura			
Requiere se disponga adecuadamente de los materiales filtrantes una vez esté saturado el sistema			
La tubería debe cambiarse debido al deterioro al que se puede exponer por estar en condiciones de humedad permanente			
Requiere grandes extensiones de terreno para su instalación y por ende, mayor costo de construcción			

De acuerdo a la Tabla 4.27 las tres alternativas poseen la desventaja de ser foco de contaminación, lo cual deberá mitigarse acatando todas las medidas de mantenimiento descritas en cada sistema. La desventaja número seis, del requerimiento de grandes extensiones de terreno resulta trascendental en la selección del sistema de infiltración, a causa de la poca disponibilidad del terreno del local en estudio y la zona de influencia en general, por lo que no es posible implementar un sistema con esa característica.

*Tabla 4.28. Ventajas de sistemas de infiltración*

VENTAJA	SISTEMA DE INFILTRACIÓN		
	POZO DE ABSORCIÓN	CAMPO DE RIEGO	ZANJA DE ARENA
No requiere mantenimiento de alto costo			
La limpieza oportuna permite el incremento de la vida útil			
Materiales de relleno son de precio accesible			
Requiere menos espacio en comparación de otros sistemas de infiltración y por ende menor costo de construcción			

De acuerdo a la Tabla 4.28. el pozo de absorción posee una ventaja adicional respecto al campo de riego y la zanja de arena filtrante, pues éste requiere menos espacio en comparación de otros sistemas de infiltración, y debido a la poca extensión de terreno disponible en la mayoría de los locales comerciales de la Zona turística, este factor resulta altamente determinante.

Debido a lo anterior, en el estudio detallado de las propuestas a generar, el único sistema de infiltración a considerar será en efecto el pozo de absorción, pero debe tenerse en cuenta que para aceptar éste o cualquier otro sistema de infiltración es estrictamente necesario realizar un estudio de suelo en la zona a instalarse. En los Anexos 12 y 13 se presentan los procesos recomendados por el MINSAL para realizar la prueba de permeabilidad y conocer la tasa de absorción del suelo y, a partir de esta diseñar adecuadamente dichos sistemas.

#### 4.9. GENERACIÓN DE ALTERNATIVAS DE TRATAMIENTO

Una vez expuestas las opciones para los sistemas de pretratamiento, tratamiento primario e infiltración, se pueden generar todas las alternativas posibles para el tratamiento de agua gris, tal como se presentan en la Tabla 4.29. con sus respectivos costos de implementación.

Tabla 4.29. Costos de alternativas preliminares para sistema de tratamiento de agua gris.

ALTERNATIVA	PRE TRATAMIENTO	TRATAMIENTO PRIMARIO	SISTEMA DE INFILTRACIÓN	COSTO TOTAL
1	Sistema de mallas	Trampa de grasa pre-fabricada	Pozo de absorción	<b>\$1,169.04</b>
	\$68.00	\$289.00	\$812.04	
2	Sistema de mallas	Biodigestor Autolimpiable	Pozo de absorción	<b>\$1,555.04</b>
	\$68.00	\$675.00	\$812.04	
3	Sistema de mallas	Trampa de grasa No pre-fabricada	Pozo de absorción	<b>\$1,150.81</b>
	\$68.00	\$270.77	\$812.04	
4	Sistema de mallas	Trampa de grasa pre-fabricada	Campo de Riego	<b>\$2,369.89</b>
	\$68.00	\$289.00	\$2,012.89	
5	Sistema de mallas	Biodigestor Autolimpiable	Campo de Riego	<b>\$2,755.89</b>
	\$68.00	\$675.00	\$2,012.89	
6	Sistema de mallas	Trampa de grasa No pre-fabricada	Campo de Riego	<b>\$2,351.66</b>
	\$68.00	\$270.77	\$2,012.89	
7	Sistema de mallas	Trampa de grasa pre-fabricada	Zanja de Arena Filtrante	<b>\$1,664.06</b>
	\$68.00	\$289.00	\$1,307.06	
8	Sistema de mallas	Biodigestor Autolimpiable	Zanja de Arena Filtrante	<b>\$2,050.06</b>
	\$68.00	\$675.00	\$1,307.06	
9	Sistema de mallas	Trampa de grasa No pre-fabricada	Zanja de Arena Filtrante	<b>\$1,645.83</b>
	\$68.00	\$270.77	\$1,307.06	

De acuerdo a la información de las etapas de tratamiento presentada en la Tabla 4.29. se tienen nueve alternativas posibles para sistemas de tratamiento de agua gris, sin embargo, es necesario tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- a. La alternativa uno considera un sistema de mallas como pretratamiento, una trampa de grasa pre-fabricaba como sistema de tratamiento primario y un pozo de absorción como sistema de infiltración, el precio estimado de esta alternativa es de \$1,169.04 y se considera viable su estudio
- b. La alternativa dos considera un sistema de mallas como pretratamiento, un tanque Biodigestor Autolimpiable como sistema de tratamiento primario y un pozo de absorción como sistema de infiltración, el costo total estimado de esta alternativa es de \$1,555.04 y se considera viable su estudio
- c. La alternativa tres considera un sistema de mallas como pretratamiento, una trampa de grasa no pre-fabricaba como sistema de tratamiento primario y un pozo de absorción como sistema de infiltración, sin embargo, de acuerdo a lo establecido en la sección 4.7.1. no se recomienda como primera opción la construcción de una trampa de grasa por las acciones de remodelación necesarias para su instalación y el rendimiento. El precio estimado de esta alternativa es de \$1,150.81 pero no se considera recomendable su estudio
- d. La alternativa número cuatro considera un sistema de mallas como pretratamiento, una trampa de grasa pre-fabricaba como sistema de tratamiento primario y como sistema de infiltración considera un campo de riego o zanja de infiltración. El costo estimado de esta alternativa es de \$2,369.89, sin embargo, en la sección 4.8.4. no se recomienda la implementación de un campo de riego por el requerimiento de grandes extensiones de terreno, por tanto, esta alternativa no se considera viable
- e. La alternativa número cinco considera un sistema de mallas como pretratamiento, un tanque Biodigestor Autolimpiable como sistema de tratamiento primario y, como sistema de infiltración considera un campo de riego o zanja de infiltración. El costo estimado de esta alternativa es de \$2,755.89 y es el más alto de todos, sin embargo, en la sección 4.8.4. no se recomienda la implementación de un campo de riego por el requerimiento de grandes extensiones de terreno, por tanto, esta alternativa no se considera viable
- f. La alternativa número seis considera un sistema de mallas como pretratamiento, una trampa de grasa no pre-fabricaba como sistema de tratamiento primario y como sistema de infiltración considera un campo de riego o zanja de infiltración, el costo

estimado de esta alternativa es de \$2,351.66, sin embargo, conforme a lo previamente establecido en la sección 4.7.1. no se recomienda como primera opción la construcción de una trampa de grasa como sistema de tratamiento primario por las acciones de remodelación necesarias para su instalación y el rendimiento; de igual manera, en la sección 4.8.4. no se recomienda la implementación de un campo de riego por el requerimiento de grandes extensiones de terreno para su construcción, por tanto, esta alternativa no se considera viable

- g. La alternativa número siete considera un sistema de mallas como pretratamiento, una trampa de grasa pre-fabricada como sistema de tratamiento primario y como sistema de infiltración considera una zanja de arena filtrante. El costo estimado de esta alternativa es de \$1,664.06, sin embargo, en la sección 4.8.4. no se recomienda la implementación de una zanja de arena filtrante por el requerimiento de grandes extensiones de terreno, por tanto, esta alternativa no se considera viable
- h. La alternativa número ocho considera un sistema de mallas como pretratamiento, un tanque Biodigestor Autolimpiable como sistema de tratamiento primario y para sistema de infiltración considera una zanja de arena filtrante. El costo estimado de esta alternativa es de \$2,050.06, sin embargo, en la sección 4.8.4. no se recomienda la implementación de una zanja de arena filtrante por el requerimiento de grandes extensiones de terreno, por tanto, esta alternativa no se considera viable
- i. La alternativa número nueve considera un sistema de mallas como pretratamiento, una trampa de grasa no pre-fabricada como sistema de tratamiento primario y como sistema de infiltración considera una zanja de arena filtrante. El costo estimado de esta alternativa es de \$1,645.83, sin embargo, conforme a lo establecido en la sección 4.7.1. no se recomienda como primera opción la construcción de una trampa de grasa como sistema de tratamiento primario por las acciones de remodelación necesarias para su instalación y el rendimiento; de igual manera, en la sección 4.8.4. no se recomienda la implementación de una zanja de arena filtrante por requerir de grandes extensiones de terreno para su construcción, por tanto, esta alternativa no se considera viable.

De acuerdo a las consideraciones anteriores, las alternativas que se estudiarán más a profundidad son las alternativas uno y dos; por consiguiente, las alternativas tres hasta la nueve no se consideran viables y no se tendrán en cuenta en las secciones subsiguientes.

#### 4.10. ALTERNATIVA 1: SISTEMA PARA TRATAMIENTO DE AGUA GRIS

Este sistema está compuesto por el sistema de rejillas/ mallas como pre tratamiento, trampa de grasa pre fabricada para tratamiento primario según las condiciones de disponibilidad de espacio, así como por las ventajas en el manejo y mantenimiento de la misma; y para la disposición del agua tratada se hará por medio de un pozo de absorción como sistema de infiltración debido a las condiciones del lugar de poca disponibilidad de espacio en el local. Su esquema correspondiente se muestra en la Figura 4.14.

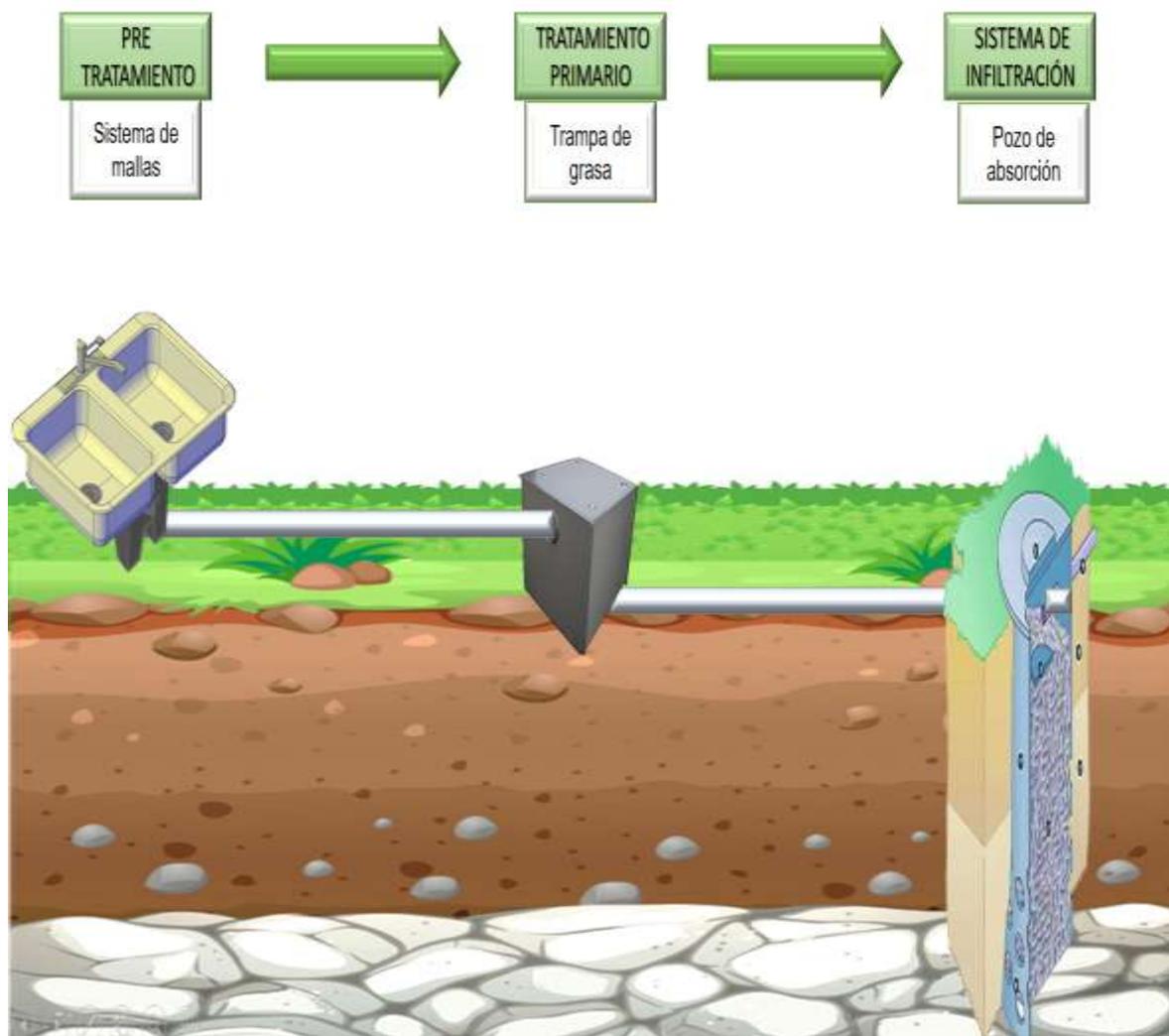


Figura 4.14. Esquema de Alternativa 1 de sistema para tratamiento de Agua gris.

El costo unitario estimado para la implementación de la Alternativa uno es de \$1169.04 y un costo de mantenimiento anual de \$203.40.

#### 4.11. ALTERNATIVA 2: SISTEMA PARA TRATAMIENTO DE AGUA GRIS.

Este sistema está conformado por un sistema de rejillas/mallas como pre tratamiento que busca la remoción de sólidos de diversos tamaños y reducir de gran manera la entrada de los mismos al tratamiento primario, para el cual se seleccionó la opción de la instalación de un Biodigestor Autolimpiable, éste remueve las grasas y aceites presentes en el agua, así como una depuración más profunda, el agua a la salida se sugiere sea dirigida a un pozo de absorción. Como ventaja presenta que es de fácil mantenimiento y no requiere personal con alta capacidad para su manejo. Su esquema correspondiente se muestra en la Figura 4.15.

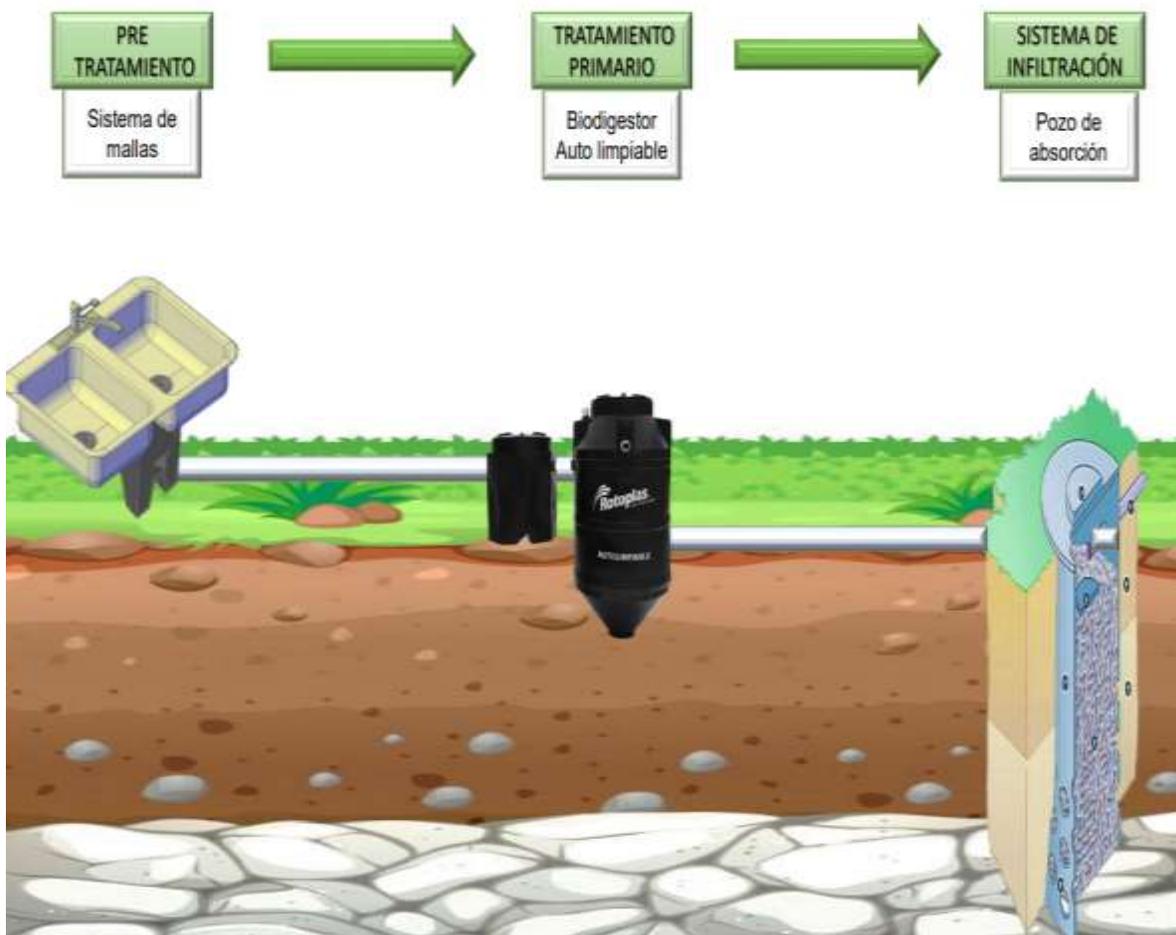


Figura 4.15. Esquema de Alternativa 2 de sistema para tratamiento de Agua gris.

El costo unitario estimado para la implementación de la Alternativa dos es de \$1555.04 y un costo de mantenimiento anual de \$3.50

#### 4.12. SELECCIÓN DE ALTERNATIVA PARA SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA GRIS

Para seleccionar la alternativa más factible para el tratamiento de agua gris se tendrán en cuenta los siguientes criterios, especialmente para el tratamiento primario, debido a que el pre-tratamiento y sistema de infiltración es constante en ambas alternativas:

- a. Extensión de terreno
- b. Mantenimiento práctico
- c. Costo de implementación
- d. Calidad del efluente.

Cabe mencionar que el orden de presentación de los criterios no está necesariamente relacionado a prioridad y los mismos se detallan en la Tabla 4.30. presentada a continuación.

*Tabla 4.30. Criterios de selección de Alternativa para sistema de tratamiento de Agua gris.*

CRITERIO	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2
Extensión de terreno	Requiere menos espacio, pero para su instalación se requiere la reubicación de las tuberías de desagüe para adaptarlas a una misma entrada	Requiere más espacio para su instalación, y puede no ser necesario la reubicación de las tuberías del local y la conexión al desagüe actual del comercio
Mantenimiento	Se debe realizar la limpieza del equipo como mínimo una vez a la semana, se requiere además del establecimiento de un protocolo para la limpieza y el tratamiento adecuado de las grasas y aceites retenidos previos a su disposición final	Se debe realizar una vez al año, no requiere personal técnico capacitado, el procedimiento consiste en la apertura de la válvula de depuración para que los lodos fluyan al tanque de lodos y ahí darles el tratamiento adecuado, posterior debe dársele una disposición adecuada preferiblemente con cal, cuya cantidad dependerá de la capacidad del equipo

*Continúa...*

Tabla 4.30. Criterios de selección de Alternativa para sistema de tratamiento de Agua gris (Continuación).

CRITERIO	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2
Costo	El costo unitario estimado para su implementación es de \$1169.04 y debe de agregarse el costo anual de disposición de lodos estimado en \$203.40, además del costo de oportunidad en caso se requiera cerrar parcial o totalmente el local para realizar el mantenimiento	El costo unitario estimado para su implementación es de \$1555.04 y debe agregarse el costo anual de mantenimiento que se estima es de \$3.50 y el costo de oportunidad en caso se requiera cerrar parcial o totalmente el local comercial para realizar el mantenimiento
Calidad del Efluente	La remoción de contaminantes se concentra únicamente para grasas y aceites, y dicha eficiencia de remoción real no es superior al 50%	La remoción de contaminantes es superior respecto a la alternativa 1, ya que presenta una eficiencia de remoción teórica para los parámetros:  DBO: 94% DQO: 88% SSed: 98% A y G: 93%  Mantiene estabilizado el pH

Tomando en cuenta todos los criterios mencionados en la presente sección y con ayuda de la Tabla 4.30. para visualizar las ventajas y desventajas, se permite determinar que, entre las dos alternativas estudiadas, la que resulta más viable para ser implementada en el local comercial estudiado es la Alternativa dos, debido principalmente porque esta alternativa sugiere la utilización de un Biodigestor, del cual se espera una mayor remoción de contaminantes en el agua gris, lo cual permite tener una pauta para el posible aprovechamiento de esta agua tratada en un proceso de reutilización, como está planteado en uno de los objetivos específicos de este proyecto y que se plantea en la siguiente sección, dicha propuesta deberá ser aprobada respectivamente por las instituciones responsables previo a implementarse en el local comercial.

#### 4.13. PROPUESTA PARA REUTILIZACIÓN DE AGUA GRIS

Según información presentada en la sección 1.9.2, lo establecido por el RTS 13.05.01:18 y el Decreto No.29 (2019) de acuerdo a la reutilización de aguas, es el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales quien debe establecer el tipo de uso que se le puede dar al agua gris tratada según los listados en la Tabla 1.4, tomando en cuenta la composición y características del agua a la salida del tratamiento.

Tomando como referencia el sistema de tratamiento para agua gris seleccionado y presentado en la sección 4.11 con la Alternativa 2, el intervalo de confianza al 95% establecido con el análisis estadístico de la caracterización de agua gris presentados en las Tablas 4.1. a la 4.8, y la información técnica del Biodigestor relacionada a los niveles de eficiencia de remoción presentada en la Tabla 4.22, se espera que los parámetros del agua a la salida de la etapa del tratamiento primario se encuentren entre los rangos presentados en la Tabla 4.31.

*Tabla 4.31. Rango de valores esperados del efluente de Biodigestor Autolimpiable RP-600 (ROTOPLAS, 2020).*

PARÁMETRO	EFICIENCIA DE REMOCIÓN	LÍMITE INFERIOR	LÍMITE SUPERIOR	VALOR MÍNIMO ESPERADO	VALOR MÁXIMO ESPERADO
<b>DBO<sub>5</sub> (mg/l)</b>	94%	1552.06	6814.44	93.12	408.87
<b>DQO (mg/l)</b>	88%	3352.57	13627.43	402.31	1635.29
<b>AyG (mg/l)</b>	93%	55.20	760.30	3.86	53.22
<b>SSed (ml/l)</b>	98%	13.10	20.90	0.26	0.42

Como se observa en la Tabla 4.31, no todos los parámetros quedan dentro de los límites permisibles establecidos por el RTS 13.05.01:18, por lo cual resulta necesario realizar un estudio a mayor profundidad para determinar si es posible utilizarse el agua tratada en diversas actividades en la zona.

Debido a lo anterior se propone tomar en cuenta el reúso Tipo 1 donde se establece que el agua gris tratada puede ser utilizada en fuentes ornamentales, lavado de automóviles, combate de incendios, limpieza de calles y otros con similares accesos o exposición al agua, en caso que el MARN otorgara el permiso correspondiente para dicha actividad.

#### 4.14. PROPUESTA DE SANEAMIENTO

Además del tratamiento de agua gris y su reutilización, es importante tener en cuenta ciertas medidas de saneamiento para los locales comerciales. Por lo cual se presenta en la Tabla 4.32. a continuación un procedimiento de limpieza para optimizar el lavado de los utensilios de cocina, con el fin de remover sólidos gruesos, microorganismos y demás contaminantes de los recipientes adecuadamente. Se ha tenido en cuenta esta actividad, por ser la que mayor caudal de agua gris ha generado de acuerdo a los datos recolectados experimentalmente

Tabla 4.32. Manual para limpieza de utensilios de cocina.

<b>MANUAL DE LIMPIEZA</b>	
<b>OBJETIVO</b>	Establecer un protocolo de limpieza de utensilios de cocina a mano para mejorar las medidas de saneamiento del local comercial, con el fin de llevar a cabo una la sanitización adecuada de los mismos que incluyen: ollas, cubiertos, platos, vasos, tazas, entre otros; y así, evitar posibles focos de enfermedades, así como reducir el volumen de agua a utilizar para la actividad.
<b>PROCEDIMIENTO</b>	
<b>1</b>	Remover sólidos de tamaños medianos a grandes previo a ingresar a un recipiente con agua
<b>2</b>	Raspar con una espátula metálica, de tamaño variable para que se adecue a los utensilios, y remover la capa sólida que se pudo haber formado sobre la superficie del mismo
<b>3</b>	Lavar con una disolución de jabón líquido o detergente en polvo y de ser posible utilizar un mascón para la remoción de residuos
<b>4</b>	Enjuagar los utensilios con agua limpia para remover el jabón o el detergente utilizado
<b>5</b>	Desinfectar los utensilios utilizando una dilución de agua con cloro
<b>6</b>	Secar al aire de los utensilios

#### **4.15. DIAGNÓSTICO DEL MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS**

Entre los locales de la Zona Comercial del Mirador de los Planes de Renderos si bien, la mayoría de los mismos están dedicados al servicio gastronómico, hay locales dedicados a comercios como farmacias, laboratorios clínicos, salones de belleza, talleres de mantenimiento automotriz, unidad de salud, entre otros; tal y como se describe en el inventario que se presenta en la Tabla 2.2, no están ubicados según su giro o función, por lo que a simple vista se percibe desorden en la presentación de éstos negocios.

En la infraestructura de la zona no se cuenta con un área destinada para la recolección de desechos, ni su posterior tratamiento, debido a lo cual, se requiere sean trasladados a un relleno sanitario para su disposición final.

En el instrumento diseñado para la recolección de información, como se define en la sección 3.5, el total de la muestra poblacional seleccionada afirma que la recolección de desechos sólidos por parte de la municipalidad se lleva a cabo diariamente, sin embargo, a lo largo de las visitas exploratorias realizadas se observa una cantidad de contenedores de desechos insuficientes para el lugar en las vías públicas

En lo que respecta a los negocios comerciales, en su mayoría mantienen los contenedores a la vista de todos, generando con ello un mal aspecto y además moscas y malos olores. Posteriormente, estos desechos no reciben ningún tipo de clasificación trascendente, ni mucho menos se reciclan o transforman en productos que pudiesen beneficiar a los mismos comerciantes de la localidad.

#### **4.16. PROPUESTAS PARA MANEJO INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS**

Debido a la situación actual, es necesario tomar acciones inmediatas que permitan reducir el impacto ambiental y social que produce la acumulación de residuos sólidos en la Zona Turística, y emprender actividades que contemplen desde la generación, separación hasta el almacenamiento de éstos; actividades mismas que estén enfocadas en la construcción e instalación de un centro de acopio que contemple además de la selección, separación y tratamiento, el aprovechamiento de residuos sólidos tanto orgánicos como inorgánicos que se generan diariamente a nivel local. Dichas propuestas se describirán en las secciones subsiguientes.

#### 4.16.1. PROPUESTA DE SEGREGACIÓN EN LA FUENTE

Para realizar una correcta separación en la fuente de los residuos sólidos generados en la zona turística, se recomienda instalar contenedores de un material resistente y cuyo diseño y capacidad optimicen el proceso de almacenamiento, y, ubicarlos estratégicamente cada 5 o 6 locales comerciales, deben estar visibles y perfectamente identificados, deben ser del color correspondiente a la clase de residuos que se va a depositar en ellos de acuerdo a lo que se especifica en la Tabla 4.33. y Figura 4.16. presentadas a continuación.

*Tabla 4.33. Contenedores para Reciclaje según tipo de desecho sólido (Color, 2018).*

COLOR	TIPOS DE DESECHOS
<b>AZUL</b>	Deben depositarse todo tipo de papeles, cartones, periódicos, revistas, folletos de publicidad, papel de envolver, cajas de cartón, folios, bolsas de papel, cartulina, sobres, facturas, etc. No deberá introducirse papel sucio, restos de medicamentos, papel aluminio, envases tipo tetra brick, papeles plastificados o material metálico de cuadernos.
<b>AMARILLO</b>	Deben depositarse todo tipo de envases y productos fabricados con plásticos y metales, como botellas, envases de alimentación o bolsas, corcho blanco, envoltorios, papel de film, tetra bricks, latas de conserva o refresco, botes de desodorantes, papel aluminio y latas. No deberán introducirse cintas magnéticas, juguetes, cepillos, tuberías PVC, persianas, sartenes, cubiertos y electrodomésticos.
<b>VERDE</b>	Deben depositarse envases de vidrio. Es importante no utilizar estos contenedores verdes para porcelanas, espejos, bombillas, cristales de ventanas, cerámicas, piedras, ladrillos, gafas o frascos de medicamentos, ya que encarecen notablemente el reciclaje de este tipo de material. En la medida de lo posible, se debe eliminar cualquier tipo de material como tapones de corcho, metales o papel que puedan contener algunas botellas o envases. También debe retirarse la tapa ya que ésta deberá reciclarse por norma general en el contenedor amarillo.
<b>ROJO</b>	Aunque suelen ser poco habituales, resultan muy útiles y es uno de los que evitan una mayor contaminación ambiental. Pueden considerarse para almacenar desechos peligrosos como baterías, pilas, insecticidas, aceites, aerosoles, o productos tecnológicos.

*Continúa...*

Tabla 4.33. Contenedores para Reciclaje según tipo de desecho sólido (Color, 2018),  
(Continuación).

COLOR	TIPOS DE DESECHOS
<b>GRIS</b>	Deben depositarse cualquier otro tipo de residuos en general. Se depositan principalmente en ellos materia biodegradable como desperdicios de comida, restos de vegetales, restos de comida de animales, restos de café, papeles engrasados o plastificados que hayan contenido algún alimento, retales de tela, ceniza proveniente de barbacoa, corchos, etc. No deberán introducirse en este tipo de recipientes restos de podas o cadáveres de mascotas.
<b>NARANJA</b>	Se utilizan exclusivamente para material orgánico



Figura 4.16. Contenedores para Reciclaje según tipo de desecho sólido (Color, 2018).

#### **4.16.2. PROPUESTA DE UN MODELO DE CENTRO DE ACOPIO PARA DESECHOS SÓLIDOS**

La construcción de un centro de acopio está enfocada directamente para que los locatarios no acumulen sus basuras si no que puedan depositar sus residuos en contenedores para que posteriormente puedan reciclarlos y reutilizarlos. Para poder implementar esta propuesta es necesario adquirir equipo y mano de obra para la clasificación, separación y reciclaje de los desechos oportunamente.

La finalidad de proponer un proyecto de centro de acopio es fundamentalmente el reciclaje y la recuperación de la materia orgánica e inorgánica que diariamente es generada en los locales comerciales, y así reducir la contaminación que afectan los alrededores debido a la acumulación de residuos sólidos sin ningún tipo de control; además inducir a la población a la práctica de la separación y clasificación desde su origen.

##### **A. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN**

El terreno físico para la construcción deberá estar ubicado en un lugar considerablemente cercano al sitio turístico, para evitar que la acumulación de basuras se convierta en foco de contaminación. También se debe garantizar que el terreno a construir tenga vías de acceso tanto para vehículos livianos como pesados y contemplar un área para la carga y descarga (Quiñónez, 2016). Para determinar el diseño de las áreas dentro del centro de acopio se deberán tener en cuenta las especificaciones de almacenamiento temporal reguladas por el Reglamento especial sobre el manejo de desechos sólidos, pues según su Artículo No. 5 en aquellos casos en que se establezcan sitios de almacenamiento colectivo temporal de desechos sólidos en las edificaciones habitables, deberán cumplir, en su grado mínimo, con las siguientes especificaciones (MARN, 2000):

- a. Los sistemas de almacenamiento temporal deberán permitir su fácil limpieza y acceso
- b. Los sistemas de ventilación, suministro de agua, drenaje y de control de incendios, serán los adecuados
- c. El diseño deberá contemplar la restricción al acceso de personas no autorizadas y de animales; y
- d. Los sitios serán diseñados para facilitar la separación y la recuperación de materiales con potencial reciclable.

Según dicta el Artículo No. 6, los contenedores para el almacenamiento temporal de desechos sólidos, deberán cumplir los siguientes requisitos mínimos (MARN, 2000):

- a. Estar adecuadamente ubicados y cubiertos
- b. Tener adecuada capacidad para almacenar el volumen de desechos sólidos generados
- c. Estar contruidos con materiales impermeables y con la resistencia necesaria para el uso al que están destinados
- d. Tener un adecuado mantenimiento; y
- e. Tener la identificación relativa al uso y tipos de desechos.

Otras consideraciones a considerar en el diseño según (Quiñónez, 2016) son las siguientes:

- f. Determinar el flujo y tipo de los desechos sólidos
- g. Cuantificar las características de los residuos, principalmente su densidad, humedad y composición
- h. Realizar un estudio de impacto ambiental, de suelo y gestionar los respectivos permisos y licencias de construcción en las instituciones correspondientes
- i. Definir áreas mínimas de funcionamiento por etapa
- j. El área de acopio inicial deberá estar diseñada para albergar los residuos mínimo 3 días y máximo 7 días según flujo de desechos
- k. El área de almacenamiento de los residuos orgánicos deberá estar adecuada con un sistema para manejo de lixiviados
- l. El área de almacenamiento y embalaje deberá estar separada del área para acopio inicial para evitar que el material reciclado se vuelva a contaminar
- m. Deberá contar con abastecimiento de agua potable suficiente para garantizar la limpieza de todas las instalaciones y equipo
- n. Las instalaciones eléctricas deberán ser las apropiadas para el abastecimiento de corriente eléctrica requerida para funcionamiento del equipo que sea necesario y contar con un sistema de abastecimiento alterno en caso de falla o de emergencia
- o. Evitar el ingreso de personas ajenas al personal autorizado y animales que puedan generar contaminación
- p. Deberán gestionarse trámites para el caso de los materiales obtenidos al final del proceso se vayan a comercializar.

## **B. EQUIPOS MÍNIMOS REQUERIDOS**

Para el funcionamiento adecuado de un centro de acopio para desechos sólidos se debe garantizar como mínimo la existencia del siguiente equipo (Quiñónez, 2016):

- a. Mesas
- b. Báscula
- c. Carretillas
- d. Montacargas
- e. Herramientas de mano
- f. Manguera con equipo hidroneumático
- g. Flejadora manual
- h. Contenedores de colores según tipo de desechos
- i. Tarimas de madera
- j. Equipo para corte
- k. Sierra circular
- l. Camiones de carga
- m. Tambos y toneles
- n. Escobas y cepillos
- o. Trapeadores y mopas
- p. Overoles, cascos, guantes, mascarillas y botas para el personal
- q. Botiquín de primeros auxilios.

## **C. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO**

El principal objetivo de un centro de acopio es, obtener mejoras en el proceso de manejo de desechos sólidos antes de su disposición final, velando por el desarrollo de actividades de manera abierta en el seno de la comunidad con un sentido responsable en el cuidado de la salud y del medio ambiente implementando planes, programas y proyectos orientados a la concientización de la comunidad en manejo de los procesos de residuos sólidos donde se involucre directamente a la población (Quiñónez, 2016).

El Centro de acopio diseñado cuenta con 8 etapas obligatorias que van desde la generación de residuos como tal, hasta su empaque y embalaje una vez clasificados y limpios. A su vez se propone una etapa opcional que consiste en una transformación de los productos reciclados para su aprovechamiento y darles un valor agregado, el proceso unificado se describe en la Tabla 4.34.

Tabla 4.34. Descripción del proceso de reciclaje de desechos sólidos  
(Arias, Rivas y Vega, 2014).

ETAPA	DESCRIPCIÓN
<b>Generación de residuos</b>	Consiste en la generación de los diferentes tipos de residuos sólidos por los locales comerciales de la Zona turística
<b>Recolección de residuos</b>	La Municipalidad de Panchimalco será la responsable de recoger todos los desechos generados en camiones recolectores diariamente
<b>Acopio Inicial</b>	Los camiones recolectores trasladarán los desechos generados a los tanques de acopio de diferentes volúmenes, y con ayuda de movimientos oscilatorios y aire a alta presión a temperaturas de 40°C, reducirán la humedad de los desechos y eliminarán aquéllos <10 mm de espesor
<b>Descompactación</b>	De la zona de descarga de los tanque los desechos se trasladarán a las bandas transportadoras donde se verterán y des compactarán preliminarmente, se romperán bolsas y se deberá ajustar el tamaño de los desechos para su mejor manipulación
<b>Fraccionamiento</b>	Con transportadores de canjilones se conducirán los residuos a tolvas, donde se llevará a cabo una segunda descompactación y fraccionamiento del material. En la tolva, se dará la alternancia de los ciclos de corte, rotación de cuchillas, traslación del sistema de corte y aireación. El sistema de tolva se diseñará preferiblemente con un dosificador de cal, para la neutralización de los elementos con niveles de acidez que puedan afectar a los operarios y/o a partes estructurales del sistema. La parte final del sistema de tolvas deriva para los residuos sólidos fraccionados, que irán a una banda transportadora principal y también para la conducción de líquidos residuales que se obtienen del proceso de reducción de la humedad
<b>Selección</b>	El personal operativo realizará la selección y separación de todos los desechos sólidos y los deberán clasificar según lo preestablecido como material orgánico e inorgánico; a su vez el inorgánico se separará en metal, vidrio, papel, cartón, aluminio, plástico y otros. Y de contar con un tratamiento para residuos orgánicos, éstos deberán seleccionarse y tratarse por separado de acuerdo al sistema implementado

*Continúa...*

Tabla 4.34. Descripción del proceso de reciclaje de desechos sólidos  
(Arias, Rivas y Vega, 2014), (Continuación).

ETAPA	DESCRIPCIÓN
<b>Reciclaje</b>	Una vez seleccionados y separados los materiales inorgánicos, se procederá a limpiarlos adecuadamente para poder embalarlos y comercializarlos como tal a lugares donde son reprocesados para que puedan ser utilizados nuevamente.
<b>Aprovechamiento de residuos</b>	El centro de acopio temporal puede instalarse e implementar de forma opcional, luego del reciclaje de residuos un proceso a los mismos, con etapas adicionales como peletizado y aglutinado para el caso de los plásticos, o bien, fabricar aglomerados para el caso de las maderas y el papel, generando con ello un incremento en el valor de los residuos reciclados.
<b>Almacenamiento y embalaje</b>	Luego de la limpieza y/o reproceso de los materiales, se sugiere un sistema de prensado y embalaje para su posterior almacenamiento y distribución.

#### D. SEGURIDAD INDUSTRIAL.

El centro de acopio temporal de residuos sólidos deberá contar como mínimo con los aspectos siguientes (Quiñónez, 2016):

- a. Seguridad e higiene industrial
- b. Limpieza, orden y aseo
- c. Manual de emergencia que incluya un plan de vulnerabilidad con guías de para las posibles emergencias y un plan de evacuación
- d. Rótulos y señalizaciones de seguridad
- e. Rutas de evacuación
- f. Señalización de las áreas de trabajo
- g. Realizar programas de capacitación para el personal sobre control de riesgos y a la labor a realizar en el centro de acopio
- h. Será necesario que el personal cuente como mínimo con ropa de trabajo, zapatos de seguridad, guantes y mascarillas.

### **4.16.3. PROPUESTA DE PLANTA DE COMPOSTAJE**

En la sección 3.5 se establecieron los tipos de desechos sólidos generados por los locales comerciales de acuerdo a la información proporcionada por los comerciantes de la zona, y el 41% de ellos son de tipo orgánico, por lo cual resulta de gran importancia sugerir medidas para su disposición.

De acuerdo al Reglamento especial sobre el manejo integral de los desechos sólidos en El Salvador (MARN, 2000), el compostaje es el proceso de manejo de desechos sólidos, por medio del cual los desechos orgánicos son biológicamente descompuestos, bajo condiciones controladas, hasta el punto en que el producto final puede ser manejado, embodegado y aplicado al suelo, sin que afecte negativamente el medio ambiente.

Los criterios técnicos mínimos que establece el Reglamento para el establecimiento de un proyecto de compostaje son los siguientes (MARN, 2000):

- a. Proporción Carbono: Nitrógeno de 25:1 – 35:1
- b. Temperatura de 40-50 °C
- c. Humedad entre el 40 o 50%
- d. Preferiblemente incorporar materiales en el rango de 1 a 4 centímetros de diámetro.

#### **A. BENEFICIOS**

Con el compostaje, se pueden lograr las siguientes ventajas tanto económicas como ecológicas (Röben, 2002):

- a. Venta o uso del compost
- b. Producción de menos aguas lixiviadas y gases contaminados
- c. Menos consumo de terreno, menor impacto al paisaje, al suelo y a las aguas subterráneas debido a que se disminuye el volumen de basura que se va al relleno
- d. Producción de humus que puede servir como estabilizador contra la erosión.

El compost es un fertilizador natural que no produce sobrecarga química al suelo. El proceso de compostaje se recomienda a cada municipalidad y también a comunidades pequeñas, cultivadores individuales y empresas agrícolas (Röben, 2002). Se pueden obtener mejores resultados si se clasifica la basura biodegradable ya dentro del hogar, como se ha indicado en la propuesta de segregación en la fuente, o bien por parte de la municipalidad, como lo indica la propuesta del centro de acopio temporal.

## B. ETAPAS

Existen tres fases principales en el proceso de compostaje en la cuales, varía la temperatura y la proporción de microorganismos, tal como se ilustra en la Figura 4.17. (Cataluña, 2016).



*Figura 4.17. Evolución de temperatura y proporción de microorganismos a lo largo del proceso de compostaje (Cataluña, 2016).*

La etapa de descomposición es el periodo en el que los materiales se han de compostar, éstos generalmente contienen mucha materia orgánica biodegradable y debe asegurarse un suministro de oxígeno en el interior que resulte suficiente para cubrir la demanda de los microorganismos. La aireación debe ser forzada, salvo en el caso de pilas de muy pequeño tamaño, muy estructuradas o en condiciones específicas en las que la aireación natural es suficiente para aportar oxígeno a toda la masa (Cataluña, 2016).

La etapa de maduración es el periodo posterior a la descomposición en el que ya no queda tanta materia orgánica biodegradable y, por lo tanto, no hay tanto requerimiento de oxígeno; además, mantienen condiciones de aerobiosis (Cataluña, 2016).

La duración de las distintas etapas del proceso de compostaje es variable, ya que depende de la riqueza de la materia orgánica, del control que se lleva del proceso, de la calidad de la mezcla, de los sistemas tecnológicos utilizados, etc. (Cataluña, 2016).

## **C. DISEÑO**

En el diseño de las instalaciones de compostaje se debe asegurar en todo momento que el proceso se desarrolle correctamente, a fin de minimizar (Cataluña, 2016):

- a. Los impactos (emisiones, lixiviados, polvo, etc.) sobre el entorno natural derivados de su ubicación
- b. Las posibles molestias a los núcleos habitados más próximos a la instalación, tales como: malos olores, tráfico excesivo de camiones y ruidos.

En cualquier caso, siempre existe el riesgo de que el proceso de compostaje pase por fases sin oxígeno y se produzcan malos olores, por lo que en el diseño de una planta de compostaje deben valorarse los siguientes aspectos (Cataluña, 2016):

- a. Idoneidad del emplazamiento
- b. Vías de acceso (impacto del tráfico)
- c. Proximidad de los núcleos habitados y los olores que se pueden generar durante el proceso de compostaje
- d. Proximidad de las redes de suministro de agua, electricidad y alcantarillado.

## **D. INFRAESTRUCTURA**

Los aspectos principales que se deben tener en cuenta en la redacción de los proyectos y en el mantenimiento de la instalación son los siguientes (Cataluña, 2016):

- a. Zona de seguridad perimetral
- b. Valla perimetral que delimite toda la instalación, incluidos los almacenamientos de todo tipo de residuos y de productos obtenidos
- c. Dimensionamiento de la planta, que debe tener en cuenta, como mínimo los siguientes aspectos:
  - a. Residuos que se tratarán (tipología, almacenamiento, etc.).
  - b. Proporción de material estructurante
  - c. Tiempo necesario para obtener el compost
  - d. Sistema tecnológico utilizado
  - e. Maquinaria disponible
  - f. Reducciones de volumen durante el proceso
  - g. Espacios de procesamiento, de almacenamiento, etc.
- d. Pavimentación de las zonas de procesamiento y de almacenamiento

- e. Zona diferenciada entre las entradas de residuos orgánicos y la zona de almacenamiento y salida del compost
- f. Zonas de limpieza y desinfección de vehículos
- g. Báscula (en función de la capacidad de tratamiento de la instalación)
- h. Zona de almacenamiento de los residuos generados
- i. Sistemas de recogida y gestión de lixiviados, aguas sucias y pluviales: sistemas de canalización, y balsa o balsas y depósitos de recogida de lixiviados, aguas sucias y aguas pluviales limpias
- j. Medidas para reducir los impactos: polvo, olores, etc.
- k. Sistemas de control del proceso de compostaje (sondas de temperatura, oxígeno, etc.).

## E. OPERACIONES

En una planta de compostaje generalmente se pueden distinguir las operaciones ilustradas en la Figura 4.18:

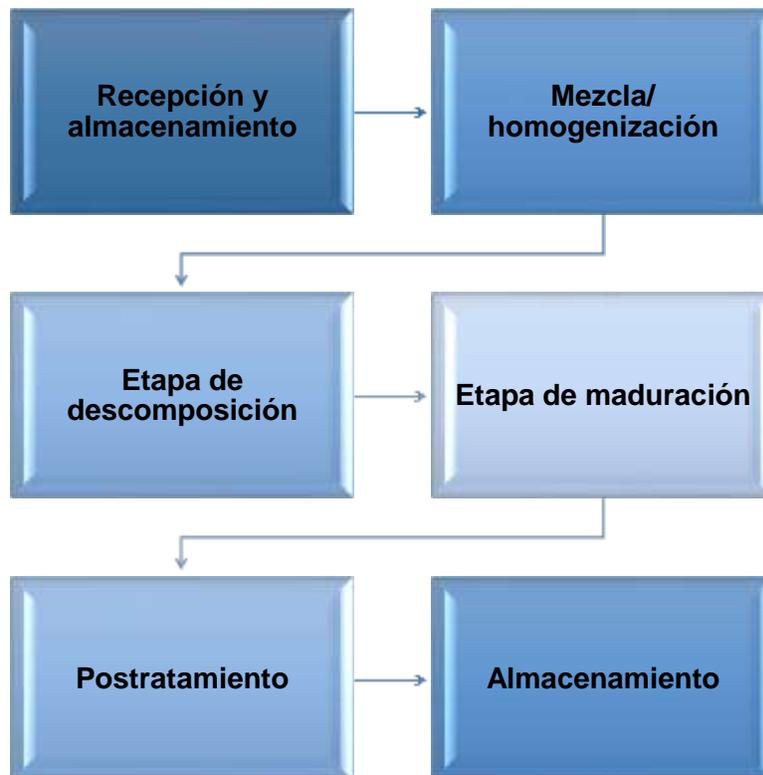


Figura 4.18. Etapas en una planta de compostaje (Cataluña, 2016).

En el compostaje, materias orgánicas se transforman en tierra de humus (abono orgánico) bajo el impacto de microorganismos. De tal manera que sean aseguradas las condiciones necesarias (especialmente temperatura, C/ N tasa, aireación y humedad), se realiza la fermentación aeróbica de estas materias (Röben, 2002).

En plantas de compostaje, este proceso natural es optimizado con ayuda de la ingeniería. Después del compostaje completo, el producto (la tierra humus que se llama "compost" o "abono") es totalmente impecable desde el punto de vista de la higiene y se puede utilizar para la horticultura, agricultura, silvicultura, el mejoramiento del suelo o la arquitectura del paisaje (Röben, 2002).

Con la utilización de plantas de compostaje, la cantidad de basura destinada para la disposición final en un relleno o botadero se puede reducir a un 50 %. Este porcentaje puede variar según la composición de la basura. En caso que los desechos reciclables sean recogidos separadamente y los desechos orgánicos sean compostados, el porcentaje de la basura descargada en el relleno puede reducirse a un 35 - 40 % (Röben, 2002). Para el caso de la presente investigación puede significar una reducción del 41% o más.

#### **4.16.4. CONSIDERACIONES ADICIONALES**

Para el caso de la Zona Comercial del Mirador de los planes de Renderos, deberán hacerse estudios específicos para la selección e implementación adecuadas de prácticas de reciclaje y tecnologías de compostaje, los criterios más importantes a tenerse en cuenta son:

- a. Población y cantidad de desechos generados en la zona
- b. Caracterización de desechos generados en la zona
- c. Presupuesto disponible para el proyecto
- d. Dimensión de terreno previsto para la implementación del proyecto
- e. Condiciones climáticas de la zona
- f. Estructura arquitectónica de la zona (aptitud para compostaje individual)

Una vez implementado el manejo integral de residuos sólidos en la zona turística, es necesaria la capacitación técnica para el personal que se empleará permanentemente en los proyectos establecidos y, complementariamente, el lanzamiento de diversas campañas de concientización para los habitantes del lugar para que den un uso adecuado a las medidas implementadas por la municipalidad.

## CONCLUSIONES

- i. La zona comercial conocida como Mirador de Los Planes de Renderos consta de establecimientos comerciales pertenecientes a los municipios de San Salvador, San Marcos y Panchimalco, en la zona comprendida desde el lugar conocido como “El Triángulo de Los Planes de Renderos” hasta la altura de la Quinta Miramar se encuentra la mayor concentración de locales comerciales de la zona que corresponde al último municipio, en ésta, los negocios de bienes y servicios son variados, donde los principales son del rubro procesamiento y venta de alimentos, ventas de souvenir artesanales y rubro médico diverso; para realizar el levantamiento de información ambiental se estableció un inventario de 40 locales comerciales de la zona antes detallada.
- ii. El giro comercial alimenticio es el que tiene mayor presencia en la zona turística con un 58% del total de negocios de acuerdo al inventario realizado, y debido a que realizan procesos húmedos se espera que tengan una generación de vertidos que impacten las condiciones ambientales en la zona, la cantidad de vertidos generados está relacionada con la cantidad de agua necesaria para desarrollar la actividad comercial, así como la consecuente generación de desechos sólidos.
- iii. A través de las visitas exploratorias en la zona comercial conocida como Mirador de los Planes de Renderos, se observó que ésta colinda con la quebrada Huiza, donde son descargadas las aguas residuales generadas por las comunidades de las zonas aledañas y la zona comercial, se pudo observar las condiciones insalubres en esta sección del cuerpo receptor denotadas por malos olores y presencia de vectores, asociados a la descomposición y/o acumulación de los residuos y compuestos de aguas residuales sin tratar siendo depositadas en el cauce de dicha quebrada.
- iv. Con base en la información recolectada a través de una encuesta implementada en diez locales comerciales del rubro alimenticio se conoció que el abastecimiento de agua en la zona es realizado por la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados ANDA, y respecto a la calidad del servicio, se conoció que se proporciona entre dos a cuatro días a la semana por un período de seis a doce horas, la percepción organoléptica de la condición del agua es mayormente regular; sin embargo, los locatarios manifiestan no tener la confianza para su utilización en la preparación de alimentos de consumo directo.

- v. Con base en la información recolectada a través de una encuesta implementada en diez locales comerciales del rubro alimenticio, los mayores usos del agua se le atribuyen al lavado de utensilios de cocina (27.70%), la limpieza de alimentos (18.80%), la preparación de alimentos (18.30%) y el 35.2% restante se divide en el lavado de los implementos de cocina, limpieza de local, inodoros, lavamanos, riego y otros.
  
- vi. Con base en la información recolectada a través de una encuesta implementada en diez locales comerciales del rubro alimenticio, la recolección de desechos sólidos se realiza todos los días de acuerdo a los locatarios por parte de la municipalidad, y a pesar que el 80% de ellos asegura que realiza la separación y clasificación de sus desechos sólidos, el único que realmente reciclan es el vidrio que representa apenas un 12 % de los desechos totales generados, volviendo esto a la larga una carga al sistema de gestión de desechos sólidos; además de no contar con la información necesaria para saber cómo disponer de electrodomésticos una vez cumplen su vida útil; llegando a veces hasta la mala disposición de los mismos en el cauce de la quebrada Huiza.
  
- vii. El local seleccionado para el estudio de agua gris cuenta con un número promedio de cuarenta y cinco clientes al día, cuya jornada de trabajo está dividida en el horario matutino y nocturno, se identificó que la jornada nocturna genera mayor caudal de agua gris entre el horario de 9:00 pm a 10:00 pm, siendo la actividad que más veces se realiza el lavado de manos, por lo que a pesar del poco volumen utilizado por vez éste representa un aporte significativo en el volumen total utilizado. Sin embargo, la actividad que aporta mayoritariamente al caudal de agua gris que se genera es el lavado de utensilios de cocina, específicamente en la etapa de la aplicación de cloro y detergente como en el enjuague final del mismo, de acuerdo a lo observado en los cuatro muestreos realizados.
  
- viii. Según los reportes de análisis emitidos por el Centro de Control de Calidad Industrial las cuatro muestras de agua gris recolectadas en el local comercial seleccionado presentaron entre sus características sensoriales un aspecto turbio, con abundantes sólidos en suspensión, abundantes sedimentos, olor a comida y olor a cloro, la temperatura de las aguas grises estuvo entre 28°C a 29°C tal como consta en informes de emitidos entre el 23 de octubre de 2019 y el 5 de noviembre de 2019.

- ix. A partir de la caracterización realizada por el Centro de Control de Calidad Industrial a cuatro muestras del agua gris generada del local seleccionado, y con el análisis de los informes emitidos entre el 23 de octubre de 2019 y el 5 de noviembre de 2019, se determinó que el efluente sin tratar incumple todos los límites permisibles establecidos en el RTS13.05.01:18; al realizar el análisis estadístico descriptivo por medio de la determinación de intervalos de confianza se estableció que existe el 95% de probabilidad que las condiciones del efluente de la demanda química de oxígeno, demanda bioquímica de oxígeno, sólidos sedimentables, sólidos suspendidos totales y aceites y grasas, no sean las permitidas de acuerdo al Reglamento.
- x. Para la clasificación del caudal de agua gris generado por el local seleccionado se utilizó la relación entre caudal medio y caudal máximo de los cuatro muestreos que se llevaron a cabo, cuyo valor oscila entre 2.54 y 3.78. Tomando en consideración que el caudal máximo obtenido en los muestreos fue de 91.94 l/h y el caudal medio de 25.91 l/h, el valor promedio para el Factor hora punta (FHP) es de 3.55 indicando un comportamiento de tipo ordinario para el caudal de agua gris generado.
- xi. Se caracterizó en términos de biodegradabilidad el caudal de agua gris de las cuatro muestras del local comercial seleccionado, y para analizar los resultados obtenidos en los informes de la caracterización emitidos por el Centro de Control de Calidad Industrial entre el 23 de octubre de 2019 y el 5 de noviembre de 2019, se utilizó la relación entre la Demanda bioquímica de oxígeno y Demanda química de oxígeno ( $DBO_5/DQO$ ) cuyo intervalo de confianza para un 95 % se encuentra entre los valores de 0.46 y 0.50 para las cuatro muestras analizadas, lo cual indica en primera instancia que la proporción de materia biodegradable en el efluente de agua gris es alta.
- xii. Se tomó como modelo para análisis a un local comercial en específico, sin embargo, debido a que los comercios de alimentos de la zona se dedican mayoritariamente a una gastronomía similar, se pueden esperar comportamientos análogos al que se obtuvo en el local modelo estudiado si en algún determinado momento se decidiera caracterizar a los efluentes de agua gris generados por los demás locales comerciales de la zona turística.

- xiii. Reducir la carga contaminante en las aguas residuales generadas es importante porque ayuda a mejorar las condiciones del agua a la salida del tratamiento, para el establecimiento de la propuesta de tratamiento de las aguas residuales es necesario combinar los criterios técnicos, sociales y económicos, por lo cual para la zona en estudio resulta conveniente el establecimiento de una solución que tome en cuenta las condiciones sanitarias del sitio.
- xiv. Tomando como referencia los lineamientos establecidos en la Guía Técnica para la instalación y funcionamiento de sistemas de tratamiento individuales de aguas negras y grises del Ministerio de Salud Pública y Asistencia social (2009), con los criterios de espacio disponible, impacto ambiental esperado y el costo económico para su implementación, el sistema de tratamiento propuesto está compuesto por tres etapas: pretratamiento, tratamiento primario y sistema de infiltración.
- xv. Se generaron dos alternativas para el local comercial estudiado donde la etapa de pre tratamiento es un sistema de rejillas para la remoción de sólidos de dos tamaños de grandes a finos y un sistema de infiltración que consiste en un pozo de absorción para la óptima depuración de las aguas tratadas, los métodos antes mencionados permanecen constantes para las dos alternativas; mientras que para el tratamiento primario consiste en la instalación de una trampa de grasa para la alternativa uno y un biodigestor para la alternativa dos; tomando como referencia los criterios antes mencionados, resulta más favorable la implementación de la alternativa dos.
- xvi. Debido a la calidad esperada del agua gris del efluente de acuerdo a las eficiencias de remoción teóricas para el tratamiento primario propuesto, se puede evaluar su reutilización en actividades contempladas para el Tipo 1 conforme a los lineamientos establecidos en el Decreto No.29 (2019), especialmente para la limpieza de la zona aledaña al local comercial, para lo cual debe establecerse un protocolo a seguir que deberá estar aprobado por El Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales MARN, el cual es el encargado de otorgar los permisos para la reutilización de aguas grises tratadas, por lo que resulta necesario realizar dicho trámite una vez se cuente con el sistema de tratamiento instalado siguiendo los lineamientos establecidos por el Decreto No.29 (2019).

- xvii. La propuesta para el tratamiento de agua gris generada para el local comercial en estudio durante el desarrollo de la fase de muestreo, puede ser aplicable para los demás comercios de la zona, debido a que el tipo de gastronomía entre ellos resulta similar, pero antes debe adecuarse según sus caudales de generación de agua gris, espacio disponible, límite presupuestario, entre otras condiciones.
  
- xviii. Una medida importante de mitigación para la situación actual del recurso hídrico en la zona turística es la reducción en el uso de agua para el proceso de limpieza de los instrumentos de cocina, esto se puede realizar a partir de la limpieza y remoción de sólidos previo a la primera etapa de lavado de los utensilios de cocina como las cacerolas, plancha, platos, vasos, tazas entre otros utensilios; según lo presentado en el Manual de limpieza de utensilios de cocina en el presente documento como medidas de saneamiento propuestas.
  
- xix. Como parte de un manejo íntegro de la situación sanitaria ambiental de la zona, es necesario considerar la implementación de un sistema integral para el manejo de residuos sólidos, iniciando desde la segregación en la fuente hasta su respectiva disposición final.
  
- xx. De acuerdo a información recolectada por la población estudiada en diez locales comerciales de la zona, el 59% de los residuos sólidos generados son inorgánicos y el 41% orgánicos, por lo cual se propone inicialmente, la implementación de un centro de acopio temporal para que éstos residuos sólidos puedan ser debidamente clasificados, posteriormente los inorgánicos podrán limpiarse y disponerlos para su reciclaje. Complementariamente al centro de acopio, se propone instalar una planta de compostaje, a fin de aprovechar de igual manera a los residuos orgánicos que se generan actualmente y no están recibiendo una disposición adecuada, y a través de ello, poder darles un valor agregado a los mismos, además de disminuir la cantidad de desechos que son enviados a relleno sanitario por la municipalidad.

## RECOMENDACIONES

- i. Llevar a cabo un estudio que tenga como propósito principal verificar la factibilidad para la construcción de los pozos de absorción para cada local comercial de la zona conocida como “El Mirador de Los Planes de Renderos” en la jurisdicción de Panchimalco, deberá incluir la implementación de un estudio completo de suelos y además se realice la prueba de permeabilidad sugerida en el Anexo 12 para validar el uso de este sistema de infiltración.
- ii. Realizar jornadas de educación ambiental dirigidas principalmente a la población de las zonas aledañas al área de influencia del proyecto y al personal que labora en los locales comerciales, para generar conciencia de las necesidades de cambio en las prácticas relacionadas al uso del agua y disposición adecuada de desechos sólidos.
- iii. Establecer una comunicación efectiva entre las autoridades de la municipalidad, la comunidad y los propietarios y/o encargados de los locales comerciales de la zona turística con el fin de generar planes de acción en cuanto a mejoras de las condiciones ambientales y sanitarias del lugar.
- iv. Buscar fuentes para el financiamiento que permitan la implementación del sistema de tratamiento de aguas residuales establecido en este proyecto.
- v. Que la municipalidad y el sector turístico que sigue desarrollándose tome en cuenta la construcción de sistemas de tratamiento de aguas grises desde el inicio de la construcción de los centros de comercio para evitar el incremento de la carga contaminante actual, y también se establezca un plan de manejo de residuos sólidos.
- vi. Una vez implementado el sistema de tratamiento propuesto en la presente investigación, se realicen monitoreos periódicos a la calidad del efluente en la salida del biodigestor para conocer la eficiencia real de esta etapa del sistema en la remoción de los contaminantes, tal como se establece en el Anexo 15.
- vii. Gestionar con ayuda de la municipalidad una ubicación estratégica para el centro de acopio de residuos sólidos y planta de compostaje, así como la coordinación para la pronta instalación de los recipientes con código de colores para segregación en la fuente y asegure se respete esta clasificación al momento de la recolección.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Allen, L. (Abril de 2015). *Manual de Diseño para Manejo de Aguas Grises*. Obtenido de <https://greywateraction.org>, Estados Unidos de Norteamérica
2. AQUATECNICA. (15 de Mayo de 2018). *Tratamiento Primario de Aguas Residuales*. Obtenido de <https://acuatecnica.com>, Colombia
3. Arias, L. A., Rivas, E. y Vega, C. (Junio de 2014). *Propuesta de Diseño para un Centro Integral de Reciclaje con inclusión de Fuentes Alternativas de Energía*. Obtenido de <http://www.scielo.org.co> , Colombia
4. Asamblea Legislativa. (Junio de 1983). *Constitución de la República de El Salvador*. Obtenido de Índice Legislativo: <http://pdba.georgetown.edu>
5. Banco Mundial. (2020). *Banco Mundial (Banco Internacional de Reconstrucción Y Fomento y Asociación Internacional de Fomento)*. Obtenido de El Agua en la Agricultura: <https://www.bancomundial.org>
6. Campos, S. E., Navarrete, P. M., Osegueda, C. F., Blanco, J. A. y Campos, M. R. (2015). *Monografía Cultural y Socioeconómica del Cantón los Planes de Renderos*. Obtenido de Universidad Tecnológica de El Salvador: <http://biblioteca.utec.edu.sv>
7. Cataluña. (Noviembre de 2016). *Agencia de Residuos de Cataluña, España*. Obtenido de Guía práctica para el diseño y explotación de plantas de compostaje: <http://residus.gencat.cat>
8. Código de Salud. (Mayo de 1988). *Decreto N° 955. Asamblea Legislativa de la República de El Salvador*. Obtenido de Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social: <http://asp.salud.gob.sv>

9. Código Municipal. (11 de Febrero de 1986). *Asamblea Legislativa de la República de El Salvador*. Obtenido de Ministerio del Interior de El Salvador : <https://tramites.gob.sv>
10. Color. (2018). *Significado del Color*. Obtenido de Los Colores del Reciclaje: <https://www.significadodelcolor.com>, España
11. CONAGUA, y SEMARNAT. (2015). *Comisión Nacional del Agua y Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales de México*. Obtenido de Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento. Diseño de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Municipales: Filtros anaerobios de flujo ascendente: <https://smn.conagua.gob.mx>
12. Decreto-No.29. (21 de Octubre de 2019). *Reglamento Especial de Aguas Residuales y Manejo de Lodos Residuales*. Obtenido de Asamblea Legislativa de la República de El Salvador. Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales: <http://www.jurisprudencia.gob.sv>
13. Decreto-No.39. (31 de Mayo de 2000). *Reglamento Especial de Aguas Residuales*. Obtenido de Asamblea Legislativa de la República de El Salvador. Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales: <https://www.transparencia.gob.sv>
14. Decreto-No.50. (Octubre de 1987). *Reglamento sobre la Calidad del Agua, el Control de Vertidos y las Zonas de Protección*. Obtenido de Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social de la República de El Salvador: <http://usam.salud.gob.sv>
15. Delgado Díaz, C., Alberich, M. V. y Vera López, F. (Septiembre de 2005). *Recursos Hídricos*. Obtenido de Conceptos básicos y estudios de casos en Iberoamérica: <http://tierra.rediris.es>, Uruguay

16. DIGESTYC. (2007). *Dirección General de Estadísticas y Censos. Ministerio de Economía*. Obtenido de Censo de Población y Vivienda de la República de El Salvador: <http://www.digestyc.gob.sv>
17. Domènech, X., y Peral, J. (2006). *Química Ambiental de Sistemas Terrestres*. Obtenido de Universidad de Barcelona, España: <https://books.google.com.sv>
18. Echeverría, M. H. (2010). *Universidad de El Salvador*. Obtenido de Propuesta de Modelo de Manejo Integrado de Desechos Sólidos en el Área urbana del Municipio de Quezaltepeque: <http://ri.ues.edu.sv>
19. FAO. (2015). *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*. Obtenido de AQUASTAT - Sistema de información global de la FAO sobre el agua y la agricultura. El Salvador: <http://www.fao.org>
20. FAO. (2017). *Naciones Unidas*. Obtenido de Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Agua: <https://www.un.org>
21. FAO. (2019). *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*. Obtenido de AQUASTAT - Sistema de información global de la FAO sobre el agua y la agricultura. El Salvador: <http://www.fao.org>
22. Fierro, J. E., y Velásquez, J. F. (2015). *Universidad Militar Nueva Granada, Colombia. Facultad de Estudios a Distancia - FAEDIS*. Obtenido de Plan básico de Saneamiento Ambiental de la Vereda Boquerón de Ilo del Municipio de Anolaima – Cundinamarca: <https://repository.unimilitar.edu.co>
23. FISDL. (Septiembre de 2006). *Fondo de Inversión Social para el Desarrollo Local de El Salvador*. Obtenido de Panchimalco: <http://www.fisd.l.gob.sv>
24. FONAES. (2018). *Fondo Ambiental de El Salvador*. Obtenido de Portal de transparencia, Recursos Hídricos en El Salvador: <http://fonaes.gob.sv>

25. FUNDE. (Febrero de 2012). *Fundación Nacional para el Desarrollo de El Salvador*. Obtenido de Plan de Competitividad Municipal de Panchimalco (2012-2016): <http://www.transparencia.gob.sv>
26. FUSADES. (2011). *Fundación Salvadoreña para el desarrollo económico y social*. Obtenido de Agua y Calidad de Vida: <http://fusades.org>
27. García, A. B., González, K. L., López, B. O. y Rodríguez, S. S. (2010). *Legislación Ambiental y su aplicación práctica ante la contaminación de los Recursos Hídricos en El Salvador*. Obtenido de Universidad de El Salvador: <http://ri.ues.edu.sv>
28. García, E. M., y Pérez, L. J. (1985). *Aspectos sanitarios del estudio de las aguas*. Obtenido de Aguas Residuales. Composición. Colombia: <http://cidta.usal.es>
29. Google Earth. (Mayo de 2019). *GoogleEarth-Mirador de Los Planes de Renderos Municipio de Panchimalco, departamento de San Salvador*. Obtenido de <https://earth.google.com>
30. Guevara, P. A., Maldonado, C. R. y Vásquez, A. E. (Abril de 2013). *El manejo de los Desechos Sólidos en el municipio de Quezaltepeque , departamento de La Libertad*. Obtenido de Universidad de El Salvador: <http://ri.ues.edu.sv>
31. Hatch. (2017). *INDISA Ingeniería de Proyectos*. Obtenido de Manejo Integral de Residuos Sólidos: <http://www.indisa.com>, Chile
32. Hierro, J. (2003). *Capítulo XVII Los lodos de depuración de aguas residuales urbanas*. Obtenido de [www.juntadeandalucia.es](http://www.juntadeandalucia.es), España
33. IBERDROLA. (2019). *Por un consumo responsable del agua: No a los derroches*. Obtenido de <https://www.iberdrola.com> Madrid, España

34. INECC. (15 de Noviembre de 2007). *Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático de los Estados Unidos Mexicanos*. Obtenido de Manejo Integral de los Residuos Sólidos: <http://www2.inecc.gob.mx>
35. Legislativo, P. (17 de Diciembre de 2019). *Proyecto de ley de gestión integral de residuos y fomento al reciclaje*. Obtenido de Comisión de Medio Ambiente y cambio climático: <https://www.asamblea.gob.sv>
36. Ley de Medio Ambiente. (Mayo de 1998). *Decreto No. 233 Asamblea Legislativa de la República de El Salvador*. Obtenido de Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales: <https://tramites.gob.sv>
37. López, J. S., Burgos, A. J., Cambeses, H. d., Sánchez, D. T. y Rodríguez, P. U. (Julio de 2012). *El reciclaje de Aguas Grises como complemento a las estrategias de gestión sostenible del agua en el medio rural*. Obtenido de <https://www.researchgate.net>. Universidad de Coruña, España
38. MAG. (2012). *Clasificación de suelos por división política de El Salvador, Centroamérica*. Obtenido de Ministerio de Agricultura y Ganadería: <http://www.mag.gob.sv/>
39. MARN. (31 de Mayo de 2000). *Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales de El Salvador*. Obtenido de Reglamento Especial sobre el Manejo integral de los Desechos Sólidos: <https://www.transparencia.gob.sv>
40. MARN. (Diciembre de 2013). *Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales de El Salvador*. Obtenido de Atlas Municipal. Zonificación Ambiental y Usos del Suelo de la Subregión Metropolitana de San Salvador. (SRMSS): <http://www.marn.gob.sv>
41. MARN. (2013). *Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales de El Salvador*. Portal de Transparencia. Estrategia Nacional de Saneamiento Ambiental: <http://www.marn.gob.sv>

42. MARN. (Abril de 2016). *Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales de El Salvador*. Obtenido de Saneamiento ambiental, Estrategia Nacional de Medio Ambiente: <https://www.marn.gob.sv>
43. MARN. (2018). *Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales de El Salvador*. Obtenido de Sistema de Información Hídrica de El Salvador: <http://www.marn.gob.sv>
44. Metcalf, y Eddy. (1995). *Ingeniería de aguas residuales tratamiento, vertido y reutilización*. Obtenido de Universidad de California, Estados Unidos de Norteamérica: <https://www.academia.edu>
45. MINSAL. (Marzo de 2009). *Guía técnica sanitaria para la instalación y funcionamiento de sistemas de tratamiento individuales de aguas negras y grises*. Obtenido de Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social de El Salvador, Dirección de Regulación, Dirección General de Salud, Unidad de Atención Al Ambiente: <http://asp.salud.gob.sv>
46. MITUR. (01 de Septiembre de 2006). *Ministerio de Turismo de El Salvador*. Obtenido de <http://www.elsalvadorturismo.gob.sv>
47. MITUR. (2011). *Ministerio de Turismo de El Salvador*. Obtenido de Los planes de Renderos: <http://www.mitur.gob.sv>
48. Morel, y Diener. (2006). *Greywater Management in Low and Middle-Income Countries, review of different treatment systems for households or neighbourhoods*. Obtenido de Department of Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology: <https://www.susana.org>
49. Moya, M. J. (Septiembre de 2013). *Análisis de la evolución de los caudales de entrada a las estaciones depuradoras de aguas residuales e influencia sobre la decantación secundaria*. Obtenido de VII Edición máster universitario de gestión sostenible y tecnologías del Agua. Universidad de Alicante, España: <https://iuaca.ua.es>

50. OAS. (1996). *Suelos*. Obtenido de Organization of American States: <http://www.oas.org/en/>
51. OMS. (Junio de 2015). *Organización Mundial de la Salud*. Obtenido de Centro de Prensa Organización Mundial de la Salud: <https://www.who.int>
52. OMS. (2017). *Organización Mundial de la Salud*. Obtenido de Naciones Unidas. Agua: <https://www.un.org>
53. OMS/UNICEF. (2017). *Naciones Unidas*. Obtenido de Organización Mundial de la Salud/ Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia, Agua: <https://www.un.org>
54. ONU. (2018). *Organización de las Naciones Unidas*. Obtenido de La ONU y el Agua: <https://www.un.org>
55. ONU, y Hábitat. (2018). *Organización de las Naciones Unidas, Organización Mundial de la Salud-Hábitat*. Obtenido de Agua Limpia y Saneamiento. Progresos en el tratamiento de Aguas Residuales.: <https://apps.who.int>
56. ONU-DAES. (2015). *Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de Naciones Unidas*. Obtenido de Decenio Internacional para la Acción "El agua fuente de vida" (2005-2015): <https://www.un.org>
57. Orjuela, J., y Velasquez, J. (Julio de 2015). *Plan básico de saneamiento ambiental de la vereda Boquerón de Ilo del municipio de Anomalia-Cundinamarca*. Obtenido de Universidad Militar de Nueva Granada, Colombia: <https://repository.unimilitar.edu.co>
58. Patiño, C., y Martínez, P. (Mayo de 2012). *Efectos del Cambio Climático en la disponibilidad de agua en México*. Obtenido de Instituto Mexicano de Tecnología del Agua: <http://www.scielo.org.mx>

59. Quiñónez, K. I. (Junio de 2016). *Propuesta de un modelo mínimo de Centro de Acopio para Desechos Sólidos. Caso validado en el Mercado Municipal de Casillas, Santa Rosa*. Obtenido de Universidad de San Carlos de Guatemala: <http://www.repositorio.usac.edu.gt>
60. Ramos, J. (Junio de 2018). *Estimación por Intervalos de confianza. Métodos estadísticos y numéricos*. Obtenido de Campus Universitario de Pontevedra. Universidad de Vigo, España: <http://www.iesxunqueira1.com>
61. REMTAVARES. (28 de Abril de 2016). *Red Madrileña de Tratamientos Avanzados para Aguas Residuales con Contaminantes no Biodegradables*. Obtenido de Elementos del saneamiento de las aguas residuales domésticas: <https://www.madrimasd.org>
62. Revelo, J. C. (2016). *Evaluación socioeconómica de la implementación de sistemas de recolección y tratamiento de aguas residuales*. Obtenido de Universidad de El Salvador: <http://ri.ues.edu.sv>
63. Röben, E. (2002). *Manual de compostaje par municipios. Municipalidad de Loja, Ecuador*. Obtenido de <http://www.resol.com.br>
64. Rodríguez, E. D., y Medina, N. C. (2013). *Estudio de las Aguas Grises Domésticas en tres niveles socioeconómicos de la Ciudad de Bogotá, Colombia*. Obtenido de Pontificia Universidad Javeriana: <https://repository.javeriana.edu.co>
65. ROTOPLAS. (2020). *Sistema de tratamiento de aguas residuales*. Obtenido de Biodigestor ROTOPLAS Argentina: <https://www.rotoplas.com.ar>
66. RTS13.05.01:18. (2019). *OSARTEC, Organismo Salvadoreño de Reglamentación Técnica*. Obtenido de Reglamento Técnico Salvadoreño. Agua. Aguas Residuales. Parámetros de Calidad de Aguas Residuales para descarga y manejo de lodos residuales: <https://members.wto.org>

67. Salamanca, J. A. (2009). *Diseño de construcción y puesta en marcha de un Bodigestor a escala piloto para la generación de biogás y fertilizante orgánico*. Obtenido de Universidad San Francisco de Quito, Ecuador: <https://mail.google.com>
68. Sastre, J. A. (Marzo de 2005). *Técnicas para la sostenibilidad. Procesos y operaciones unitarias en depuración de aguas residuales*. Madrid, España. Obtenido de <https://www.eoi.es/es>
69. Schoemaker, A. (Enero de 2017). *Glosario Ambiental*. Obtenido de Conociendo los términos ambientales usados en zonas mineras, Tomo 1: Caja de Herramientas Ambientales. Lima, Perú: <http://democraciaglobal.org>
70. SIWI. (2017). *Naciones Unidas*. Obtenido de Instituto Internacional del Agua de Estocolmo, Suecia. <https://www.un.org>
71. Tavárez, H. V. (Enero de 2017). *Servicio de Extensión Agrícola. Colegio de Ciencias Agrícolas el Recinto Universitario de Mayagüez, Puerto Rico*. Obtenido de La Importancia del Agua para Consumo Doméstico: <https://www.uprm.edu>
72. UNESCO. (2014). *Naciones Unidas*. Obtenido de Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, Agua: <https://www.un.org>
73. UNESCO. (2017). *Naciones Unidas*. Obtenido de Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, Agua: <https://www.un.org>
74. UNESCO. (2018). *Informe Mundial de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2018*. Obtenido de Soluciones basadas en la Naturaleza para la Gestión del Agua: <https://www.unclearn.org>

75. UNISDR. (2017). *Naciones Unidas*. Obtenido de Oficina de las Naciones Unidas para Reducción de Riesgo de Desastres, Agua: <https://www.un.org>
76. VIGEA. (2020). *Visualizador de información geográfico de evaluación ambiental*. Obtenido de Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales: <http://mapas.marn.gob.sv/>
77. Wentworth. (2020). *Home Depot*. Obtenido de Grease Interceptor: <https://www.homedepot.com>, Estados Unidos de Norteamérica
78. Zaragoza, C. (1985). *El agua y los ecosistemas pluviales en la ciudad. Zaragoza, España*. Obtenido de <https://www.camarazaragoza.com>

# ANEXOS

## ANEXO 1. LÍMITES PERMISIBLES PARA AGUAS RESIDUALES DE TIPO ESPECIAL

### i. PARÁMETROS BÁSICOS

*Tabla A.1.1. Límites permisibles de parámetros básicos de calidad de aguas residuales de tipo especial vertidas a medio receptor (RTS13.05.01:18, 2019).*

Nº	Actividad	DQO (mg/L)	DBO <sub>5</sub> (mg/L)	SST (mg/L)	AyG (mg/L)	pH	Temperatura (°C)*
1	Procesamiento de productos avícolas e incubación de aves	600	300	150	50	6.0 - 9.0	20 - 35
2	Matanza de ganado, preparación y conservación de carnes	400	200	125	50	6.0 - 9.0	20 - 35
3	Procesamiento de mariscos y sus derivados	500	250	250	100	6.0 - 9.0	20 - 35
4	Procesamiento del atún y sus derivados	1 300	400	250	30	6.0 - 9.0	20 - 35
5	Porcicultura	1 200	500	500	50	6.0 - 9.0	20 - 35
6	Producción agropecuaria	600	300	150	50	6.0 - 9.0	20 - 35
7	Productos de molinería	400	200	200	50	6.0 - 9.0	20 - 35
8	Beneficiado de café	1 600	800	600	30	6.0 - 9.0	20 - 35
9	Fabricación de productos de panadería	300	200	200	50	6.0 - 9.0	20 - 35
10	Fábricas y refinerías de azúcar	500	300	150	30	6.0 - 9.0	20 - 35
11	Fabricación de chocolate y artículos de confitería, Procesamiento de cacao	400	250	150	50	6.0 - 9.0	20 - 35
12	Elaboración de alimentos preparados para animales	250	60	100	50	6.0 - 9.0	20 - 35
13	Extracciones de aceites y grasas	700	400	150	100	6.0 - 9.0	20 - 35
14	Refinadora de aceites y grasas	300	150	100	100	6.0 - 9.0	20 - 35

*Continúa...*

*Tabla A.1.1. Límites permisibles de parámetros básicos de calidad de aguas residuales*

de tipo especial vertidas a medio receptor (Continuación), (RTS13.05.01:18, 2019).

Nº	Actividad	DQO (mg/L)	DBO <sub>5</sub> (mg/L)	SST (mg/L)	AyG (mg/L)	pH	Temperatura (°C)*
15	Fabricación de productos lácteos	700	350	250	50	6.0 - 9.0	20 - 35
16	Envasado y conservación de frutas y legumbres, incluyendo la elaboración de jugos	400	150	150	30	6.0 - 9.0	20 - 35
17	Elaboración de productos alimenticios diversos	400	150	150	30	6.0 - 9.0	20 - 35
18	Destilación, rectificación y mezcla de bebidas espirituosas	1 500	800	800	20	6.0 - 9.0	20 - 35
19	Bebidas malteadas y de malta	500	150	100	30	6.0 - 9.0	20 - 35
20	Industrias de bebidas no alcohólicas y aguas gaseosas	300	150	100	30	6.0 - 9.0	20 - 35
21	Industrias básicas de metales no ferrosos	200	60	50	30	6.0 - 9.0	20 - 35
22	Fabricación de vidrio y productos de vidrio	100	60	50	40	6.0 - 9.0	20 - 35
23	Fabricación de agroquímicos	180	60	50	30	6.0 - 9.0	20 - 35
24	Fabricación de pinturas, barnices y lacas	300	100	100	30	6.0 - 9.0	20 - 35
25	Fabricación de productos farmacéuticos y medicamentos	300	100	100	30	6.0 - 9.0	20 - 35
26	Fabricación de jabones y preparados de limpieza, perfumes, cosméticos y otros productos de tocador	300	150	150	40	6.0 - 9.0	20 - 35
27	Refinación o fabricación de productos diversos derivados del petróleo y del carbón	300	150	150	30	6.0 - 9.0	20 - 35
28	Fabricación o procesamiento de productos plásticos	100	50	60	30	6.0 - 9.0	20 - 35

Continúa...

Tabla A.1.1. Límites permisibles de parámetros básicos de calidad de aguas residuales

de tipo especial vertidas a medio receptor (Continuación), (RTS13.05.01:18, 2019).

Nº	Actividad	DQO (mg/L)	DBO <sub>5</sub> (mg/L)	SST (mg/L)	AyG (mg/L)	pH	Temperatura (°C)*
29	Curtidurías y talleres de acabado	700	400	150	30	6.0 - 9.0	20 – 35
30	Fabricación de pulpa de madera, papel y cartón	350	200	200	20	6.0 - 9.0	20 – 35
31	Hilados, tejidos y acabados textiles	400	200	150	30	6.0 - 9.0	20 – 35
32	Servicios hospitalarios, clínicas médicas y otros centros de atención en salud humana y animal y laboratorios clínicos	200	100	100	20	6.0 - 9.0	20 – 35
33	Rellenos sanitarios y otras instalaciones de manejo de desechos	800	400	400	20	6.0 - 9.0	20 – 35
34	Generadores térmicos que queman hidrocarburos	400	200	150	50	6.0 - 9.0	20 – 35
35	Fabricación de componentes electrónicos	1000	400	400	50	6.0 - 9.0	20 – 35

## ii. PARÁMETROS ESPECÍFICOS

Tabla A.1.2. Límites permisibles de parámetros específicos de calidad de aguas de tipo especial para vertidos a medio receptor (RTS13.05.01:18, 2019).

Nº	Parámetro	Unidad	Límite permisible
1	Antimonio	mg/L	0.30
2	Aluminio	mg/L	5
3	Arsénico	mg/L	0.1
4	Bario	mg/L	5
5	Berilio	mg/L	0.5
6	Boro	mg/L	3
7	Cadmio	mg/L	0.1
8	Cianuro total	mg/L	0.5
9	Cloruro	mg/L	100
10	Cobalto	mg/L	0.5
11	Cobre	mg/L	3
12	Color real*	m-1	11-9-7

Continúa...

Tabla A.1.2. Límites permisibles de parámetros específicos de calidad de aguas de tipo especial para vertidos a medio receptor (Continuación), (RTS13.05.01:18, 2019).

Nº	Parámetro	Unidad	Límite permisible
13	Compuestos fenólicos sintéticos	mg/L	5
14	Cromo hexavalente	mg/L	0.5
15	Fosfatos	mg/L	40
16	Fosforo total	mg/L	15
17	Fluoruros	mg/L	5
18	Herbicidas totales	mg/L	0.1
19	Hidrocarburos totales de petróleo (HTP)	mg/L	Reportar
20	Hierro	mg/L	10
21	Litio	mg/L	2
22	Manganeso	mg/L	2
23	Mercurio	mg/L	0.01
24	Níquel	mg/L	3
25	Nitratos (N-NO <sub>3</sub> )	mg/L	30
26	Nitritos (N-NO <sub>2</sub> )	mg/L	1
27	Nitrógeno amoniacal	mg/L	20
28	Nitrógeno total	mg/L	50
29	Organoclorados	mg/L	0.05
30	Organofosforados y carbamatos	mg/L	0.25
31	Plata	mg/L	1
32	Plomo	mg/L	0.5
33	Selenio	mg/L	0.05
34	Sulfitos	mg/L	3
35	Sulfatos	mg/L	2 000
36	Sulfuros	mg/L	25
37	Sustancias Activas al Azul de Metileno (SAAM)	mg/L	5
38	Turbiedad	NTU	Reportar
39	Vanadio	mg/L	1
40	Zinc	mg/L	5
41	Ga-67 (Galio-67)	Bq/L	Reportar
42	I-131 (Yodo-131)	Bq/L	Reportar
43	P-32 (Fosforo-32)	Bq/L	Reportar
44	Tc-99m (Tecnecio-99 metaestable)	Bq/L	Reportar
45	Tl-201 (Talio-201)	Bq/L	Reportar



## **ANEXO 2. DISEÑO DE ENCUESTA**

### **SECCIÓN I: GENERALIDADES**

1. NOMBRE DEL NEGOCIO:

\_\_\_\_\_

2. GIRO COMERCIAL:

\_\_\_\_\_

3. HORARIO DE ATENCIÓN:

\_\_\_\_\_

4. PERSONAL:

CONTRATO	MUJERES	HOMBRES
FIJO		
EVENTUAL		
TOTAL		

5. CLIENTES

TEMPORADA <sup>1</sup>	CLIENTES/ DÍA
TEMPORADA BAJA	
TEMPORADA ALTA	

### **SECCIÓN II: SUMINISTRO DE AGUA POTABLE**

1. ¿QUIÉN ES EL RESPONSABLE DEL SUMINISTRO DE AGUA POTABLE EN SU LOCAL?

- a. ANDA
- b. MUNICIPALIDAD
- c. POZO
- d. OTRO (Especifique)\_\_\_\_\_

<sup>1</sup> Se considera temporada baja de los días lunes a jueves, y temporada alta a los días viernes a domingo.



2. ¿CON QUÉ FRECUENCIA RECIBE EL SUMINISTRO DE AGUA POTABLE EN LA SEMANA?
- a. TODOS LOS DÍAS
  - b. CUATRO A SEIS DÍAS
  - c. DOS A CUATRO DÍAS
  - d. DOS DÍAS O MENOS (Especifique): \_\_\_\_\_
3. ¿QUÉ DURACIÓN TIENE EL SUMINISTRO DE AGUA POTABLE LOS DÍAS QUE LA RECIBE?
- a. VEINTICUATRO HORAS
  - b. DOCE A VEINTICUATRO HORAS
  - c. SEIS A DOCE HORAS
  - d. MENOS DE SEIS HORAS (Especifique): \_\_\_\_\_
4. ¿CÓMO CLASIFICARÍA LA CALIDAD DEL AGUA POTABLE QUE LE SUMINISTRAN?
- a. EXCELENTE
  - b. BUENA
  - c. REGULAR
  - d. MALA
5. ¿SE HA VISTO EN LA NECESIDAD DE COMPRAR AGUA A PARTICULARES?
- a. NO
  - b. SÍ (Especifique):

N.º	PRESENTACIÓN	CANTIDAD	USO	COSTO
1				
2				
3				
4				
5				



6. ¿POR QUÉ RAZÓN SE VE EN LA NECESIDAD DE COMPRAR AGUA A PARTICULARES?
- EL SUMINISTRO ES INSUFICIENTE
  - SE REQUIERE AGUA CON UNA MEJOR CALIDAD
  - ALTO COSTO DEL SUMINISTRO DE ABASTECIMIENTO ACTUAL
  - OTRO (Especifique): \_\_\_\_\_

### SECCIÓN III: USOS DEL AGUA

1. ACTUALMENTE, ¿CÓMO CONSIDERA LA DISTRIBUCIÓN DE LOS USOS QUE LE DA AL AGUA EN SU NEGOCIO SEGÚN LA SIGUIENTE CLASIFICACIÓN?

USO	CANTIDAD (Gal)	PORCENTAJE
LIMPIEZA DEL LOCAL		
RIEGO		
LIMPIEZA DE ALIMENTOS		
PREPARACIÓN DE ALIMENTOS (COCCIÓN)		
LAVADO DE UTENSILIOS DE COCINA		
LAVADO DE IMPLEMENTOS DE COCINA (MANTELES, ETC.)		
INODOROS		
LAVAMANOS		
<b>OTROS USOS</b>		



#### SECCIÓN IV: DISPOSICIÓN DE AGUAS RESIDUALES

1. ¿CUENTA CON UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN SU NEGOCIO?
  - a. NO
  - b. Sí (Especifique):  

---
  
2. ¿CUENTA CON ALGÚN SISTEMA DE SEPARACIÓN DE RESIDUOS PARA SUS AGUAS RESIDUALES (TRAMPAS DE GRASA, REJILLAS, etc.)
  - a. NO
  - b. Sí (Especifique):  

---
  
3. ¿SE HA VISTO INVOLUCRADO EN ALGUNA AFECTACIÓN POR LA FALTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES?
  - a. NO
  - b. Sí, ¿CUÁLES?
    - i. MALOS OLORES
    - ii. INSECTOS
    - iii. ENFERMEDADES ESTOMACALES
    - iv. OTROS (Especifique):  

---

#### SECCIÓN V: DESECHOS SÓLIDOS

1. ACTUALMENTE, ¿CÓMO CONSIDERA LA DISTRIBUCIÓN DE LOS DESECHOS SÓLIDOS QUE GENERA EN SU NEGOCIO SEGÚN LA SIGUIENTE CLASIFICACIÓN?



USO	CANTIDAD (kg)	PORCENTAJE (%)
ORGÁNICOS		
PLÁSTICOS		
ALUMINIO		
VIDRIO		
CARTÓN Y PAPEL		
<b>OTROS DESECHOS SÓLIDOS</b>		

2. ¿CUÁL ES LA FRECUENCIA SEMANAL DE RECOLECCIÓN DE DESECHOS POR PARTE DE LA MUNICIPALIDAD?

- a. TODOS LOS DÍAS
- b. TRES A SEIS VECES POR SEMANA
- c. MENOS TRES VECES POR SEMANA
- d. OTRA (Especifique):

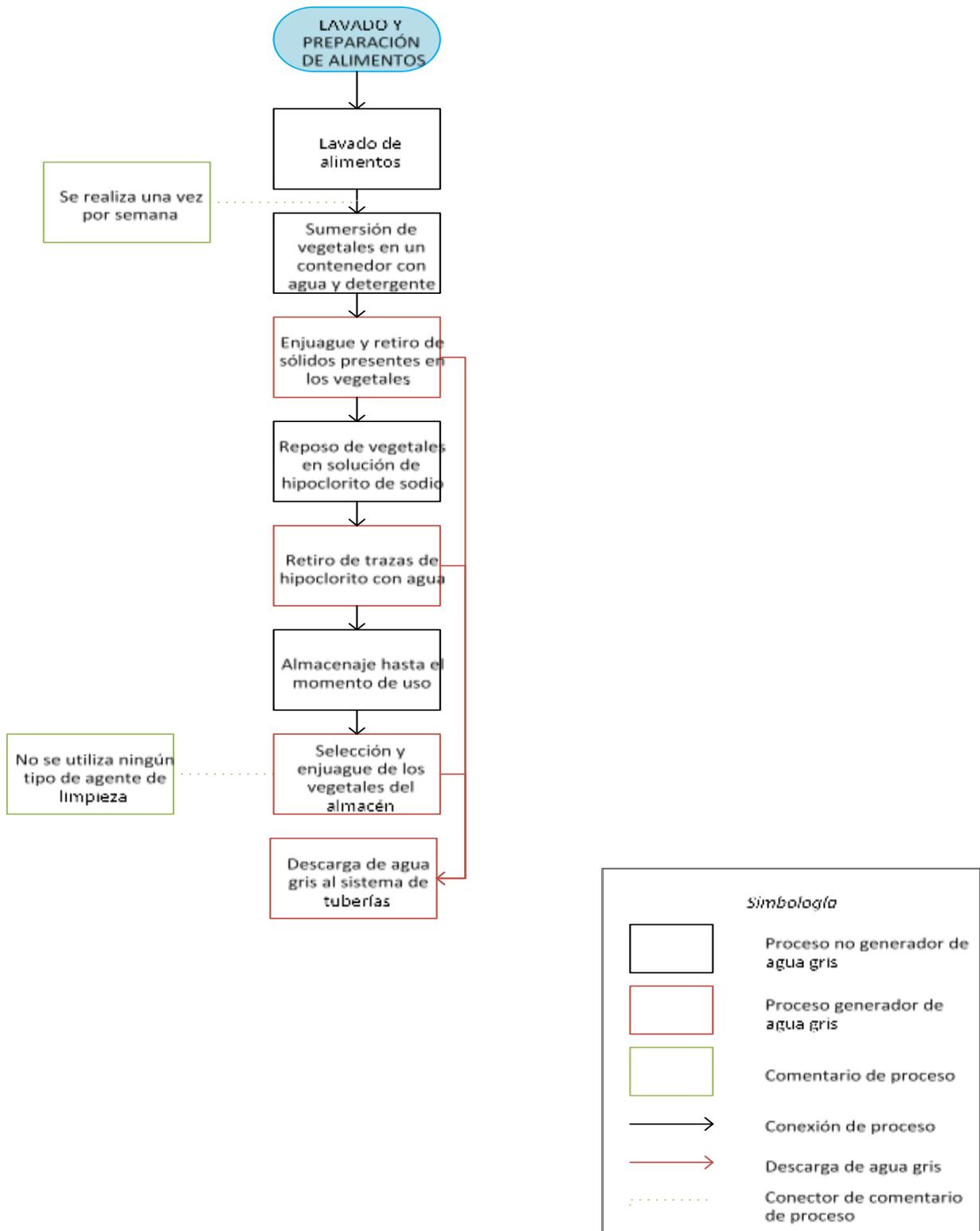
---

3. ¿CONOCE SI EXISTE ALGÚN TIPO DE DISPOSICIÓN DE DESECHOS ESPECIALES (ELECTRÓNICOS, Etc.)?

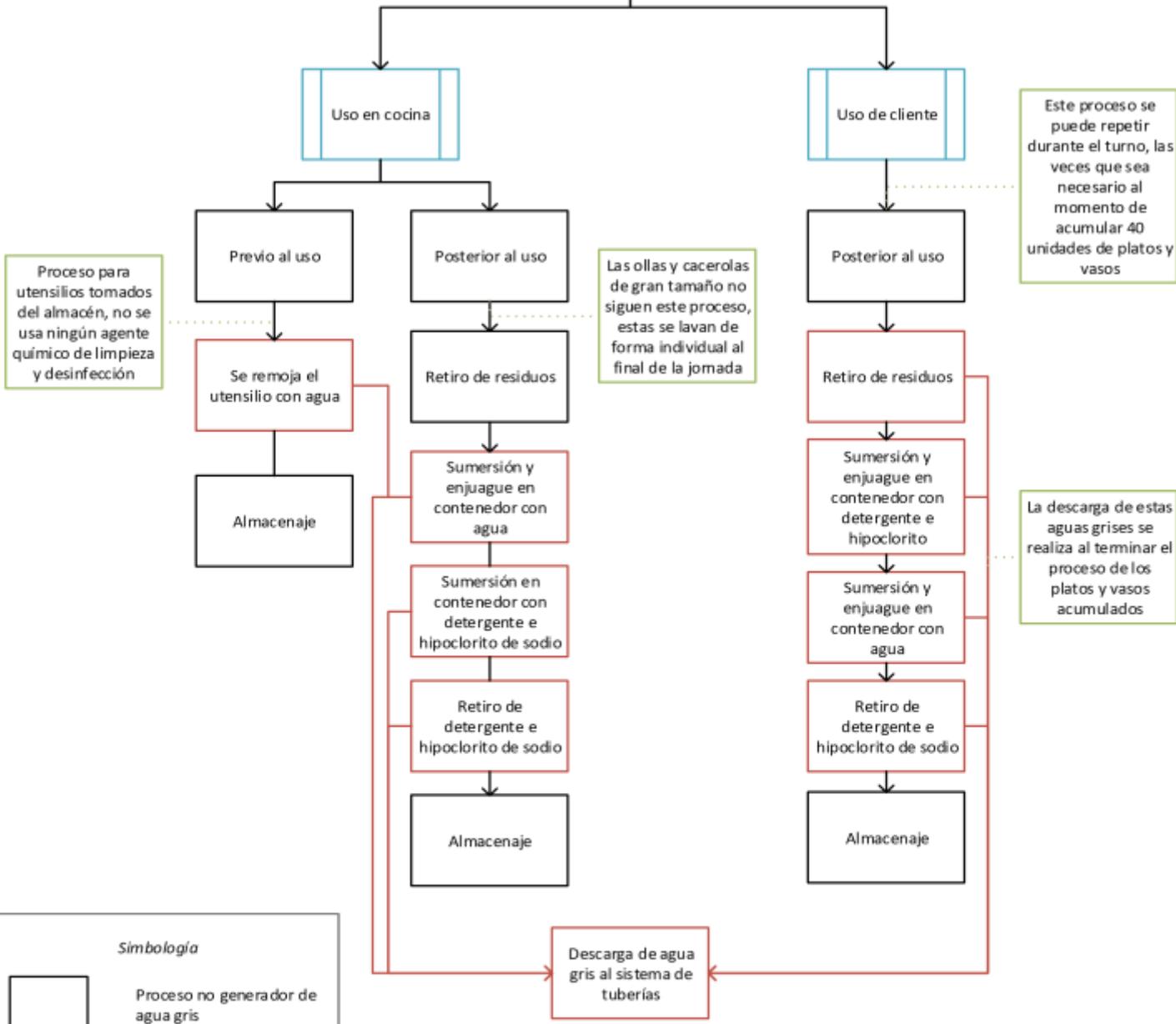
- a. NO
- b. SÍ (Especifique):

---

## ANEXO 3. DIAGRAMAS DE GENERACIÓN DE AGUAS GRISES POR ACTIVIDAD



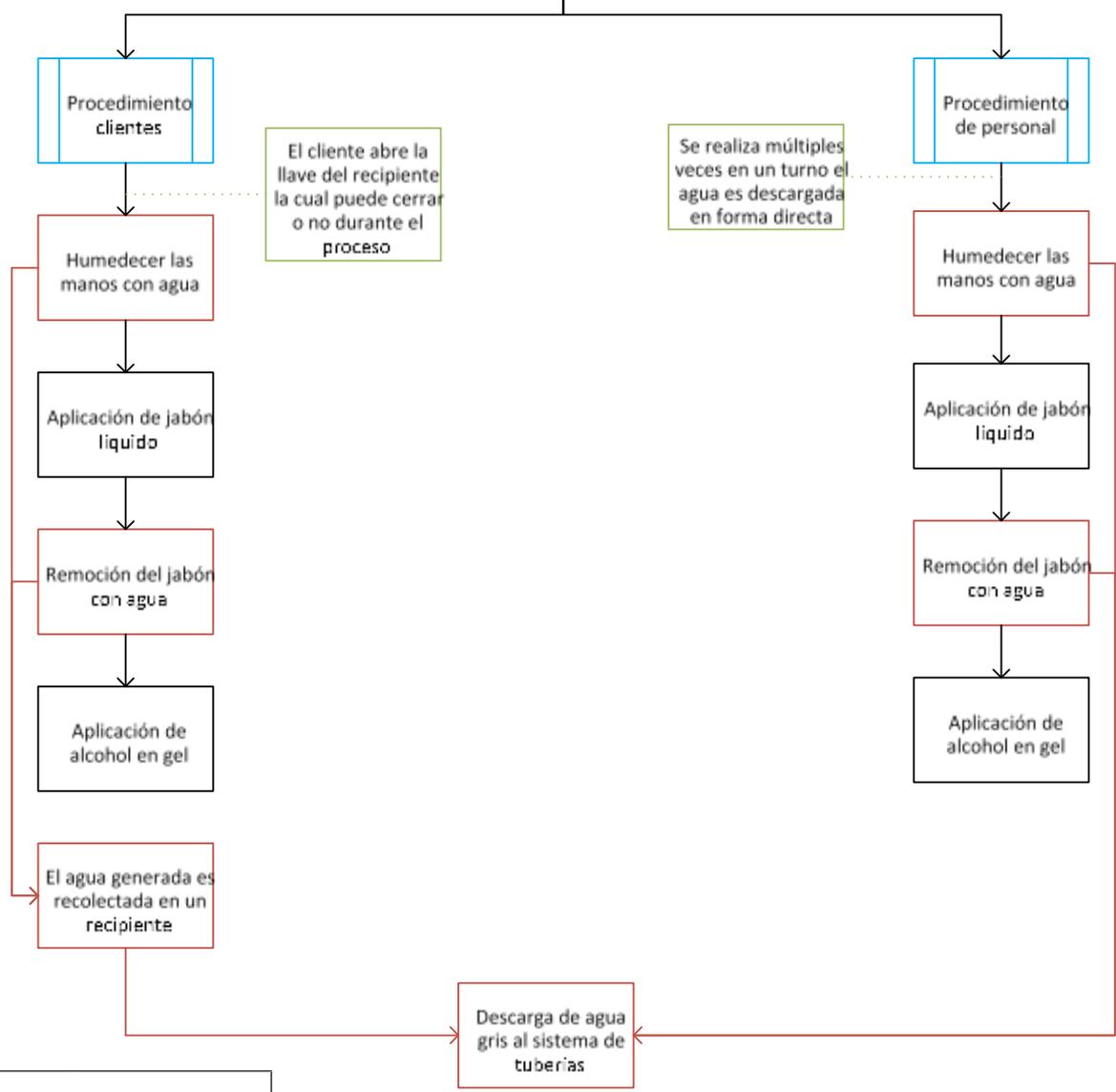
LAVADO DE UTENSILIOS DE COCINA



**Simbología**

- Proceso no generador de agua gris
- Proceso generador de agua gris
- Comentario de proceso
- Conexión de proceso
- Descarga de agua gris
- Conector de comentario de proceso

LAVADO DE MANOS



**Simbología**

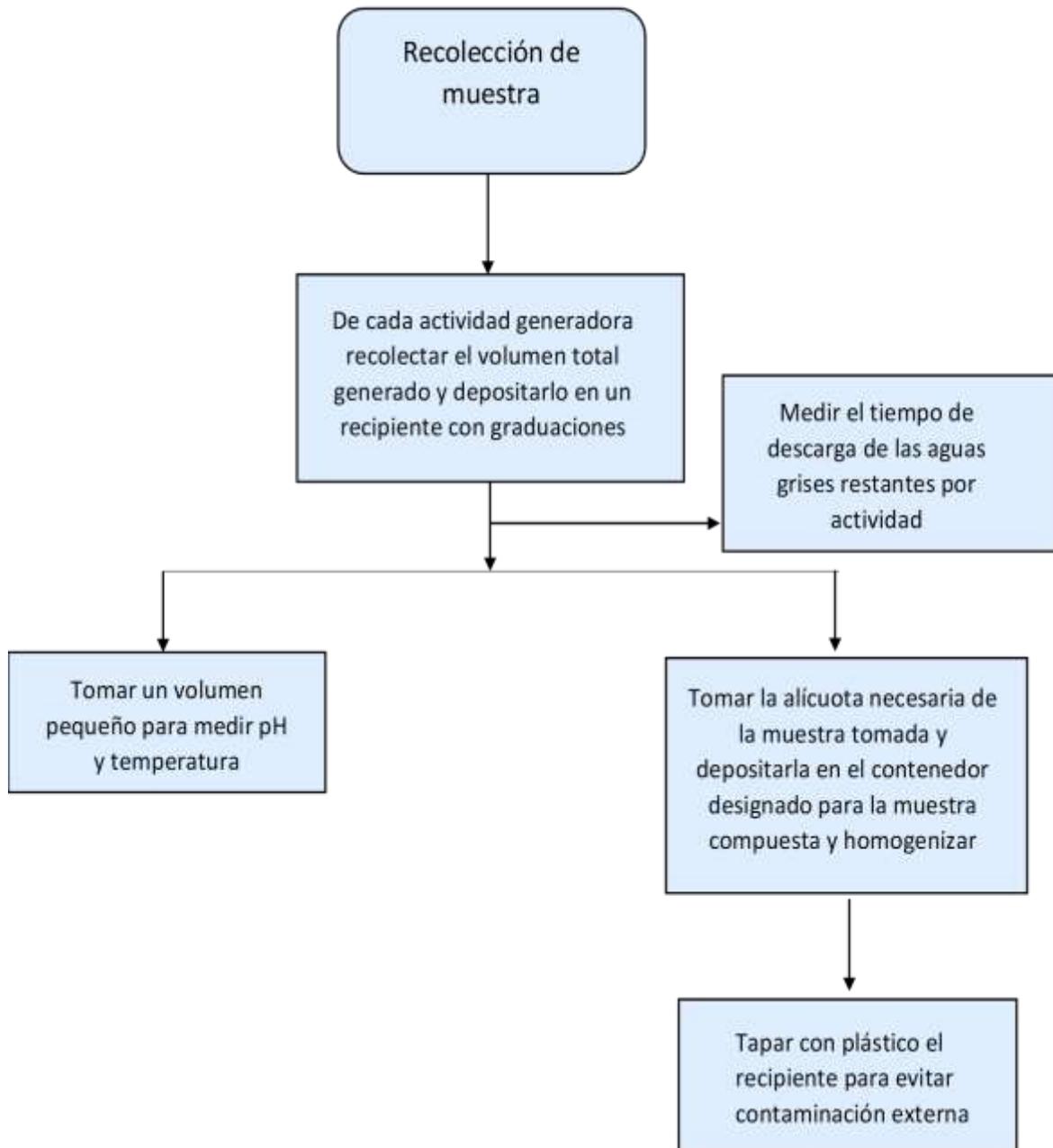
	Proceso no generador de agua gris
	Proceso generador de agua gris
	Comentario de proceso
	Conexión de proceso
	Descarga de agua gris
	Conector de comentario de proceso

## **ANEXO 4. PROCEDIMIENTO DE MUESTREO**

### **i. MATERIAL Y EQUIPO**

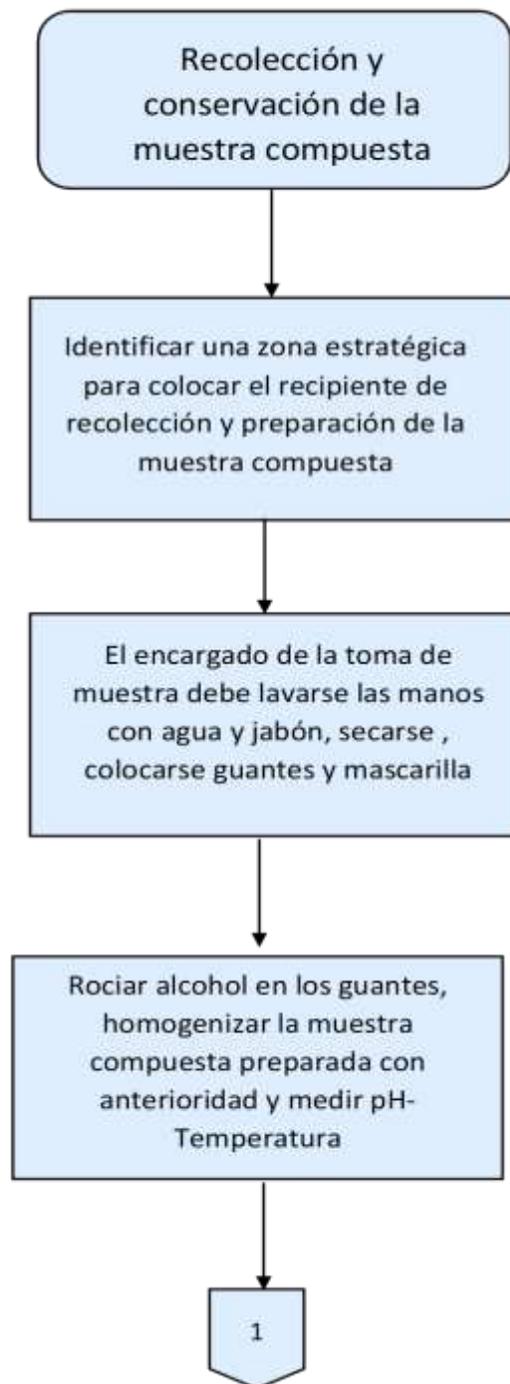
<b>CANTIDAD</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
1	Equipo portátil para medición de pH
1	Equipo portátil para medición de temperatura
1	Frasco lavador
1	Embudo plástico
1	Probeta plástica de 500 ml
10	Bolsas plásticas
1	Rollo de papel toalla
1	Atomizador con alcohol 70°
60	Guantes descartables
24	Mascarillas descartables
3	Contenedores de plástico de diferente volumen
10	Bolsas de hielo
1	Hielera
1	Marcador negro para rotular
1	Frasco de vidrio color ámbar de 3780 ml
1	Frasco de vidrio con solución de Ácido Sulfúrico de 1000 ml
1	Frasco de vidrio estéril de 250mL
1	Agitador de madera
1	Cronómetro
1	Cinta adhesiva

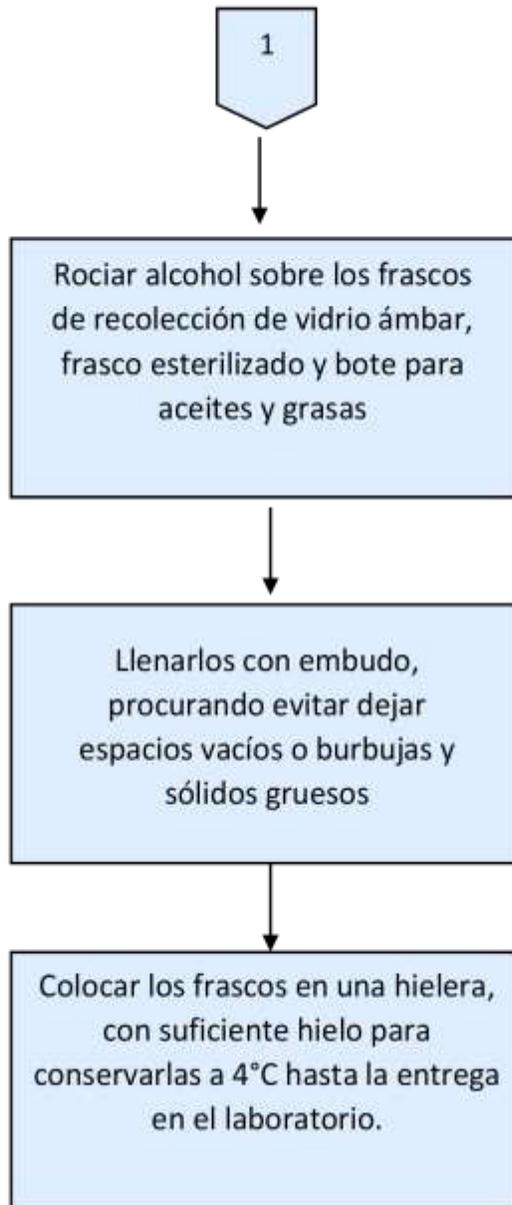
ii. DIAGRAMA DE PROCEDIMIENTO PARA LA RECOLECCIÓN DE AGUAS GRISAS PROVENIENTES DE LAS ACTIVIDADES IDENTIFICADAS



Este procedimiento se realizará para todas las actividades generadoras de aguas grises y se repetirá el número de veces que se realicen las actividades presentadas en el Anexo 3.

iii. DIAGRAMA DE PROCEDIMIENTO PARA LA RECOLECCIÓN DE LA MUESTRA COMPUESTA Y PROTOCOLO DE CONSERVACIÓN DE LA MUESTRA





**ANEXO 5.HOJA DE REGISTRO DE DATOS EN LA TOMA DE  
MUESTRAS**

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA E INGENIERÍA  
DE ALIMENTOS**



**REGISTRO DE DATOS EN LA TOMA DE MUESTRA.**

Encargado de tomar la muestra: \_\_\_\_\_

Lugar de la toma de muestra: Local comercial de alimentos del Mirador de Los Planes de  
Renderos

Nº. De muestra: \_\_\_\_\_

<b>Fecha:</b>	
<b>Hora:</b>	
<b>Localización del muestreo:</b>	
<b>Temperatura ambiente:</b>	

Mediciones de campo:

<b>Temperatura del agua (°C)</b>	<b>pH</b>	<b>Conductividad</b>

Observaciones:

---

# ANEXO 6. INFORME DE RESULTADOS DE LABORATORIO

## i. MUESTREO A

### INFORME DE RESULTADOS

San Salvador, 23 de octubre de 2019

N° de Solicitud SA2451	N° de Reporte: RA9329
<b>Datos del cliente</b>	
Empresa:	ADES Santa Marta
Responsable:	Erick Reynosa
Teléfono:	7090-4451
E-mail:	lex.reynosa@gmail.com

Datos de la muestra	
Naturaleza	0110
Fecha de ingreso:	11/10/2019
Hora de ingreso:	09:42 am
Fecha de análisis:	11/10/2019 a 17/10/2019
Datos de recolección de muestra	
Muestreo por:	Cliente

### REPORTE DE ANALISIS

DETERMINACION FISICOQUIMICA Y MICROBIOLOGICA	RESULTADO	METODO*
Demanda Química de Oxígeno (DQO) mg/L	11,760	Standard Methods for the examination of water and wastewater. American Public Health Association, American Water Works association, Water Environment Federation 5220-D, 22nd. Edition 2012.
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) mg/L	5,904	Standard Methods for the examination of water and wastewater. American Public Health Association, American Water Works association, Water Environment Federation 5210-B, 22nd. Edition 2012.
Sólidos Sedimentables ml/l	15	Standard Methods for the examination of water and wastewater. American Public Health Association, American Water Works association, Water Environment Federation 2540-F, 22nd. Edition 2012.
Sólidos Suspendidos Totales mg/L	1,245	Standard Methods for the examination of water and wastewater. American Public Health Association, American Water Works association, Water Environment Federation 2540-D, 22nd. Edition 2012.
Aceites y Grasas mg/L	630	Standard Methods for the examination of water and wastewater. American Public Health Association, American Water Works association, Water Environment Federation 5520-D, 22nd. Edition 2012.
pH (Medido en laboratorio)	7.28	Standard Methods for the examination of water and wastewater. American Public Health Association, American Water Works association, Water Environment Federation 4500- H+B, 22nd. Edition 2012.
Temperatura °C (Recepción de muestra)	20	Standard Methods, APHA AWWA WEF 21Ed 2005. 2550. Medición de temperatura, termómetro de sonda
Coliformes Totales NMP/100 mL	49	Standard Methods for the examination of water and wastewater. American Public Health Association, American Water Works association, Water Environment Federation 9221-B. 1b, 2b, 9221 C y 9221-E. 22nd. Edition 2012.
Sustancias Activas al azul de Metileno (SAAM) mg/L	17.8	Standard Methods for the examination of water and wastewater. American Public health Association, American Water Works association, Water Environment Federation 5540-C, 22nd. Edition 2012.
Cloruros mg/l	240	Standard Methods for the Examination of water and wastewater. 22nd Ed. 2012. Método 4500-Cl E, Método del Ferrocianuro automatizado.

\*Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.

mg/L: Miligramo por litro      ml/L: Mililitro por litro      NMP: Numero Más Probable      °C: Grados Celsius o Centígrados

Todos los análisis solicitados se realizaron en las instalaciones del CCCI, a excepción de: pH y Temperatura.

Las actividades que tiene repercusión sobre los resultados se realizaron bajo condiciones ambientales controladas.

**CARACTERISTICAS DE LA MUESTRA:** Muestra leve salmón, aspecto turbio, con abundantes sólidos en suspensión abundantes sólidos grasos, con abundantes sedimentos, olor a cloro. Recibido en frasco ámbar, frasco de vidrio frasco de vidrio estéril.

**OBSERVACIÓN:** No se cuenta con norma de referencia con la cual comparar los resultados obtenidos.



**ANALIZANDO Y ASESORANDO PARA UNA COMPETITIVIDAD SOSTENIBLE**

**CENTRO DE CONTROL DE CALIDAD INDUSTRIAL**

Calle San Antonio Abad, Urbanización Lisboa # 35,  
San Salvador, El Salvador, C.A.  
Teléfonos: (503) 2284-0888, (503) 2284-0223  
E-mail: asistente@ccci.com.sv, ventas@ccci.com.sv  
Página Web: ccci.com.sv



Su muestra se conservará por 24 horas después de la recepción del presente informe, para atender cualquier necesidad adicional.

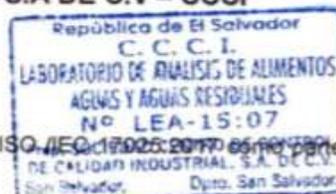
Los resultados del presente reporte corresponden en procedencia y código a la muestra indicada. Por políticas de confidencialidad y derechos de autor, la reproducción total de este reporte debe ser autorizada por el cliente; el Centro de Control de Calidad Industrial no autoriza la copia parcial del reporte.

Atentamente,

**CENTRO DE CONTROL DE CALIDAD INDUSTRIAL S.A DE C.V – CCCI**

  
Dra. Sulma Yanira Reyes de Serpas  
Dirección Ejecutiva

El CCCI trabaja con un sistema de Calidad Implementado bajo la Norma NTS ISO 9001:2015 como parte de la garantía de la calidad de nuestros procesos dirigida a nuestros clientes.



**ANALIZANDO Y ASESORANDO PARA UNA COMPETITIVIDAD SOSTENIBLE**

**CENTRO DE CONTROL DE CALIDAD INDUSTRIAL**

Calle San Antonio Abad, Urbanización Lisboa # 35,  
San Salvador, El Salvador, C.A.  
Teléfonos: (503) 2284-0888, (503) 2284-0223  
E-mail: asistente@ccci.com.sv, ventas@ccci.com.sv  
Página Web: ccci.com.sv



## ii. MUESTREO B

### INFORME DE RESULTADOS

San Salvador, 23 de octubre de 2019

N° de Solicitud SA2459	N° de Reporte: RA9349
<b>Datos del cliente</b>	
Empresa:	ADES Santa Marta
Responsable:	Erick Reynosa
Teléfono:	7090-4451
E-mail:	lex.reynosa@gmail.com

<b>Datos de la muestra</b>	
Naturaleza	0211
Fecha de ingreso:	12/10/2019
Hora de ingreso:	10:00 am
Fecha de análisis:	12/10/2019 a 17/10/2019
<b>Datos de recolección de muestra</b>	
Muestreo por:	Cliente

### REPORTE DE ANALISIS

DETERMINACION FISICOQUIMICA Y MICROBIOLÓGICA	RESULTADO	METODO*
Demanda Química de Oxígeno (DQO) mg/L	10,480	Standard Methods for the examination of water and wastewater. American Public Health Association, American Water Works association, Water Environment Federation 5220-D, 22nd. Edition 2012.
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) mg/L	5,166	Standard Methods for the examination of water and wastewater. American Public Health Association, American Water Works association, Water Environment Federation 5210-B, 22nd. Edition 2012.
Sólidos Sedimentables ml/l	20	Standard Methods for the examination of water and wastewater. American Public Health Association, American Water Works association, Water Environment Federation 2540-F, 22nd. Edition 2012.
Sólidos Suspendidos Totales mg/L	1,112	Standard Methods for the examination of water and wastewater. American Public Health Association, American Water Works association, Water Environment Federation 2540-D, 22nd. Edition 2012.
Aceites y Grasas mg/L	553	Standard Methods for the examination of water and wastewater. American Public Health Association, American Water Works association, Water Environment Federation 5520-D, 22nd. Edition 2012.
pH (Medido en laboratorio)	8.25	Standard Methods for the examination of water and wastewater. American Public Health Association, American Water Works association, Water Environment Federation 4500- H+B, 22nd. Edition 2012.
Temperatura °C (Recepción de muestra)	21.7	Standard Methods, APHA AWWA WEF 21Ed 2005. 2550. Medición de temperatura, termómetro de sonda
Coliformes Totales NMP/100 mL	11,000	Standard Methods for the examination of water and wastewater. American Public Health Association, American Water Works association, Water Environment Federation 9221-B, 1b, 2b, 9221 C y 9221-E. 22 nd. Edition 2012.
Cloruros mg/l	300	Standard Methods for the Examination of water and wastewater. 22nd Ed. 2012. Método 4500-Cl E, Método del Ferrocianuro automatizado.

\*Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.

mg/L: Miligramo por litro    ml/L: Mililitro por litro    NMP: Numero Más Probable    °C: Grados Celsius o Centígrados

Todos los análisis solicitados se realizaron en las instalaciones del CCCI, a excepción de: pH y Temperatura.

Las actividades que tiene repercusión sobre los resultados se realizaron bajo condiciones ambientales controladas.

**CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA:** Muestra de color blanco, aspecto turbio, con abundante presencia de grasa, abundantes sedimentos y abundantes sólidos en suspensión, olor a comida. Recibido en frasco ámbar, frasco de vidrio y frasco de vidrio estéril.

**OBSERVACIÓN:** No se cuenta con norma de referencia con la cual comparar los resultados obtenidos.



ANALIZANDO Y ASESORANDO PARA UNA COMPETITIVIDAD SOSTENIBLE

CENTRO DE CONTROL DE CALIDAD INDUSTRIAL

Calle San Antonio Abad, Urbanización Lisboa # 35,  
San Salvador, El Salvador, C.A.  
Teléfonos: (503) 2264-0588, (503) 2284-0223  
E-mail: asistencia@ccci.com.sv, ventas@ccci.com.sv  
Página Web: ccci.com.sv



Página 1 de 2

Su muestra se conservará por 24 horas después de la recepción del presente informe, para atender cualquier necesidad adicional.

Los resultados del presente reporte corresponden en procedencia y código a la muestra indicada. Por políticas de confidencialidad y derechos de autor, la reproducción total de este reporte debe ser autorizada por el cliente; el Centro de Control de Calidad Industrial no autoriza la copia parcial del reporte.

Atentamente,

### CENTRO DE CONTROL DE CALIDAD INDUSTRIAL S.A DE C.V – CCCI

  
Dra. Sulma Yanira Reyes de Serpas  
Dirección Ejecutiva

El CCCI trabaja con un sistema de Calidad implementado bajo la Norma NTS ISO /IEC 17025:2017, como parte de la garantía de la calidad de nuestros procesos dirigida a nuestros clientes.



ANALIZANDO Y ASESORANDO PARA UNA COMPETITIVIDAD SOSTENIBLE

CENTRO DE CONTROL  
DE CALIDAD INDUSTRIAL

Calle San Antonio Abad, Urbanización Llaboa # 35,  
San Salvador, El Salvador, C.A.  
Teléfonos: (503) 2284-0888, (503) 2284-0223  
E-mail: [asistente@ccci.com.sv](mailto:asistente@ccci.com.sv), [ventas@ccci.com.sv](mailto:ventas@ccci.com.sv)  
Página Web: [ccci.com.sv](http://ccci.com.sv)



### iii. MUESTREO C

#### INFORME DE RESULTADOS

San Salvador, 23 de octubre de 2019

N° de Solicitud SA2465	N° de Reporte: RA9384
<b>Datos del cliente</b>	
Empresa:	ADES Santa Marta
Responsable:	Erick Reynosa
Teléfono:	7090-4451
E-mail:	lex.reynosa@gmail.com

Datos de la muestra	
Naturaleza	0313
Fecha de ingreso:	14/10/2019
Hora de ingreso:	08:36 am
Fecha de análisis:	14/10/2019 a 19/10/2019
Datos de recolección de muestra	
Muestreo por:	Cliente

#### REPORTE DE ANALISIS

DETERMINACION FISICOQUIMICA Y MICROBIOLÓGICA	RESULTADO	METODO*
Demanda Química de Oxígeno (DQO) mg/L	7,040	Standard Methods for the examination of water and wastewater. American Public Health Association, American Water Works association, Water Environment Federation 5220-D, 22nd. Edition 2012.
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) mg/L	3,389	Standard Methods for the examination of water and wastewater. American Public Health Association, American Water Works association, Water Environment Federation 5210-B, 22nd. Edition 2012.
Sólidos Sedimentables ml/l	18	Standard Methods for the examination of water and wastewater. American Public Health Association, American Water Works association, Water Environment Federation 2540-F, 22nd. Edition 2012.
Sólidos Suspendedos Totales mg/L	1,870	Standard Methods for the examination of water and wastewater. American Public Health Association, American Water Works association, Water Environment Federation 2540-D, 22nd. Edition 2012.
Aceites y Grasas mg/L	292	Standard Methods for the examination of water and wastewater. American Public Health Association, American Water Works association, Water Environment Federation 5520-D, 22nd. Edition 2012.
pH (Medido en laboratorio)	7.66	Standard Methods for the examination of water and wastewater. American Public Health Association, American Water Works association, Water Environment Federation 4500- H+B, 22nd. Edition 2012.
Temperatura °C (Recepción de muestra)	8	Standard Methods, APHA AWWA WEF 21Ed 2005. 2550. Medición de temperatura, termómetro de sonda
Coliformes Totales NMP/100 mL	21,000	Standard Methods for the examination of water and wastewater. American Public Health Association, American Water Works association, Water Environment Federation 9221-B. 1b, 2b, 9221 C y 9221-E. 22 nd. Edition 2012.
Sustancias Activas al azul de Metileno (SAAM) mg/L	15.6	Standard Methods for the examination of water and wastewater. American Public Health Association, American Water Works association, Water Environment Federation 5540-C, 22nd. Edition 2012.
Cloruros mg/l	510	Standard Methods for the Examination of water and wastewater. 22nd Edition 2012. Método 4500-CI E, Método del Ferrocianuro automatizado.

\*Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.  
 mg/L: Miligramo por litro      ml/L: Mililitro por litro      NMP: Numero Más Probable      °C: Grados Celsius o Centígrados  
 Todos los análisis solicitados se realizaron en las instalaciones del CCCI, a excepción de: pH y Temperatura.  
 Las actividades que tiene repercusión sobre los resultados se realizaron bajo condiciones ambientales controladas.

**CARACTERISTICAS DE LA MUESTRA:** Muestra gris, de aspecto turbio, con abundante presencia de gránulos abundantes sólidos en suspensión y sedimentos, olor a comida y cloro. Recibido en frasco ámbar, frasco de vidrio frasco de vidrio estéril.

**OBSERVACIÓN:** No se cuenta con norma de referencia con la cual comparar los resultados obtenidos.



ANALIZANDO Y ASESORANDO PARA UNA COMPETITIVIDAD SOSTENIBLE

CENTRO DE CONTROL DE CALIDAD INDUSTRIAL

Calle San Antonio Abad, Urbanización Lisboa # 35,  
 San Salvador, El Salvador, C.A.  
 Teléfonos: (503) 2284-0888, (503) 2284-0223  
 E-mail: asistente@ccci.com.sv, ventas@ccci.com.sv  
 Página Web: ccci.com.sv



Su muestra se conservará por 24 horas después de la recepción del presente informe, para atender cualquier necesidad adicional.

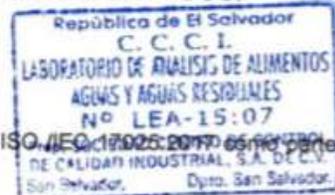
Los resultados del presente reporte corresponden en procedencia y código a la muestra indicada. Por políticas de confidencialidad y derechos de autor, la reproducción total de este reporte debe ser autorizada por el cliente; el Centro de Control de Calidad Industrial no autoriza la copia parcial del reporte.

Atentamente,

**CENTRO DE CONTROL DE CALIDAD INDUSTRIAL S.A DE C.V – CCCI**

  
Dra. Sulma Yanira Reyes de Serpas  
Dirección Ejecutiva

El CCCI trabaja con un sistema de Calidad Implementado bajo la Norma NTS ISO 9001:2015, es una parte de la garantía de la calidad de nuestros procesos dirigida a nuestros clientes.



ANALIZANDO Y ASESORANDO PARA UNA COMPETITIVIDAD SOSTENIBLE

**CENTRO DE CONTROL  
DE CALIDAD INDUSTRIAL**

Calle San Antonio Abad, Urbanización Liebos # 35,  
San Salvador, El Salvador, C.A.  
Teléfonos: (503) 2284-0888, (503) 2284-0223  
E-mail: [asistente@ccci.com.sv](mailto:asistente@ccci.com.sv), [ventas@ccci.com.sv](mailto:ventas@ccci.com.sv)  
Página Web: [ccci.com.sv](http://ccci.com.sv)



#### iv. MUESTREO D

#### INFORME DE RESULTADOS

San Salvador, 05 de noviembre de 2019

N° de Solicitud SA2556	N° de Reporte: RA9793
<b>Datos del cliente</b>	
Empresa:	ADES Santa Marta
Responsable:	Erick Reynosa
Teléfono:	7090-4451
E-mail:	lex.reynosa@gmail.com

<b>Datos de la muestra</b>	
Naturaleza	0424
Fecha de ingreso:	24/10/2019
Hora de ingreso:	09:22 am
Fecha de análisis:	25/10/2019 a 31/10/2019
<b>Datos de recolección de muestra</b>	
Muestreo por:	Cliente

#### REPORTE DE ANALISIS

DETERMINACION FISICOQUIMICA Y MICROBIOLÓGICA	RESULTADO	METODO*
Demanda Química de Oxígeno (DQO) mg/L	4,680	Standard Methods for the examination of water and wastewater. American Public Health Association, American Water Works association, Water Environment Federation 5220-D, 22 nd. Edition 2012.
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) mg/L	2,274	Standard Methods for the examination of water and wastewater. American Public Health Association, American Water Works association, Water Environment Federation 5210-B, 22nd. Edition 2012.
Sólidos Sedimentables ml/l	15	Standard Methods for the examination of water and wastewater. American Public Health Association, American Water Works association, Water Environment Federation 2540-F, 22nd. Edition 2012.
Sólidos Suspendedos Totales mg/L	1,007	Standard Methods for the examination of water and wastewater. American Public Health Association, American Water Works association, Water Environment Federation 2540-D, 22nd. Edition 2012.
Aceites y Grasas mg/L	156	Standard Methods for the examination of water and wastewater. American Public Health Association, American Water Works association, Water Environment Federation 5520-D, 22nd. Edition 2012.
pH (Medido en laboratorio)	8.53	Standard Methods for the examination of water and wastewater. American Public Health Association, American Water Works association, Water Environment Federation 4500- H+B, 22nd. Edition 2012.
Temperatura °C (Recepción de muestra)	5.8	Standard Methods, APHA AWWA WEF 21Ed 2005. 2550. Medición de temperatura, termómetro de sonda
Coliformes Totales NMP/100 mL	9,300	Standard Methods for the examination of water and wastewater. American Public Health Association, American Water Works association, Water Environment Federation 9221-B. 1b, 2b, 9221 C y 9221-E. 22 nd. Edition 2012.
Sustancias Activas al azul de Metileno (SAAM) mg/L	31.4	Standard Methods for the examination of water and wastewater. American Public Health Association, American Water Works association, Water Environment Federation 5540-C, 22nd. Edition 2012.
Cloruros mg/l	800	Standard Methods for the Examination of water and wastewater. 22nd Ed. 2012. Método 4500-Cl E, Método del Ferrocianuro automatizado.

\*Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.

mg /L: Miligramo por litro      ml/L: Mililitro por litro      NMP: Numero Más Probable      °C: Grados Celsius o Centígrados

Todos los análisis solicitados se realizaron en las instalaciones del CCCI, a excepción de: pH y Temperatura.

Las actividades que tiene repercusión sobre los resultados se realizaron bajo condiciones ambientales controladas.

**CARACTERISTICAS DE LA MUESTRA:** Muestra de color amarillo, aspecto turbio, con presencia de grasa, con formación de espuma, olor a detergente y grasa. Recibido en frasco ámbar, frasco de vidrio y frasco de vidrio estéril.

**OBSERVACIÓN:** No se cuenta con norma de referencia con la cual comprar los resultados obtenidos.



ANALIZANDO Y ASESORANDO PARA UNA COMPETITIVIDAD SOSTENIBLE

CENTRO DE CONTROL DE CALIDAD INDUSTRIAL

Calle San Antonio Abad, Urbanización Lisboa # 35,  
San Salvador, El Salvador, C.A.  
Teléfonos: (503) 2284-0888, (503) 2284-0223  
E-mail: asistente@ccci.com.sv, ventas@ccci.com.sv  
Página Web: cccl.com.sv



Su muestra se conservará por 24 horas después de la recepción del presente informe, para atender cualquier necesidad adicional.

Los resultados del presente reporte corresponden en procedencia y código a la muestra indicada. Por políticas de confidencialidad y derechos de autor, la reproducción total de este reporte debe ser autorizada por el cliente; el Centro de Control de Calidad Industrial no autoriza la copia parcial del reporte.

Atentamente,

**CENTRO DE CONTROL DE CALIDAD INDUSTRIAL S.A DE C.V. – CCCI**

  
Dra. Sulma Yanira Reyes de Serpas  
Dirección Ejecutiva



El CCCI trabaja con un sistema de Calidad implementado bajo la Norma NTS ISO/IEC 17025:2017 como parte de la garantía de la calidad de nuestros procesos dirigida a nuestros clientes.



ANALIZANDO Y ASESORANDO PARA UNA COMPETITIVIDAD SOSTENIBLE

**CENTRO DE CONTROL  
DE CALIDAD INDUSTRIAL**

Calle San Antonio Abad, Urbanización Lirios # 35,  
San Salvador, El Salvador, C.A.  
Teléfono: (503) 2284-0888, (503) 2284-0223  
E-mail: [asistente@ccci.com.sv](mailto:asistente@ccci.com.sv), [ventas@ccci.com.sv](mailto:ventas@ccci.com.sv)  
Página Web: [ccci.com.sv](http://ccci.com.sv)



## ANEXO 7. ANÁLISIS ESTADÍSTICO POR PARÁMETRO

En los incisos siguientes se detalla el análisis estadístico descriptivo por cada parámetro requerido por el RTS 13.05.01:18 para el vertido a un medio receptor de aguas residuales de tipo ordinario.

### a. Demanda Química de Oxígeno (DQO).

Para la Demanda Química de Oxígeno se tuvieron en cuenta los datos establecidos para cada muestreo en la Tabla 3.16. para éste parámetro.

<b>MUESTREO- Demanda Química de Oxígeno (DQO) (mg/l)</b>			
<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>
11,760	10,480	7,040	4,680

Los datos fueron analizados estadísticamente y se presentan en la Tabla A.7.1.

*Tabla A.7.1. Estadística descriptiva de la Demanda Química de Oxígeno (DQO).*

<b>Demanda Química de Oxígeno (DQO) (mg/l)</b>	
Media	8490
Error típico	1614.300674
Mediana	8760
Moda	#N/A
Desviación estándar	3228.601348
Varianza de la muestra	10423866.67
Curtosis	-2.911383844
Coeficiente de asimetría	-0.307211604
Rango	7080
Mínimo	4680
Máximo	11760
Suma	33960
Cuenta	4
Mayor (1)	11760
Menor(1)	4680
Nivel de confianza(95.0%)	5137.425216

Por ser un conjunto de datos resulta necesario obtener el estudio estadístico descriptivo de los mismos, tal como se presenta en la Tabla A.7.1. y, específicamente con la Media determinada y el Nivel de confianza (95%) se debe calcular un Intervalo de confianza, para poder analizarlo con los límites permisibles del RTS 13.05.01:18.

Un intervalo de confianza está comprendido por un límite inferior y un límite superior, éstos vienen dados por las siguientes ecuaciones:

$$\begin{aligned} \text{Límite Inferior} &= \text{Media} - \text{Nivel de confianza (95\%)} \\ \text{Límite superior} &= \text{Media} + \text{Nivel de confianza (95\%)} \end{aligned}$$

Para el caso de la Demanda Química de Oxígeno, de acuerdo a los datos presentados en la Tabla A.7.1. el Intervalo de confianza se calculará de la siguiente manera:

i.

$$\text{Límite Inferior} = \text{Media} - \text{Nivel de confianza (95\%)}$$

$$\text{Límite Inferior} = (8490 - 5137.425216) \text{ mg/l}$$

$$\text{Límite Inferior} = 3302.574784 \text{ mg/l}$$

$$\text{Límite Inferior} \cong 3302.574784 \text{ mg/l}$$

ii.

$$\text{Límite Superior} = \text{Media} + \text{Nivel de confianza (95\%)}$$

$$\text{Límite Superior} = (8490 + 5137.425216) \text{ mg/l}$$

$$\text{Límite Superior} = 13627.425216 \text{ mg/l}$$

$$\text{Límite Superior} \cong 13627.43 \text{ mg/l}$$

Para el caso de la Demanda Química de Oxígeno, el Intervalo de confianza es:

Intervalo de confianza Demanda Química de Oxígeno (DQO), (mg/l)	
LI	3352.57
LS	13627.43

De ésta manera se calcularán el resto de los parámetros establecidos por el RTS13.05.01:18.

**b. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>)**

Para la Demanda Bioquímica de Oxígeno se tuvieron en cuenta los datos establecidos en la Tabla 3.16. para éste parámetro.

<b>MUESTREO- Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>), (mg/l)</b>			
<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>
5,904	5,166	3,389	2,274

Los datos fueron analizados estadísticamente y se presentan en la Tabla A.7.2.

*Tabla A.7.2. Estadística descriptiva de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>).*

<b>Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>), (mg/l)</b>	
Media	4183.25
Error típico	826.7832621
Mediana	4277.5
Moda	#N/A
Desviación estándar	1653.566524
Varianza de la muestra	2734282.25
Curtosis	-3.07333383
Coficiente de asimetría	-0.20885657
Rango	3630
Mínimo	2274
Máximo	5904
Suma	16733
Cuenta	4
Mayor (1)	5904
Menor(1)	2274
Nivel de confianza(95.0%)	2631.193338

Para el caso de la Demanda Bioquímica de Oxígeno, de acuerdo a los datos presentados en la Tabla A.7.2. el Intervalo de confianza es:

<b>Intervalo de confianza Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>), (mg/l)</b>	
<b>LI</b>	<b>1552.06</b>
<b>LS</b>	<b>6814.44</b>

**c. Sólidos Suspendidos Totales (SST)**

Para los Sólidos Suspendidos Totales se tuvieron en cuenta los datos establecidos en la Tabla 3.16. para éste parámetro.

<b>MUESTREO- Sólidos Suspendidos Totales (SST), (mg/l)</b>			
<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>
1,245	1,112	1,870	1,007

Los datos fueron analizados estadísticamente y se presentan en la Tabla A.7.3.

*Tabla A.7.3. Estadística descriptiva de Sólidos Suspendidos Totales (SST).*

<b>Sólidos Suspendidos Totales (SST), (mg/L)</b>	
Media	1308.5
Error típico	193.3970441
Mediana	1178.5
Moda	#N/A
Desviación estándar	386.7940882
Varianza de la muestra	149609.6667
Curtosis	2.758324878
Coficiente de asimetría	1.633375616
Rango	863
Mínimo	1007
Máximo	1870
Suma	5234
Cuenta	4
Mayor (1)	1870
Menor(1)	1007
Nivel de confianza(95.0%)	615.4757084

Para el caso de los Sólidos Suspendidos Totales, de acuerdo a los datos presentados en la Tabla A.7.3. el Intervalo de confianza es:

<b>Intervalo de confianza Sólidos Suspendidos Totales (SST), (mg/L)</b>	
<b>LI</b>	<b>693.02</b>
<b>LS</b>	<b>1923.98</b>

#### d. Sólidos Sedimentables (SS)

Para los Sólidos Sedimentables se tuvieron en cuenta los datos establecidos en la Tabla 3.16. para éste parámetro.

<b>MUESTREO-Sólidos Sedimentables (SS), (ml/l)</b>			
<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>
15	20	18	15

Los datos fueron analizados estadísticamente y se presentan en la Tabla A.7.4.

*Tabla A.7.4. Estadística descriptiva de Sólidos Sedimentables (SS).*

<b>Sólidos Sedimentables (S.S), (ml/l)</b>	
Media	17
Error típico	1.224744871
Mediana	16.5
Moda	15
Desviación estándar	2.449489743
Varianza de la muestra	6
Curtosis	-2.944444444
Coficiente de asimetría	0.544331054
Rango	5
Mínimo	15
Máximo	20
Suma	68
Cuenta	4
Mayor (1)	20
Menor(1)	15
Nivel de confianza(95.0%)	3.897684791

Para el caso de los Sólidos Sedimentables, de acuerdo a los datos presentados en la Tabla A.7.4. el Intervalo de confianza es:

<b>Intervalo de confianza Sólidos Sedimentables (SS), (ml/L)</b>	
<b>LI</b>	<b>13.10</b>
<b>LS</b>	<b>20.90</b>

**e. Aceites y Grasas.**

Para Aceites y Grasas se tuvieron en cuenta los datos establecidos en la Tabla 3.16. para éste parámetro.

<b>MUESTREO- Aceites y Grasas (mg/l)</b>			
<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>
630	553	292	156

Los datos fueron analizados estadísticamente y se presentan en la Tabla A.7.5.

*Tabla A.7.5. Estadística descriptiva de Aceites y Grasas.*

<b>Aceites y Grasas (mg/l)</b>	
Media	407.75
Error típico	110.780846
Mediana	422.5
Moda	#N/A
Desviación estándar	221.561692
Varianza de la muestra	49089.5833
Curtosis	-3.70485259
Coficiente de asimetría	-0.2123122
Rango	474
Mínimo	156
Máximo	630
Suma	1631
Cuenta	4
Mayor (1)	630
Menor(1)	156
Nivel de confianza(95.0%)	352.554094

Para el caso de Aceites y Grasas, de acuerdo a los datos presentados en la Tabla A.7.5. el Intervalo de confianza es:

<b>Intervalo de confianza Aceites y Grasas (mg/l)</b>	
<b>LI</b>	<b>55.20</b>
<b>LS</b>	<b>760.30</b>

**f. Sustancias Activas al Azul de Metileno (SAAM).**

Para las Sustancias Activas al Azul de Metileno se tuvieron en cuenta los datos establecidos en la Tabla 3.16. para éste parámetro.

<b>MUESTREO- Sustancias Activas al Azul de Metileno (SAAM), (mg/l)</b>			
<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>
17.8	16.3	15.6	31.4

Los datos fueron analizados estadísticamente y se presentan en la Tabla A.7.6.

*Tabla A.7.6. Estadística descriptiva de Sustancias Activas al Azul de Metileno (SAAM).*

<b>Sustancias Activas al Azul de Metileno (SAAM), (mg/L)</b>	
Media	20.275
Error típico	3.736615
Mediana	17.05
Moda	#N/A
Desviación estándar	7.47323
Varianza de la muestra	55.8491667
Curtosis	3.68725447
Coefficiente de asimetría	1.91155507
Rango	15.8
Mínimo	15.6
Máximo	31.4
Suma	81.1
Cuenta	4
Mayor (1)	31.4
Menor(1)	15.6
Nivel de confianza(95.0%)	11.8915766

Para el caso de Sustancias Activas al Azul de Metileno, de acuerdo a los datos presentados en la Tabla A.7.6. el Intervalo de confianza es:

<b>Intervalo de confianza Sustancias Activas al Azul de Metileno (SAAM), (mg/l)</b>	
<b>LI</b>	<b>8.38</b>
<b>LS</b>	<b>32.17</b>

**g. Cloruros (Cl<sup>-</sup>).**

Para los cloruros se tuvieron en cuenta los datos establecidos en la Tabla 3.16. para éste parámetro.

<b>MUESTREO- Cloruros (Cl<sup>-</sup>), (mg/l)</b>			
<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>
240	300	510	800

Los datos fueron analizados estadísticamente y se presentan en la Tabla A.7.7.

*Tabla A.7.7. Estadística descriptiva de Cloruros.*

<b>Cloruros (Cl<sup>-</sup>), (mg/l)</b>	
Media	462.5
Error típico	126.5158093
Mediana	405
Moda	#N/A
Desviación estándar	253.0316186
Varianza de la muestra	64025
Curtosis	-0.385342813
Coeficiente de asimetría	0.956538013
Rango	560
Mínimo	240
Máximo	800
Suma	1850
Cuenta	4
Mayor (1)	800
Menor(1)	240
Nivel de confianza(95.0%)	402.6297698

Para el caso de los Cloruros, de acuerdo a los datos presentados en la Tabla A.7.7. el Intervalo de confianza es:

<b>Intervalo de confianza Cloruros (Cl<sup>-</sup>), (mg/l)</b>	
<b>LI</b>	<b>59.87</b>
<b>LS</b>	<b>865.13</b>

#### h. Coliformes Totales

Para los Coliformes Totales se tuvieron en cuenta los datos establecidos en la Tabla 3.17, y por tratarse de un parámetro microbiológico, se calculará el Logaritmo Natural (Ln) a los resultados obtenidos, con el objetivo de obtener una tendencia aproximadamente Normal.

MUESTREO	Coliformes Totales (CT), (NMP/100 MI)	
	CT	Ln (CT)
A	49	3.89
B	11,000	9.31
C	21,000	9.95
D	9,300	9.14

Una vez calculado el logaritmo natural de los datos de Coliformes Totales, se procede a realizar su análisis estadístico, tal como se muestra en la Tabla A.7.8. mostrada a continuación.

Tabla A.7.8. Estadística descriptiva de Coliformes Totales.

Coliformes Totales	
Media	8.07187956
Error típico	1.40437131
Mediana	9.22171012
Moda	#N/A
Desviación estándar	2.80874262
Varianza de la muestra	7.88903509
Rango	6.06045742
Mínimo	3.8918203
Máximo	9.95227772
Suma	32.2875182
Cuenta	4
Mayor (1)	9.95227772
Menor(1)	3.8918203
Nivel de confianza(95.0%)	4.46933628

Para el caso de los Coliformes totales, de acuerdo a los datos presentados en la Tabla A.7.8. Intervalo de confianza obtenido es:

<b>Intervalo de confianza Coliformes Totales (CT), (NMP/100 ml)</b>	
<b>LI</b>	<b>3.60</b>
<b>LS</b>	<b>12.54</b>

Sin embargo, hay que tener en cuenta que los valores anteriores han sido calculados a partir del logaritmo natural de los datos experimentales obtenidos, por tratarse de un parámetro microbiológico, por lo cual, para obtener los intervalos de confianza reales, elevaremos el número  $e$  a los resultados antes presentados, cuyos valores se presentan a continuación.

<b>Intervalo de confianza Coliformes Totales (CT), (NMP/100 ml)</b>	
<b>LI</b>	<b>36.69</b>
<b>LS</b>	<b>279628.12</b>

## ANEXO 8. COSTOS UNITARIOS DE MATERIALES A UTILIZAR EN SISTEMA DE MALLAS/ REJILLAS<sup>2</sup>



**HUVE Colador Extensible Encima del Fregadero, Malla Fina de Acero Inoxidable, Grande Tamaño, Multi Uso, Durable**

Marca: HUVE

★★★★☆ - 7 valoraciones

Precio: **19,99 €**

Precio final del producto

- Material: acero inoxidable de alta calidad + silicona. Tamaño aproximadamente 34 \* 24 \* 11 cm / 13.39 \* 9.45 \* 4.33 in, Tamaño desplegado: alrededor de 54 \* 24 \* 11.3 cm / 21.26 \* 9.45 \* 4.53 in.
- Puede lavar frutas y verduras con el producto que también se puede utilizar como malla filtrante, colador, escurridor, almazén y cesta de fruta.
- El mango retráctil es de gran práctica y fácil operación, adecuado para diferentes tamaños de lavamanos.
- Está hecho de acero inoxidable, que es duradero, estable, resistente a la oxidación o al desgaste. Nuestro producto que compra puede usarse durante mucho tiempo, por lo que puede ayudarlo a ahorrar más dinero.
- El colador también es ideal para filtrar, filtrar impurezas y para la preparación de alimentos como enjuagar y lavar frutas, verduras, arroz, granos y pastas.

Pasa el ratón por encima de la imagen para ampliarla





**Gosear - 2 Piezas Filtro Fregadero, Colador para Acero Inoxidable Fregadero de Cocina, Colador de Desagüe Fregadero Baño Ducha 11 cm de diámetro**

Marca: Gosear

★★★★☆ - 7 valoraciones

Precio: **10,18 €**

Precio final del producto

- Conveniente para el diámetro interior 7.5-9.3cm/ 2.95-3.7inches.
- Función: permite que el agua pase a través mientras que captura basura, partículas y más, para evitar la obstrucción de desagües.
- Acabado: hecho del acero inoxidable, no mucho, cómodo de la mano blanca, fáciles de limpiar y seguros para su uso.
- Españoles: Intermixos y otros artículos, también fuerte para su conveniente uso. Especificaciones:

[Ver más detalles](#)



**Desagüe de ducha cuadrado, drenaje de piso de malla cuadrada de cobre completo drenaje de piso de oro rosa desagüe de baño de baño desodorizante, adecuado para cocina, baño**

Marca: Floor drain

Precio: **29,32 €** + 30,00 € de envío

Precio final del producto

- Durabilidad: las baldosas del baño están hechas de cobre y son lo suficientemente duraderas como para resistir suficiente resistencia y presión para evitar la corrosión y la oxidación.
- Características principales: la rejilla desmontable facilita la limpieza, un drenaje único para evitar la entrada de gusanos, un drenaje fácil, evita malos olores, insectos y ratones
- Fácil de drenar: la base de drenaje está diseñada con una línea de caída para un flujo de agua eficiente de alto flujo hacia el desagüe, para cocinas, baños, garajes, sótanos e inodoros
- Limpieza y mantenimiento: después de usar por un tiempo, abra el desagüe cuadrado de la ducha y retire el filtro. Lave el filtro con agua. Es fácil de limpiar
- Nota: Asumimos toda la responsabilidad de nuestros productos. Si tiene alguna pregunta sobre nuestros productos, no dude en contactarnos y le ayudaremos con su solución.

[Ver más detalles](#)

Pasa el ratón por encima de la imagen para ampliarla



<sup>2</sup> Costos tomados de sitio web oficial de Amazon internacional

## ANEXO 9. COSTOS UNITARIOS DE MATERIALES A UTILIZAR EN CONSTRUCCIÓN DE TRAMPA DE GRASA<sup>3</sup>



### **CODO PVC LISO 4 PLG 45° GDO**

CODIGO 769401

Agregar a favoritos

**\$9.95**

UNIDAD: C/U  
AMANCO



#### INFORMACIÓN DEL PRODUCTO

- INDICADO PARA USO EN TUBERÍAS AGUA POTABLE



### **TEE PVC LISA 4 PLG**

CODIGO 579095

**\$9.50**

UNIDAD: C/U  
DURMAN

Este producto no está en la tienda selecta  
[Ver disponibilidad](#)

#### INFORMACIÓN DEL PRODUCTO



### **TUBO PVC 4 PULGADA X 6 METROS 100 PSI**

CODIGO 578915

**\$19.75**

UNIDAD: ME  
DURMAN

Este producto no está en la tienda selecta  
[Ver disponibilidad](#)

#### INFORMACIÓN DEL PRODUCTO

<sup>3</sup>Costos tomados de sitio web oficial de Ferretería Freund El Salvador

## VARILLA ROSCADA GALVANIZADA 3/8 X 3 M

CODIGO 15209509

 Agregar a favoritos

\$3.95



UNIDAD: CU



### INFORMACIÓN DEL PRODUCTO

## LADRILLO OBRA ROJO 7 CM PRECIO PUESTO EN TIENDA LOURDES

CODIGO 545267

 Agregar a favoritos

\$0.25



UNIDAD: CU



### INFORMACIÓN DEL PRODUCTO

## CEMENTO PORTLAND FUERTE GRIS 93.5 LB HOLCIM PRECIO PUESTO EN TIENDAS SAN SALVADOR

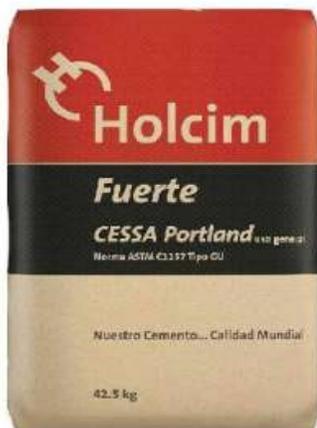
CODIGO 1043206

 Agregar a favoritos

\$8.20



UNIDAD: CU  
HOLCIM



### INFORMACIÓN DEL PRODUCTO



## ARENA PRECIO PUESTO EN TIENDAS SAN SALVADOR

CODIGO 3113806

 [Agregar a favoritos](#)

**\$16.75**

 Este producto no está disponible en la tienda seleccionada

[Ver disponibilidad en tiendas](#)

UNIDAD: MT3

INFORMACIÓN DEL PRODUCTO



## GRAVA N.º 1 PRECIO PUESTO EN TIENDAS SAN SALVADOR

CODIGO 3113806

 [Agregar a favoritos](#)

**\$41.25**

 Este producto no está disponible en la tienda seleccionada

[Ver disponibilidad en tiendas](#)

UNIDAD: MT3

INFORMACIÓN DEL PRODUCTO

# ANEXO 10. FICHA TÉCNICA Y COTIZACIÓN DE TRAMPA DE GRASA



**COPROSER SA DE CV**

CONJUNTO DE ASOCIADOS Y PROVEEDORES DE BIENES Y SERVICIOS

San Salvador, 24 de mayo de 2020

ISF  
Presente

Estimados

Atentamente les remito nuestra oferta de acuerdo a su solicitud de cotización, específicamente sobre el ítem que se especifica en esta, la cual ponemos a su consideración.

ITEM	CANTIDAD	UNIDAD DE MEDIDA	DESCRIPCIÓN Y CARACTERÍSTICAS	Precio unitario con IVA (US\$)	Precio total con IVA (US\$)
1	1	C/U	<p><b>TRAMPA DE GRASA 4 GPM</b> <b>MARCA: WENTWORTH</b> <b>MODELO: WP-GT-4</b></p>  <ul style="list-style-type: none"> <li>Unidad diseñada para ser montada en el piso en lugares de alta demanda.</li> <li>Construida con acero al carbono calibre 11</li> <li>Recubrimiento de pintura en polvo, para protección contra la corrosión</li> <li>Tamaño de tubería de entrada y salida de 2"</li> <li>Tapadera con seguro en el centro</li> <li>Dimensiones: (LxWxH) 16.18" x 15.18" x 11.18"</li> </ul>	289.00	289.00
<b>TOTAL con IVA</b>				<b>\$289.00</b>	

**CONDICIONES DE LA OFERTA**

- Validez de la oferta 60 días
- Pago 50% al momento de la orden de compra y 50% contra entrega
- Entrega 30 días hábiles después de la entrega de la orden de compra
- Garantía de 06 meses

Prolongación Juan Pablo II, Residencial El Volcán, Senda El Volcán #11  
TEL.: -61242993 y 22622198

**cotizaciones@coproser.net**



**COPROSER SA DE CV**

CONDOMINIOS ASOCIADOS Y PROVEEDORES DE BIENES Y SERVICIOS

---

**OFERTANTE:** COPROSER SA DE CV

**MATRÍCULA DE COMERCIO:** 2014079396

**NIT N°:** 0614-300514-102-5

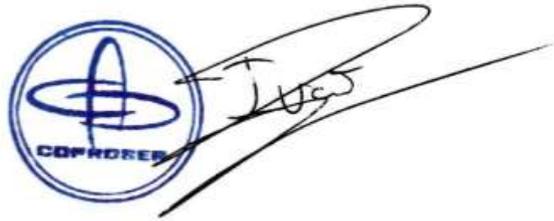
**NRC:** 233041-9

**DIRECCIÓN:** Prolongación Juan Pablo II, Residencial El Volcán, Senda El Volcán # 11

**TEL.:** 74062063-61242993-22622198

**Fax:** 21241970

**CORREO ELECTRÓNICO:** cotizaciones@coproser.net



Lic. Iván Evaristo Oliver Odowd  
Representante Legal

---

Prolongación Juan Pablo II, Residencial El Volcán, Senda El Volcán #11

TEL.: -61242993 y 22622198

**cotizaciones@coproser.net**

# ANEXO 11. BIODIGESTOR AUTOLIMPIABLE.

## i. FICHA TÉCNICA



### Biodigestor Autolimpiable

#### Especificaciones Técnicas

- Equipo para el tratamiento primario de aguas negras y grises para su descarga a suelo (pozo de absorción o infiltración) o drenaje.
- Sistema patentado de autolimpieza para purga de lodo, sin necesidad de usar equipo especial.
- Utiliza un filtro anaerobio interno que aumenta la eficiencia de tratamiento del agua, no requiere de electricidad para su funcionamiento o algún producto químico para tratar el agua.
- Fabricado con HDPE 100% virgen de una sola pieza (polietileno de alta densidad).

#### Cuadro de capacidades\*

Tipode Usuario	Aportación /Consumo diario por usuario	RP - 600 L (600 L)	RP - 1 300 L (1 300 L)	RP - 3 000 L (3 000 L)	RP - 7 000 L (7 000 L)
Zona Rural	130 L	5 personas	10 personas	25 personas	60 personas
Zona Urbana	260 L	2 personas	5 personas	10 personas	23 personas
Oficina	30 L	20 personas	43 personas	100 personas	233 personas

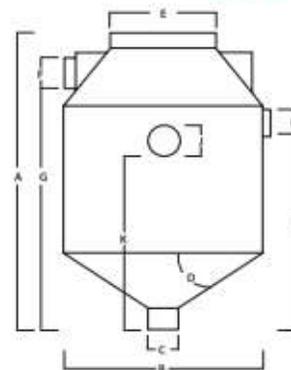
#### Cuadro de dimensiones

Referencia	RP - 600 L	RP - 1 300 L	RP - 3 000 L	RP - 7 000 L
A	1.60 m	1.90 m	2.10 m	2.60 m
B	0.86 m	1.15 m	2.00 m	2.40 m
C	0.25 m	0.25 m	0.25 m	0.25 m
D	45°	45°	45°	45°
E	18"	18"	18"	18"
F	4"	4"	4"	4"
G	1.33 m	1.64 m	1.83 m	2.38 m
H	2"	2"	2"	2"
I	1.27 m	1.54 m	1.68 m	2.27 m
J	2"	2"	2"	2"
K	1.15 m	1.39 m	1.48 m	1.87 m

\*El cálculo para determinar el número de personas a proporcionar el servicio, es en función del tipo de usuario y su estimado de aportación diaria.



**PATENTADO**



© Rotoplas, 2017. Cualquier modificación futura al diseño del producto o sus dimensiones anulará el respeto de la garantía otorgada por Rotoplas.

## Beneficios

El Biodigestor Autolimpiable Rotoplas:

- Utiliza un proceso anaerobio para realizar un tratamiento primario del agua.
- Puede ser instalado en viviendas que no cuenten con servicio de drenaje, con el fin de tratar las aguas residuales domésticas.
- Cuida el medio ambiente, previene la contaminación de mantos acuíferos.
- Es un sistema autolimpiable, al sólo abrir una llave se extraen los lodos residuales sin necesidad de usar equipo especializado.
- No requiere equipo electromecánico como bomba o camión de desazolve para su mantenimiento, eliminando costos adicionales para el usuario.
- Es hermético, construido de una sola pieza para evitar fugas y agrietamientos. Es ligero y fuerte ofreciendo una alta resistencia a impactos y a la corrosión.
- El Biodigestor Autolimpiable cumple con la NOM-006-CONAGUA-1997 "Fosas sépticas prefabricadas – especificaciones y métodos de prueba".



## Funcionamiento

1. Entrada de agua residual.
2. Separación de lodos y agua (primera etapa).
3. Digestión anaerobia y paso a través de cama de lodos (segunda etapa).
4. Filtro anaerobio (tercera etapa).
5. Salida de agua tratada a pozo de absorción, zanja de infiltración o campo de oxidación.



## Mantenimiento

Abra la válvula para que el lodo acumulado y digerido, fluya al Registro de lodos. Una vez hecha la purga, cierre la válvula y manténgala así hasta el siguiente mantenimiento.

**NOTA:** No reutilice el agua tratada, deberá ser descargada a suelo (pozo de absorción o zanja de infiltración), utilizando las recomendaciones indicadas por la NOM-006-CONAGUA-1997.

\*Consulte recomendaciones de instalación y mantenimiento incluidas en el Manual de Instalación.

## ii. COTIZACIÓN



Centro de Negocios

Todo lo que Usted Necesita... Aquí!!!

San Salvador, 10 de marzo de 2020

### INGENIERIA SIN FROTAS PRESENTE.-

Enviamos un cordial saludo y los deseos de éxitos.

Nos causa un gran placer poder brindarle información acerca de nuestro "BIODIGESTOR AUTOLIMPIABLE" **ROTOPLAS**, al mismo tiempo proporcionamos la mejor oferta de precios en las distintas capacidades existentes.

---

### VENTAJAS COMPETITIVAS

---

Rombo Azul, Centro de Negocios, es distribuidor para mayoreo y venta al detalle de toda la línea de productos **ROTOPLAS**, lo que nos permite ser muy competitivos en cuanto a nuestros precios.

- ❖ **ROTOPLAS** es la única empresa en Centroamérica, especializada en la fabricación de **BIODIGESTORES**, tinacos y tanques para agua, certificada bajo la Norma de Calidad ISO 9001, versión 2008.
- ❖ **ROTOPLAS** usa solamente materias primas vírgenes aprobadas y certificadas por la FDA de los Estados Unidos de América y calificados bajo la Norma ISO 9001.

---

### GARANTIA

---

- ❖ **5 AÑOS DE GARANTIA ABSOLUTA POR DESPERFECTOS DE FABRICACIÓN EN TODOS NUESTROS PRODUCTOS Y ACCESORIOS**; esa es razón por la cual cada vez crece la demanda de clientes que prefieren nuestros productos **ROTOPLAS**.

---

### TECNOLOGÍA ROTOPLAS

---

Todos los productos **ROTOPLAS** son investigados y desarrollados por un gran equipo tecnológico propio de **ROTOPLAS**, cuyo trabajo es la investigación y desarrollo de accesorios y productos que permitan mantener la calidad de vida de los consumidores. Los productos **ROTOPLAS** **NO** incluyen tornillos metálicos, con el fin de evitar la oxidación del agua.

---

### DETALLES DEL PRODUCTO

---

Calle San Antonio Abad y 39 Av. Norte #109 San Salvador.  
Tel. 2207-4600 / 6196-8816, info@romboazul.com | www.romboazul.com



El BIODIGESTOR AUTOLIMPIABLE es el único patentado el cual le permitirá sustituir de manera más eficiente el uso de fosas sépticas, pues es capaz de realizar un tratamiento de agua primaria, beneficiando el cuidado del medio ambiente y evitando la contaminación de los mantos freáticos.

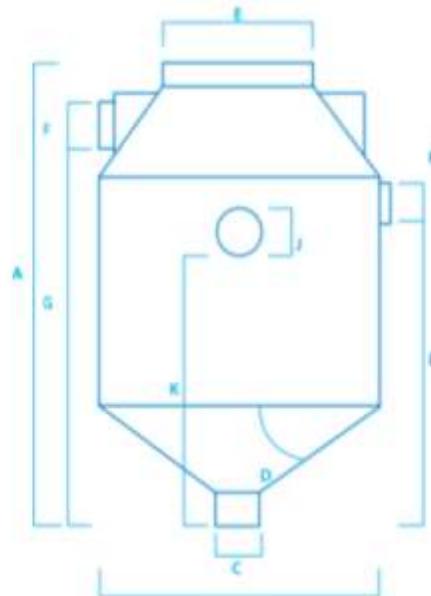
Es ideal para zonas que no cuentan con drenaje, además de ser muy económico, ya que ahorra costos de mantenimiento al ser **AUTOLIMPIABLE**. Su exclusiva formulación evita fisuras y filtraciones.

Aporta puntos para la certificación LEED al ser un producto sustentable, además de que cumple con la Norma NOM-006-CONAGUA-1997 "Fosas sépticas prefabricadas, especificaciones y métodos de prueba".

**GRANDES VENTAJAS DE NUESTROS BIODIGESTORES:**

- ◆ Supera por mucho a las Fosas Sépticas.
- ◆ Generan un gran ahorro en la economía familiar, empresarial o industrial, ya que evita costos de mantenimiento y operación.
- ◆ No contamina mantos freáticos, **"ayuda al cuidado del medio ambiente"**.
- ◆ No concentra malos olores.
- ◆ Es un producto 100% hermético, ligero y resistente.
- ◆ No se agrieta, ni fisura.
- ◆ El agua que emana puede ser aprovechada en jardines.
- ◆ El lodo que produce es un excelente abono.
- ◆ MUY FÁCIL DE INSTALAR.

Tamaño Concepto	RP-400	RP-1300	RP-3000	RP-7000
A	1.60 m	1.90 m	2.10 m	2.60 m
B	0.86 m	1.15 m	2.00 m	2.30 m
C	0.25 m	0.25 m	0.25 m	0.25 m
D	45 grados	45 grados	45 grados	45 grados
E	18°	18°	18°	18°
F	4"	4"	4"	4"
G	1.33 m	1.64 m	1.83 m	2.38 m
H	2"	2"	2"	2"
I	1.27 m	1.54 m	1.68 m	2.27 m
J	2"	2"	2"	2"
K	1.15 m	1.39 m	1.48 m	1.87 m



**PRECIO DEL PRODUCTO CON IVA**

## DETALLES DE NUESTRA OFERTA

<b>BIODIGESTOR AUTOLIMPIABLE</b> CARACTERÍSTICAS ESPECIALES	CAPACIDAD	PRECIO UNITARIO (IVA incluido)
 <p>El <b>BIODIGESTOR AUTOLIMPIABLE</b> es el único patentado el cual le permitirá sustituir de manera más eficiente el uso de fosas sépticas, pues es capaz de realizar un tratamiento de agua primaria, beneficiando el cuidado del medio ambiente y evitando la contaminación de los mantos freáticos.</p> <p>Es ideal para zonas que no cuentan con drenaje, además de ser muy económico, ya que ahorra costos de mantenimiento al ser <b>AUTOLIMPIABLE</b>. Su exclusiva formulación evita fisuras y filtraciones.</p> <p>Aporta puntos para la certificación LEED al ser un producto sustentable, además de que cumple con la Norma NOM-006-CONAGUA-1997 "Fosas sépticas prefabricadas, especificaciones y métodos de prueba".</p> <p><b>GRANDES VENTAJAS DE NUESTROS BIODIGESTORES:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Supera por mucho a las Fosas Sépticas.</li> <li>◆ Generan un gran ahorro en la economía familiar, empresarial o industrial, ya que evita costos de mantenimiento y operación.</li> <li>◆ No contamina mantos freáticos, "<i>ayuda al cuidado del medio ambiente</i>".</li> <li>◆ No concentra malos olores.</li> <li>◆ Es un producto 100% hermético, ligero y resistente.</li> <li>◆ No se agrieta, ni fisura.</li> <li>◆ El agua que emana puede ser aprovechada en jardines.</li> <li>◆ El lodo que produce es un excelente abono.</li> <li>◆ MUY FÁCIL DE INSTALAR.</li> <li>◆ Más información en: <a href="http://www.rotoplas.romboazul.com">www.rotoplas.romboazul.com</a></li> </ul>	BIODIGESTOR AUTOLIMPIABLE 600 5 a 20 personas <b>\$550.00</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ LOS PRECIOS NO INCLUYE INSTALACION</li> </ul>		

PARA REGISTRO DE LODOS SE RECOMIENDA EL USO DE TANQUE DE 250 LITROS

SOLO EL EQUIPO	PRECIO	Diametro mts	Altura mts
GPV 250 LTS	\$125.00	0.70	0.80

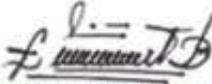
**Nota: PRECIO Incluye Transporte**

ACUERDOS DE LA OFERTA		
1	Forma de pago:	ANTICIPO DEL 100% AL ORDENAR EL PRODUCTO
2	Vigencia de la oferta:	30 DÍAS
3	Tiempo de entrega del producto:	SI HAY EXISTENCIA EN 3 DÍAS. DE LO CONTRARIO DE 21 A 30 DÍAS HÁBILES UNA VEZ CONFIRMADA LA ORDEN
4	Formas de Pago:	Cheques a nombre de: Fredy Edgardo Torres Duran. Abonos o Transferencias a cuentas de ahorro Banco Agrícola 141-029092-0, DAVIVIENDA 5754 0177 170; BAC 107 401 564.

Sometemos a su consideración la presente oferta en espera de que goce de su completa aprobación, quedamos a la espera de su confirmación.

Sin más sobre lo particular, me suscribo.

Atentamente



**Fredy Edgardo Torres Dura**  
 Rombo Azul, Centro de Negocios  
 Distribuidor Mayorero de Productos ROTOPLAS.




Para conocer más de nuestros productos, ver videos y detalles técnicos, visite: [www.rotoplas.romboazul.com](http://www.rotoplas.romboazul.com)

Colonia Miramonte, Calle Colima, Casa # 16, Polígono "Q" San Salvador.  
 Tel. 2500-0976 / 61961-1183, [info@romboazul.com](mailto:info@romboazul.com) | [www.romboazul.com](http://www.romboazul.com)

## ANEXO 12. PRUEBA DE INFILTRACIÓN PARA DETERMINAR PROFUNDIDAD DE POZO DE ABSORCIÓN

Se recomienda que el suelo donde se haga la prueba no esté saturado de agua, si la prueba se realiza en época lluviosa, es preferible esperar como mínimo dos días sin lluvia para efectuarla. La ejecución de la prueba de infiltración será responsabilidad de la persona natural o jurídica solicitante, con asesoría del delegado de la Unidad de Salud respectiva. La prueba se realiza mediante la técnica descrita a continuación (MINSAL, 2009):

- a. La excavación donde se deposita el agua, debe tener 0.30 metros X 0.30 metros de base X 0.35 metros de profundidad
- b. Después de finalizar la excavación, se coloca una capa de 5 centímetros de arena gruesa o grava en el fondo
- c. Llenar con agua en toda la altura de la excavación y dejar que se consuma totalmente. Llenar nuevamente para saturar el suelo hasta una altura del agua de 15 centímetros a partir del fondo y se determina el tiempo en el que el agua baja 2.5 centímetros
- d. Si el tiempo es mayor de 30 minutos se toma por un terreno inadecuado por lo que ya no se recomienda la instalación del pozo de absorción y se sugiere la instalación de un sistema de arena filtrante. Si el tiempo es menor o igual a 10 minutos es un terreno arenoso o muy permeable
- e. Con el tiempo de infiltración se determina el coeficiente de absorción del suelo de acuerdo a Tabla A.10.1.
- f. Conociendo el coeficiente de absorción, la profundidad efectiva del pozo se determina con base a la siguiente fórmula:

$$H = (K_1 \times N) / (\pi \times D)$$

Donde:

*H*: profundidad efectiva del pozo en metros (altura total en la que se deposita el material filtrante; a esta altura se debe adicionar 50 centímetros sobre la capa de piedra cuarta hasta la caída del efluente más la altura del broquel del pozo)

*K*<sub>1</sub>: coeficiente de absorción en metro<sup>2</sup>/persona/día

*N*: número de habitantes del inmueble

*D*: diámetro medio del pozo en metros

*Tabla A.10.1. Coeficiente promedio de absorción del terreno para cálculo de profundidad efectiva de pozo de absorción (MINSAL, 2009).*

<b>TIEMPO EN MINUTOS PARA QUE EL NIVEL DEL AGUA BAJE 2.5 CENTÍMETROS</b>	<b>SUPERFICIE DE FILTRACIÓN REQUERIDA POR PERSONA POR DÍA EN METRO<sup>2</sup> (K<sub>f</sub>)</b>
1	0.88
2	1.08
5	1.44
10	2.25
30	4.5
Más de 30	Terreno inadecuado

## **ANEXO 13. PRUEBA DE INFILTRACIÓN PARA DISEÑO E INSTALACIÓN DE LA ZANJA DE INFILTRACIÓN O CAMPO DE RIEGO**

Para llevar a cabo una prueba de infiltración para diseño e instalación de una zanja de infiltración o campo de riego debe seguirse la siguiente metodología (MINSAL, 2009):

- a. Excavar como mínimo seis pozos espaciados uniformemente dentro del área propuesta para el campo de infiltración
- b. Las excavaciones para realizar las pruebas deben tener lados o un diámetro de 0.30 metros, excavados hasta la profundidad del campo de riego o zanja de infiltración propuesta
- c. Las paredes de las excavaciones deben ser raspadas, con el propósito de lograr una absorción natural del suelo, y agregar una capa de arena gruesa o grava fina de 0.05 metros de espesor para proteger el fondo
- d. Agregar agua a la excavación de prueba hasta el nivel del terreno por 4 horas. Si el suelo es altamente permeable se debe agregar más agua hasta cumplir las 4 horas para lograr la saturación del mismo
- e. 24 horas posteriores a la saturación de la excavación de prueba, se determina la tasa de infiltración de acuerdo a las siguientes consideraciones:
  - i. Agregar nuevamente agua a la excavación de prueba hasta el nivel del terreno
  - ii. En terrenos poco permeables la prueba de infiltración se realiza midiendo el descenso del nivel del agua durante intervalos de 30 minutos en un período de 4 horas
  - iii. El descenso que ocurre durante el período final de 30 minutos se usa para calcular la tasa de infiltración.
  - iv. En terrenos permeables la prueba de infiltración se realiza midiendo el descenso del nivel del agua durante intervalos de 10 minutos en un período de 1 hora
  - v. El descenso que ocurra en los últimos 10 minutos se usa para calcular la tasa de infiltración

Tabla A.11.1. Valores aproximados de tasa de infiltración para cálculo de Zanjas de infiltración y de arena filtrante (MINSAL, 2009).

TASA DE INFILTRACIÓN <sup>4</sup> (Minutos/centímetro)	TASA DE INFILTRACIÓN PARA PRUEBA DE INFILTRACIÓN UTILIZANDO POZOS DE PRUEBA DE 0.30 METROS DE DIÁMETRO (Litros/metros <sup>2</sup> /día)
0.41	189
0.83	130
1.25	109
1.66	94
2.08	83
4.16	60
6.25	49
12.50	34
18.75	30
25.00	22

Conociendo la tasa de infiltración, el área de absorción se determina con base a la siguiente fórmula:

$$A = QP/R$$

Donde:

$A$  = es el área de absorción en metros cuadrados

$Q$  = es la aportación en litros/habitante/día

$P$  = es el número de habitantes del inmueble

$R$  = es la tasa de infiltración en litros/metros<sup>2</sup>/día

Área de absorción: es el número necesario de metros cuadrados de suelo para infiltrar la aportación del efluente del tanque séptico.

<sup>4</sup> Tiempo en minutos que tarda el agua en bajar un centímetro, durante la prueba de infiltración.

El resultado de la fórmula anterior, servirá para calcular la longitud total de la tubería de drenaje, para lo cual se deberá sustituir este valor en el cálculo del área de la zanja:

$$\text{Área} = \text{Ancho de Zanja} \times \text{Longitud de zanja}$$

Por tanto:

Longitud de Zanja = Área / Ancho de Zanja (en metros)

La longitud total obtenida podrá dividirse en ramales paralelos, cuyo número dependerá del espacio del terreno disponible.

Para valores superiores a 25 minutos/centímetros de tasa de infiltración, se considera que el terreno no es apto para la construcción de zanjas de infiltración y por lo tanto debe adoptarse otra solución alternativa para el tratamiento y disposición del efluente del tanque séptico, tal como la zanja de arena filtrante (MINSAL, 2009).

## ANEXO 14. COSTOS UNITARIOS DE MATERIALES A UTILIZAR EN SISTEMAS DE INFILTRACIÓN<sup>5</sup>



### VARILLA ROSCADA GALVANIZADA 3/8 X 3 M

CODIGO 15209509

Agregar a favoritos

**\$3.95**



UNIDAD: CU

#### INFORMACIÓN DEL PRODUCTO



### GRAVA N.º 1 PRECIO PUESTO EN TIENDAS SAN SALVADOR

CODIGO 3113806

Agregar a favoritos

**\$41.25**



UNIDAD: M3

#### INFORMACIÓN DEL PRODUCTO

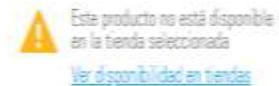


### ARENA PRECIO PUESTO EN TIENDAS SAN SALVADOR

CODIGO 3113606

Agregar a favoritos

**\$16.75**



UNIDAD: M3

#### INFORMACIÓN DEL PRODUCTO

<sup>5</sup> Costos tomados de sitio web oficial de Ferretería Freund El Salvador



## CLAVO PARA CONCRETO 2 MM X 2 PLG

CODIGO 1175009

 [Agregar a favoritos](#)

**\$0.03**



Este producto no está disponible en la tienda seleccionada

[Ver disponibilidad en tiendas](#)

UNIDAD: C/D  
BAR

### INFORMACIÓN DEL PRODUCTO



## LADRILLO OBRA ROJO 7 CM PRECIO PUESTO EN TIENDA LOURDES

CODIGO 545207

 [Agregar a favoritos](#)

**\$0.25**



Este producto no está disponible en la tienda seleccionada

[Ver disponibilidad en tiendas](#)

UNIDAD: C/D

### INFORMACIÓN DEL PRODUCTO



## CEMENTO PORTLAND FUERTE GRIS 93.5 LB HOLCIM PRECIO PUESTO EN TIENDAS SAN SALVADOR

CODIGO 1043206

 [Agregar a favoritos](#)

**\$8.20**



 [Agregar a carrito](#)

UNIDAD: C/D  
HOLCIM

### INFORMACIÓN DEL PRODUCTO



## ALAMBRE AMARRE CALIBRE 22 (0.76 MM)

CODIGO 10310732

 [Agregar a favoritos](#)

**\$1.25**

  [Agregar a carrito](#)

UNIDAD: LB

### INFORMACIÓN DEL PRODUCTO

- UTILIZADO PARA CONSTRUCCIÓN, INDUSTRIAL Y AGRÍCOLA



## TUBO PVC 4 PULGADA X 6 METROS 100 PSI

CODIGO 578915

 [Agregar a favoritos](#)

**\$19.75**

 Este producto no está disponible en la tienda seleccionada  
[Ver disponibilidad en tiendas](#)

UNIDAD: MG  
DURMAN

### INFORMACIÓN DEL PRODUCTO



## TIERRA NEGRA

CODIGO 637144

 [Agregar a favoritos](#)

**\$8.50**

 Este producto no está disponible en la tienda seleccionada  
[Ver disponibilidad en tiendas](#)

UNIDAD: SACO  
BOKASHI

### INFORMACIÓN DEL PRODUCTO

## **ANEXO 15. PLAN DE SEGUIMIENTO Y CONTROL DE CALIDAD** **DEL EFLUENTE POSTERIOR AL SISTEMA DE TRA-** **TAMIENTO**

Se recomienda que una vez implementado el sistema de tratamiento de agua gris propuesto en la presente investigación, se realicen monitoreos periódicos a la calidad del efluente en la salida del biodigestor autolimpiable, con el objetivo de conocer la eficiencia real de esta etapa del sistema en la remoción de los contaminantes.

De acuerdo a la información presentada en la sección 1.9.1., inciso F relacionado al Decreto No. 130 y lo establecido para el muestreo y análisis de aguas residuales de tipo ordinario que descarguen a un medio receptor, se presenta la siguiente propuesta para el monitoreo del sistema de tratamiento de aguas grises; a pesar que la descarga no se realizará a un cuerpo receptor es de mucha importancia conocer el funcionamiento del sistema que se ha implementado, y su comportamiento en el tiempo.

*Tabla A.15.1. Parámetros de calidad a monitorear en el efluente del Biodigestor.*

PARÁMETROS	CAUDAL DEL EFLUENTE (m <sup>3</sup> / día)		COSTO (US\$) POR MUESTRA	COSTO ANUAL (US\$)
	≤ 50	> 50		
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	Semestral	Trimestral	29.00	116.00
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	Semestral	Trimestral	29.00	116.00
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	Semestral	Trimestral	21.50	86.00
Sólidos Sedimentables (SS)	Trimestral	Semanal	11.50	46.00
Aceites y Grasas	Semestral	Trimestral	23.00	46.00
Potencial de Hidrógeno (pH)	Trimestral	Semanal	3.00	12.00
Coliformes fecales	Semestral	Trimestral	15	30.00
Sustancias Activas al azul de metileno (SAAM)	Semestral	Trimestral	15	30.00
<b>Total</b>				<b>\$482.00</b>

El muestreo debe realizarse a la salida para todos los parámetros enlistados anteriormente, y, para la Demanda bioquímica de oxígeno, Demanda química de oxígeno y los sólidos suspendidos totales deben medirse también en la entrada tal como se establece en el RTS 13.05.01:18.

El costo total de la caracterización del efluente de agua gris tratado por el Biodigestor Auto-limpiable como se indica en la Tabla A.15.1. es de \$482.00 anualmente, y a partir de la misma se podrá verificar la remoción real de contaminantes por los resultados obtenidos de los parámetros físico químicos y la estabilidad de los microbiológicos