

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

CENTRO UNIVERSITARIO DE SUROCCIDENTE

INGENIERÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL LOCAL



TRABAJO DE GRADUACIÓN

Evaluación de las aguas residuales generadas en el casco urbano de San José La Máquina, Suchitepéquez.

Por:

ANTONIO DE JESÚS ANGEL ALMARAZ

Carné: 200916257

Mazatenango, Suchitepéquez, mayo de 2018

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



TRABAJO DE GRADUACIÓN

Evaluación de las aguas residuales generadas en el casco urbano de San José La Máquina, Suchitepéquez.

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

Por:

ANTONIO DE JESÚS ANGEL ALMARAZ

Carné: 200916257

CUI: 1667 78397 1101

Previo a conferírsele el título que le acredita como:

Ingeniero en Gestión Ambiental Local

En el grado académico de Licenciado

Mazatenango, Suchitepéquez, mayo de 2018

Universidad de San Carlos de Guatemala
Centro Universitario de Suroccidente

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

Miembros del Consejo Directivo del Centro universitario del Suroccidente

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

Representante de Profesores

MSc. José Norberto Thomas Villatoro	Secretario
-------------------------------------	------------

Dra. Mirna Nineth Hernández Palma	Vocal
-----------------------------------	-------

Representante Graduado del CUNSUROC

Lic. Angel Estuardo López Mejía	Vocal
---------------------------------	-------

Representantes Estudiantiles

Lcda. Elisa Raquel Martínez González	Vocal
--------------------------------------	-------

Br. Irrael Esduardo Arriaza Jerez	Vocal
-----------------------------------	-------

COORDINACIÓN ACADÉMICA

MSc. Bernardino Alfonso Hernández Escobar
Coordinador Académico

MSc. Alvaro Estuardo Gutiérrez Gamboa
Coordinador Carrera Licenciatura en Administración de Empresas

Lic. Luis Carlos Muñoz López
Coordinador Carrera de Licenciatura en Trabajo Social

Lic. Mauricio Cajas Loarca
Coordinador de las Carreras de Pedagogía

M.V. Edgar Roberto del Cid Chacón
Coordinador Carrera Ingeniería en Alimentos

Ing. Agr. Edgar Guillermo Ruiz Recinos
Coordinador Carrera Ingeniería Agronomía Tropical

Inga. Agra. Iris Yvonnee Cárdenas Sagastume
Coordinadora Carrera Ingeniería en Gestión Ambiental Local

MSc. Tania María Cabrera Ovalle
Coordinadora Carrera Licenciatura en Ciencias Jurídicas y Sociales
Abogado y Notario

Lic. José Felipe Martínez Domínguez
Coordinador de Área

CARRERAS PLAN FIN DE SEMANA

MSc. Tania Elvira Marroquín Vásquez
Coordinadora de las carreras de Pedagogía

MSc. Paola Marisol Rabanales
Coordinadora Carrera Periodista Profesional y
Licenciatura en Ciencias de la Comunicación

ACTO QUE DEDICO

A DIOS

Por todas las bendiciones y las oportunidades que me ha dado en la vida.

A MIS PADRES

Verónica Almaraz Méndez y Rubén Angel Espinoza, quienes me conformaron con principios y valores; pero por sobre todo porque les debo ser la persona quien soy y lo que tengo, gracias por todo.

A MIS HERMANOS

Horacio Angel, Carlos Angel, Rubén Angel en especial a mi hermana Silvia Angel por su apoyo incondicional y su cariño.

A MIS SOBRINOS

Por su cariño y compañía, especialmente Luis Rubén y Mario Saúl.

A MI ASESORA

Inga. G.A.L. Sharon Quiñonez por sus consejos, amistad y apoyo incondicional durante el Ejercicio Profesional Supervisado (EPS).

A MIS CATEDRÁTICOS

Por sus sabias enseñanzas, consejos y amistad brindada durante los años de estudio.

A MIS AMIGOS

Isi Guerra, Mayreny Judith Martínez López Q.E.P.D; Mafer Ugarte, Daniel Juárez, Karina Desirée, Daniel Rodríguez, quienes fueron un

apoyo fundamental en el momento que inicie mi carrera.

Y las personas que logre conocer durante mi estadía en mi casa de estudios tanto en la Facultad de agronomía -FAUSAC- como el Centro Universitario de Suroccidente especialmente Annita, Leonel, Betzy, Rubi y Kevin por terminar esta etapa juntos.

i. Índice General

Contenido	pág.
I. RESUMEN.....	1
II. INTRODUCCIÓN.....	3
III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	5
IV. OBJETIVOS.....	6
4.1 Objetivo general	6
4.2 Objetivos específicos.....	6
V. REVISIÓN DE LITERATURA	7
5.1 Marco Referencial.....	7
5.1.1 Antecedentes históricos de San José La Máquina.....	7
5.1.2 Información de población.....	8
5.1.3 Información de extensión territorial.....	8
5.1.4 Ubicación geográfica.....	8
5.1.5 Clima.....	9
5.1.6 Servicios básicos.....	9
5.1.7 Orografía.....	10
5.1.8 Hidrología.....	10
5.1.9 Economía.....	13
5.2 Marco teórico	16
5.2.1 Agua	16
5.2.2 Agua potable.....	16
5.2.3 Fuentes de contaminación de las aguas.....	17
5.2.3.1 Fuentes puntuales	17
5.2.3.2 Fuentes no puntuales	17
5.2.4 Aguas residuales	18
5.2.4.1 Aguas residuales industriales	18
5.2.4.2 Aguas residuales domésticas	18

Contenido	pág.
5.2.4.3 Aguas residuales especiales	18
5.2.4.4 Pluviales	19
5.2.4.5 Escorrentía de uso agrícola	19
5.2.6 Muestreo de aguas residuales	19
5.2.6.1 Muestreo simple	20
5.2.6.2 Muestreo compuesto	20
5.2.7 Carga contaminante.....	21
5.2.8 Método volumétrico para el cálculo del caudal	22
5.2.9 Evaluación	23
5.2.10 Parámetros físicos, químicos y microbiológicos del agua	24
5.2.10.1 Parámetros físicos	24
5.2.10.2 Parámetros químicos.....	25
5.2.10.3 Parámetros microbiológicos.....	34
5.2.11 Acuerdo Gubernativo Número 138-2017 “Reglamento de las descargas y reúso de aguas residuales y de la disposición de lodos”	34
5.2.12 Sistemas de tratamiento para aguas residuales.	37
5.2.12.1 Pre-tratamiento primario	37
5.2.12.2 Tratamiento primario.....	39
5.2.12.3 Tratamiento secundario	42
5.2.12.4 Tratamiento terciario	44
5.2.12.5 Disposición final de lodos	46
5.2.13 Plan de gestión	47
VI. MATERIALES Y MÉTODOS.....	49
6.1 Materiales.....	49
6.2 Métodos	50
6.2.1 Cálculo de la carga contaminante de las aguas residuales generadas en el casco urbano del municipio de San José La Máquina, Suchitepéquez.	50

Contenido	pág.
6.2.1.1 Cálculo del caudal.....	50
a. Cálculo del volumen del recipiente	50
b. Utilización del método volumétrico	51
6.2.1.2 Ecuación de la carga contaminante	51
6.2.2 Determinación de la calidad de las aguas residuales del casco urbano, según Acuerdo Gubernativo 138-2017 del reglamento de las “Descargas y reúso de aguas residuales y de la disposición de lodos”	52
6.2.2.1 Toma de muestras.....	52
6.2.2.2 Puntos de muestreo.....	53
6.2.2.3 Parámetros analizados	55
6.2.3 Propuesta de plan de gestión para las aguas residuales generadas en el casco urbano del municipio de San José La Máquina, Suchitepéquez.....	56
VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	58
7.1 Carga contaminante.....	58
7.1.1 Cálculo del caudal de los cuatro puntos de descarga del casco urbano del municipio de San José La Máquina.	58
7.1.1.1 Cálculo del caudal	58
Resumen de los caudales de los cuatro puntos de descargas.....	58
7.1.1.2 Cálculo de la carga contaminante.....	59
Carga contaminante de los cuatro puntos de descarga.	59
7.2 Calidad de las aguas residuales del casco urbano del municipio de San José La Máquina, Suchitepéquez.	60
a. Punto de muestreo de la comunidad Faja 12	60
b. Punto de muestreo Rancho Alegre	62
c. Punto de muestreo puente A-11 Icán.....	64

Contenido	pág.
d. Punto de muestreo Rastro Municipal	66
7.3 Propuesta de plan de gestión para las aguas residuales.....	70
VIII. CONCLUSIONES	71
IX. RECOMENDACIONES.....	73
X. BIBLIOGRAFÍA.....	74
XI. ANEXOS.....	83

ii. Índice de cuadros.

Cuadro No.	pág.
1 Número de habitantes en el territorio de San José La Máquina, Suchitepéquez.....	8
2 Límites máximos permisibles de descargas a cuerpos receptores para aguas residuales.....	36
3 Materiales utilizados para la presente investigación.....	49
4 Parámetros físicos, químicos y microbiológicos.....	55
5 Resumen de caudales de los cuatro puntos de descarga del casco urbano del municipio de San José La Máquina.....	58
6 Cálculo de la carga contaminante.....	59
7 Resultados del análisis de la descarga de aguas residuales de la Faja 12. ...	61
8 Resultados del análisis de la descarga de aguas residuales Rancho Alegre.....	63
9 Resultado del análisis de la descarga ubicadas en el puente A-11 Icán.	65
10 Resultados del análisis de la descarga del Rastro Municipal.	67
11 Mediciones de la descarga durante las 24 horas del punto de muestreo Faja 12.....	89
12 Mediciones de la descarga durante las 24 horas del punto de muestreo Rancho Alegre.	98
13 Mediciones de la descarga durante las 24 horas del punto de aforo puente A-11 Icán.....	108
14 Mediciones de la descarga durante las 2 horas del punto de aforo Rastro Municipal.	116

iii. Índice de figuras

Figura No.	pág.
1 Ríos en San José La Máquina.	12
2 Población económicamente activa del casco urbano de San José La Máquina, Suchitepéquez.....	13
3 Límites y colindancias del municipio de San José La Máquina, Suchitepéquez.	15
4 Rejillas del sistema de tratamiento.....	38
5 Desarenador del sistema de tratamiento.....	38
6 Trampa de grasa del sistema de tratamiento.....	39
7 Fosa séptica del sistema de tratamiento.	41
8 Biodigestor del sistema de tratamiento.....	42
9 Filtro percolador del sistema de tratamiento.....	44
10 Filtro lento de arena del sistema de tratamiento.....	46
11 Ubicación de los puntos de muestreo de aguas residuales en el casco urbano de San José La Máquina.....	54
12 Medición de caudal Faja 12.....	83
13 Medición de altura del recipiente.....	83
14 Punto de descarga el Rancho Alegre.....	84
15 Llenado del recipiente en la noche Rancho Alegre.....	84
16 Punto de descarga del puente A-11 Icán.....	85
17 Llenado del recipiente A-11 Icán.....	85
18 Punto de descarga del Rastro Municipal.....	86
19 Aforando la descarga del Rastro Municipal.....	86
20 Toma de muestra en la Faja 12.....	87
21 Toma de muestra Rancho Alegre.....	87
22 Durante la toma de muestra en el puente A-11 Icán.....	88

Figura No.	pág.
23 Durante la toma de muestra en el puente A-11 Icán.	88
24 Cotización de análisis de las descargas de aguas residuales para el municipio de San José La Máquina.	118
25 Resultados de análisis físicos, químicos y microbiológico de punto de muestreo Rancho Alegre	119
26 Resultados de análisis físicos, químicos y microbiológico de punto de muestreo puente A-11 Icán.....	120
27 Resultados de análisis físicos, químicos y microbiológico de punto de muestreo de la Faja 12	121
28 Resultados de análisis físicos, químicos y microbiológico de punto de muestreo Rastro Municipal.	122

I. RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar las aguas residuales generadas en el casco urbano del municipio de San José La Máquina, Suchitepéquez. Para este fin se calculó la carga contaminante, se determinó la calidad del agua residual según el Acuerdo Gubernativo Número 138-2017 y se redactó una propuesta de plan de gestión.

Se consideró importante realizar esta investigación porque es necesario conocer el valor de cumplimiento de los límites máximos permisibles de las aguas residuales que son descargadas a los afluentes para conocer el nivel de contaminación y eso provocó que se reglamentara a nivel nacional, según el Acuerdo Gubernativo Número 138-2017 “Reglamento de las descargas y reúso de las aguas residuales y disposición de lodos” deben ser tratadas por los entes generadores, de lo contrario serán sancionados con una multa del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales -MARN-.

La metodología implementada para esta investigación incluye un recorrido dentro del casco urbano, en donde se determinaron cuatro puntos de descarga municipales ubicados en las comunidades Faja 12, puente A-11 Icán, Rancho Alegre y el Rastro Municipal los cuales descargan sin previo tratamiento al río Jabalí, el cual cruza todo el casco urbano del municipio.

Se determinó el caudal de las descargas de tres puntos durante 24 horas y del Rastro Municipal durante dos horas, por el horario de generación. Así mismo se calculó la carga contaminante por cada punto y los resultados muestran que para la comunidad de la Faja 12 asciende a 170.75 kg/día, Rancho Alegre 39.91 kg/día, Rastro Municipal 13.54 kg/día y puente A-11 Icán 0.80 kg/día.

Se tomaron muestras simples en los cuatro puntos de descarga para los análisis físicos, químicos y microbiológicos según Acuerdo Gubernativo Número 138-2017, los resultados de estos análisis muestran que ningún punto de descarga cumple con los valores establecidos.

Por lo tanto, se propone un plan de gestión para las aguas residuales, según requerimientos del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales -MARN-, este incluye para los puntos de descarga de la Faja 12, Rancho Alegre y puente A-11 Iacán, los cuales serán unidos a través de la red de alcantarillado un sistema de tratamiento. Este estará comprendido por las siguientes etapas: pre-tratamiento que incluye un canal de rejillas, desarenador y caja de trampa de grasas; tratamiento primario, una fosa séptica; tratamiento secundario, un filtro percolador y tratamiento terciario, comprendido por un filtro lecho y desinfección con un costo total de Q 1,1039,577.45 para su construcción.

Para la descarga del Rastro Municipal se propone un sistema de tratamiento para las aguas residuales de tipo especial compuesta por: tratamiento primario a través de un biodigestor, filtro percolador como tratamiento secundario y tratamiento terciario comprendido por un filtro lecho y desinfección con un costo total estimado de Q 989,005.00 para su construcción.

II. INTRODUCCIÓN

San José La Máquina es el municipio número veintiuno del departamento de Suchitepéquez y número 338 a nivel de la República de Guatemala, aprobado según el decreto 7-2014 con una extensión territorial de 147 km², aproximadamente 32,000 habitantes, de los cuales 8,000 son del casco urbano.

A través de la fase de diagnóstico, realizado en la Unidad de Gestión Ambiental Municipal -UGAM- de la Municipalidad de San José La Máquina, se identificó que el principal problema en el municipio son las descargas de aguas residuales generadas en el casco urbano sin previo tratamiento al río Jabalí, debido a dos aspectos: Esta fuente es utilizada por la población, la contaminación puede generar enfermedades a la población y la legislación nacional, el Acuerdo Gubernativo 138-2017 “Reglamento De Las Descargas y Reúso De Aguas Residuales y de la Disposición De Lodos”, indica que para el año 2019 todas las municipalidades a nivel nacional deben contar con planta de tratamiento para las aguas residuales generadas.

Debido a lo mencionado anteriormente, ésta investigación tiene como objetivo general: evaluar las aguas residuales generadas en el casco urbano del municipio de San José La Máquina, Suchitepéquez. Teniendo entonces que calcular la carga contaminante, determinar la calidad del agua residual según el Acuerdo Gubernativo 138-2017 y proponer un plan de gestión para las aguas residuales generadas.

La metodología para alcanzar los objetivos incluye la medición del caudal del efluente de las comunidades Faja 12, Rancho Alegre, puente A-11 Icán y Rastro Municipal por medio del método volumétrico durante 24 horas con el fin de establecer los horarios en que se genera la mayor cantidad de agua; además, de la toma de muestras en cuatro puntos de descarga para la realización de los análisis físicos, químicos y microbiológicos. Con el caudal y la demanda

bioquímica de oxígeno (DBO) se calculó la carga contaminante y con los resultados se realizó el plan de gestión.

Los resultados obtenidos muestran que la carga contaminante de la comunidad Faja 12 es de 170.75 kg/día, Rancho Alegre 39.91 kg/día, Rastro Municipal 13.54 kg/día y puente A-11 Icán 0.80 kg/día.

Según el informe de resultados de análisis las cuatro descargas evaluadas no cumplen con la calidad de agua esperada en la primera etapa de evaluación según la legislación antes mencionada.

Tomando como base los resultados anteriores, se desarrollaron dos planes de gestión para las aguas residuales generadas en el casco urbano. Para los puntos Faja 12, puente A-11 Icán y Rancho Alegre, se propone un sistema unificado formando una descarga directa al sistema de tratamiento el cual tendrá las siguientes etapas: pretratamiento, tratamiento primario, tratamiento secundario, tratamiento terciario y desinfección con un costo total estimado de Q 1,1039,577.45 para su construcción.

Para las descargas del Rastro Municipal se propone un sistema que incluye tratamiento primario, secundario, terciario y desinfección con un costo total estimado de Q 989,005.00 para su construcción.

III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el casco urbano del municipio de San José La Máquina actualmente residen 8,000 habitantes, los cuales generan diariamente aguas residuales que llegan al alcantarillado público y que son descargadas sin previo tratamiento a los cuerpos receptores, contaminando el agua y provocando enfermedades a los pobladores que las utilizan.

En el municipio de San José La Máquina estas aguas son descargadas al río Jabalí, el cual cruza todo el municipio. Actualmente debido a exigencias del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales -MARN- para mayo del 2019 todas las municipalidades a nivel nacional deben tener implementado un sistema de tratamiento de las aguas residuales generadas; para lograr esto el primer paso es conocer su calidad y cantidad para que con base a esto se diseñe el plan de gestión ambiental.

Dentro del territorio, por parte de la Municipalidad no existe registro de evaluación previa de las aguas residuales según el Acuerdo Gubernativo 138-2017 “Reglamento De Las Descargas y Reúso De Aguas Residuales y de la Disposición De Lodos”, por tal motivo la generación de información en este tema es de carácter urgente.

Con la realización de esta investigación se pretende responder a las siguientes preguntas:

1. ¿Cuál es la carga contaminante descargada al río Jabalí debido a las aguas residuales generadas?
2. ¿Cuál es el grado de cumplimiento, según el Acuerdo Gubernativo 138-2017?
3. ¿Cuál es el tratamiento ideal para las aguas residuales generadas en el área urbana?

IV. OBJETIVOS

4.1 Objetivo general

- Evaluar las aguas residuales generadas en el casco urbano del municipio de San José La Máquina, Suchitepéquez.

4.2 Objetivos específicos

1. Calcular la carga contaminante de las aguas residuales generadas en el casco urbano del municipio de San José La Máquina, Suchitepéquez.
2. Determinar la calidad del agua residual generada en el casco urbano, según Acuerdo Gubernativo 138-2017, Reglamento de las “Descargas y Reúso de Aguas Residuales y de la Disposición de Lodos”.
3. Proponer un plan de gestión para las aguas residuales generadas en el casco urbano del municipio de San José La Máquina, Suchitepéquez.

V. REVISIÓN DE LITERATURA

5.1 Marco Referencial

5.1.1 Antecedentes históricos de San José La Máquina

San José La Máquina, antiguamente llamado Parcelamiento Uno, cuenta con una extensión aproximada de 147 kilómetros cuadrados, comprenden en alto porcentaje a la antes llamada Hacienda Trapiche Grande, que junto a otras tierras aledañas pertenecían a la Reina Guillermina de Holanda, esta hacienda con una respetable extensión de selva inhóspita, colindaba con el límite del departamento de Escuintla por el lado del municipio de Tiquisate. (Morales; 1991)

El 26 de marzo de 1,956 el gobierno de turno expropió la hacienda Trapiche Grande, pero las negociaciones y los trabajos de factibilidad y planificación de los parcelamientos se iniciaron en 1954 y terminaron en 1955 para dar paso a la adjudicación de tierras. (Morales; 1991)

La colonización fue costosa y dura, por tratarse en su mayoría de selva virgen que constituía el hábitat de una de las más grandes y más variadas faunas salvajes de América. Era el hábitat de tigres, león americano, jabalís o cochinos de monte, dantas, venados, tepescuintles, monos de diferentes especies y aves variadas salvajes. (Morales; 1991)

Después de 30 años de gestiones y trámites, el comité pro municipio de San José La Máquina logró celebrar la creación del municipio 21 de Suchitepéquez y número 338 a nivel de la República de Guatemala mediante el decreto 7-2014, aprobado de urgencia nacional durante la sesión permanente del Congreso de la Republica y da vida al nuevo territorio. (Ixcoy, D; 2016)

El municipio se encuentra dividido en diferentes sectores: "A", "B", "Sis e Icán" y "Fajas". (Ixcoy, D; 2016)

5.1.2 Información de población

En el municipio de San José La Máquina existe un total de 33,000 habitantes de las cuales 8,000 habitantes residen en el área del casco urbano y 25,000 habitantes distribuidos en el área rural del territorio. (Coordinadora Municipal para la Reducción de Desastres; 2017)

Cuadro No. 1 Número de habitantes en el territorio de San José La Máquina, Suchitepéquez.

Genero	Total
Masculino	15,000
Femenino	18,000
Personas	33,000

Nota: Datos proporcionados por la Coordinadora Municipal para la Reducción de Desastres; 2017.

5.1.3 Información de extensión territorial

La extensión territorial del municipio de San José La Máquina es de 147 km². (Centro Nacional de análisis y documentación judicial; 2014.)

5.1.4 Ubicación geográfica

San José La Máquina colinda al norte con Cuyotenango, al nororiente con San Lorenzo, al occidente con San Andrés Villa Seca, Retalhuleu. Ver figura No. 3, pág. 15. (Ixcoy, D; 2016)

5.1.5 Clima

El municipio de San José La Máquina tiene clima cálido y tropical con una temperatura máxima de 32 °C, temperatura media de 25 °C, una temperatura mínima de 18 °C y Los meses de febrero, marzo y abril son los meses con mayor temperatura de 31°C a 32°C. (Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología; 2015)

La humedad relativa de 88% a la vez con una velocidad de viento de 4.2 Kms/hr; El brillo solar del territorio es de 172.5 total/Hrs/promedio por mes. (Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología; 2015)

5.1.6 Servicios básicos

Dentro de los servicios públicos municipales se encuentra el Registro Nacional de Población (RENAP), agua entubada, centro de salud y sistema de drenajes para la población. (Ixcoy, D; 2016)

Además, se encuentra las instalaciones de bancos, clínicas privadas, hoteles y diferentes comercios alrededor del casco urbano. (Ixcoy, D; 2016)

Actualmente la Municipalidad de San José La Máquina cuenta con tren de aseo con cobertura en todo el caso urbano, mercado municipal, oficina de IUSI, electricidad y los servicios del Rastro Municipal. (Ixcoy, D; 2016)

El transporte público es un servicio muy accesible dentro del municipio, se cuenta con un extenso servicio tanto de buses urbanos y extraurbanos, dentro del caso urbano se puede encontrar servicios de moto taxi para las personas. (Ixcoy, D; 2016)

Actualmente, solamente el 12% de la población del área urbana cuenta con servicio de drenaje; por lo que el resto de la población direccionan las aguas residuales a través de zanjas realizadas a flor de tierra. Este municipio, en ninguna de sus áreas (urbana y rural) cuenta con planta de tratamiento de aguas

residuales, por lo tanto, estas aguas las direccionan a los ríos, contaminando los mismos. (Quiñonez, Vela, Pérez, Montufar; 2015)

5.1.7 Orografía

El municipio está ubicado en dirección al océano pacífico en las planicies de la costa sur del país, el territorio es relativamente plano, se encuentra a 374 msnm, con coordenadas geográficas Latitud: 14° 18' 05" segundos Norte Longitud: 91 grados 34' 00" 86" Oeste, con un clima cálido, su suelo es naturalmente fértil para toda clase de cultivos. (Orozco; 2012)

5.1.8 Hidrología

En el municipio de San José La Máquina se han identificado dos ríos principales que son Sis e Iacán, así mismo dentro del territorio se ubica el río Jabalí, como se observa en la figura No. 1 página 12. Estos son utilizados para riego, pesca y uso doméstico.

- **Río Iacán:** atraviesa desde San Francisco Zapotitlán, Cuyotenango y todo el municipio de San José la Máquina, además sirve de límite entre el municipio de Mazatenango y San Lorenzo, tiene un alto grado de contaminación debido a que recibe la mayor parte de las aguas residuales provenientes de colonias, lotificaciones y varios cantones por donde atraviesa. (Orozco; 2012)
- **Río Sis:** Nace en las faldas del Volcán Santa María, atraviesa los municipios de Pablo Nuevo, San Francisco Zapotitlán del departamento de Suchitepéquez; San Felipe, San Andrés Villa Seca de Retalhuleu. El caudal de este es permanente; tiende a crecer en época de invierno, derivado de las fuertes lluvias y de los ríos que desembocan en él. Sirve de línea divisoria entre el municipio de Cuyotenango y el departamento de Retalhuleu. Se considera de mucha importancia debido a que es utilizado por algunos agricultores y parcelarios para riego de las diferentes cosechas agrícolas que se cultivan, además sirve de fuente de agua a bebederos para el ganado bovino. (García; 2014).

- **Rio Jabalí:** Nace del río Icán a través de una de sus líneas intermitentes que atraviesa todo el casco urbano del municipio de San José la Máquina, es utilizado por agricultores para riego de diferentes cosechas agrícolas, sirve de fuente de agua para bebedero para el ganado bovino y además tiene un alto grado de contaminación debido que recibe las aguas residuales generadas del casco urbano provenientes de comercios y viviendas que son descargadas sin previo tratamiento, asimismo las aguas del rio Jabalí se unen al de rio Icán.

Ríos del municipio de San José La Máquina, Suchitépquez.

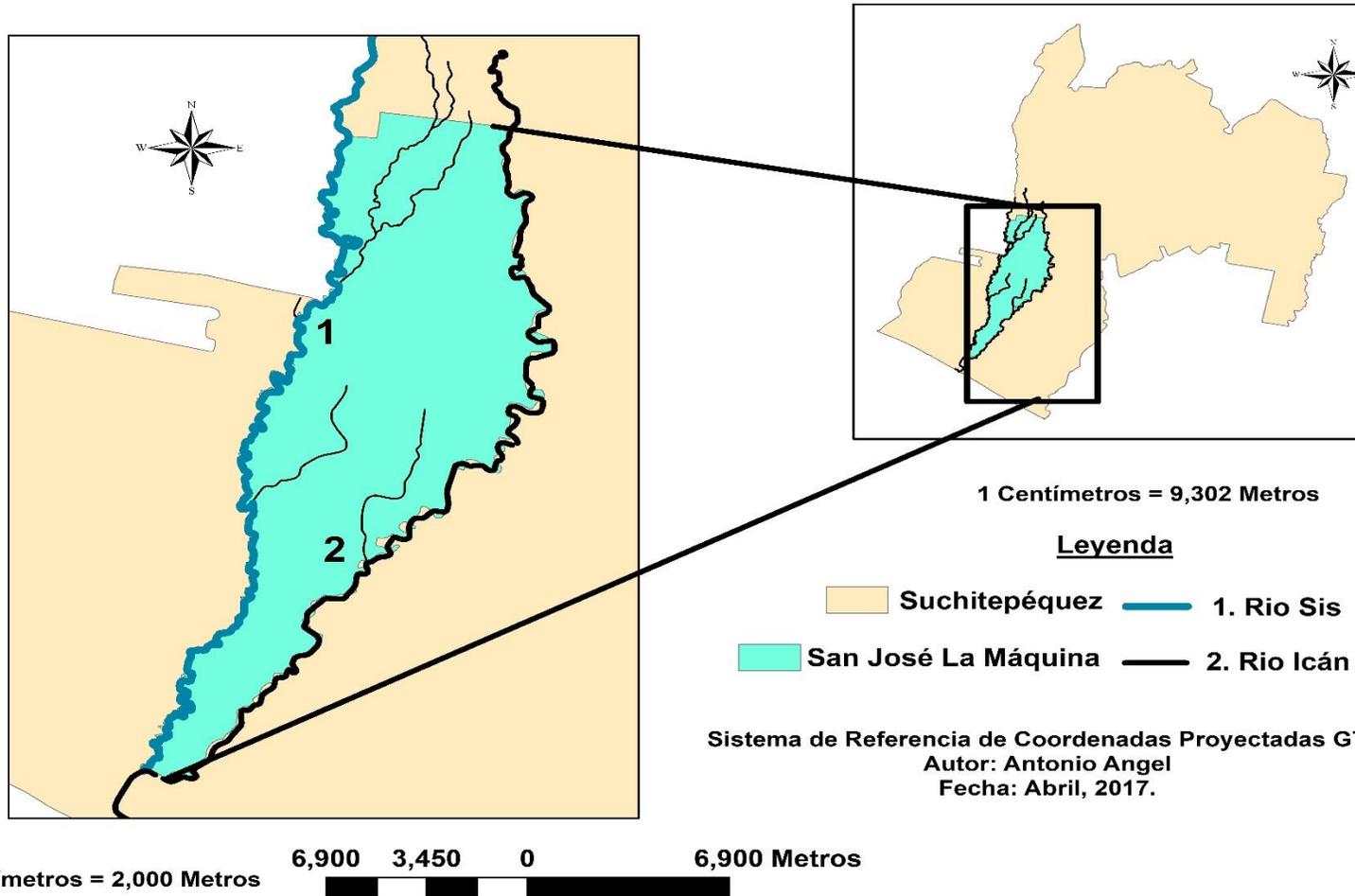


Figura No. 1 Ríos en San José La Máquina.

Nota: Elaborado con base a MAGA, 2006.

5.1.9 Economía

- **Población económicamente activa**

El número de personas que conforman la población económicamente activa (PEA) en el casco urbano del municipio es de 1161 personas, equivalente al 42.24% del total de la población. La distribución de la PEA por rama de actividad permite determinar que la agricultura y el trabajo como dependientes de mostrador son las actividades predominantes en el municipio, por lo que constituyen las ocupaciones más importantes al ser las que proveen la mayor cantidad de empleos e ingresos a la población. (González, C; Flores, B.; 2014)

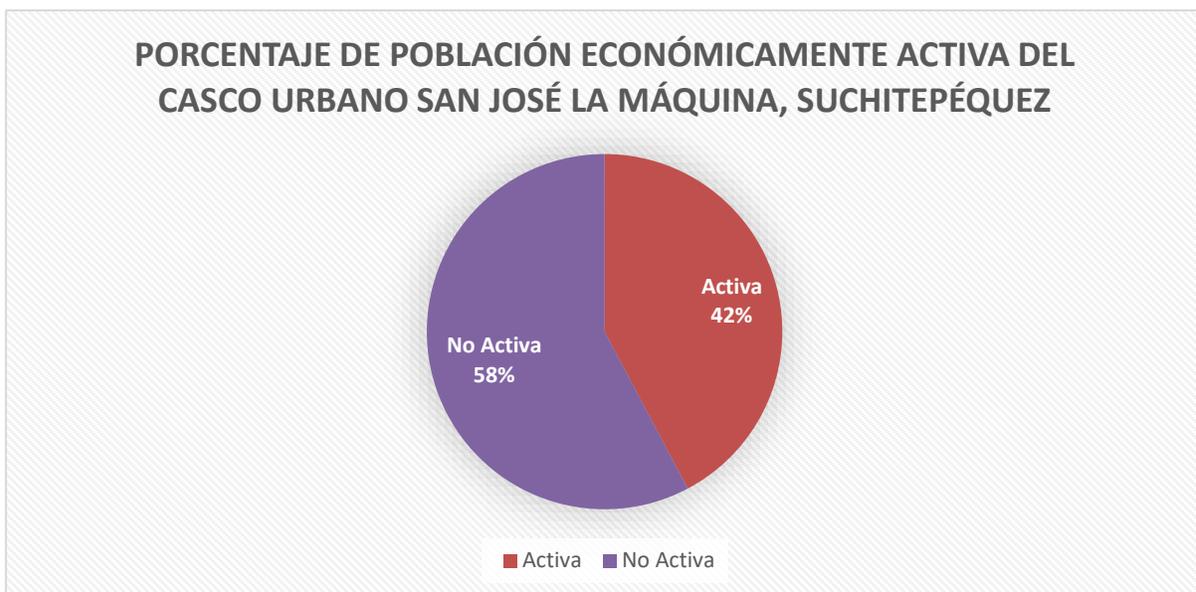


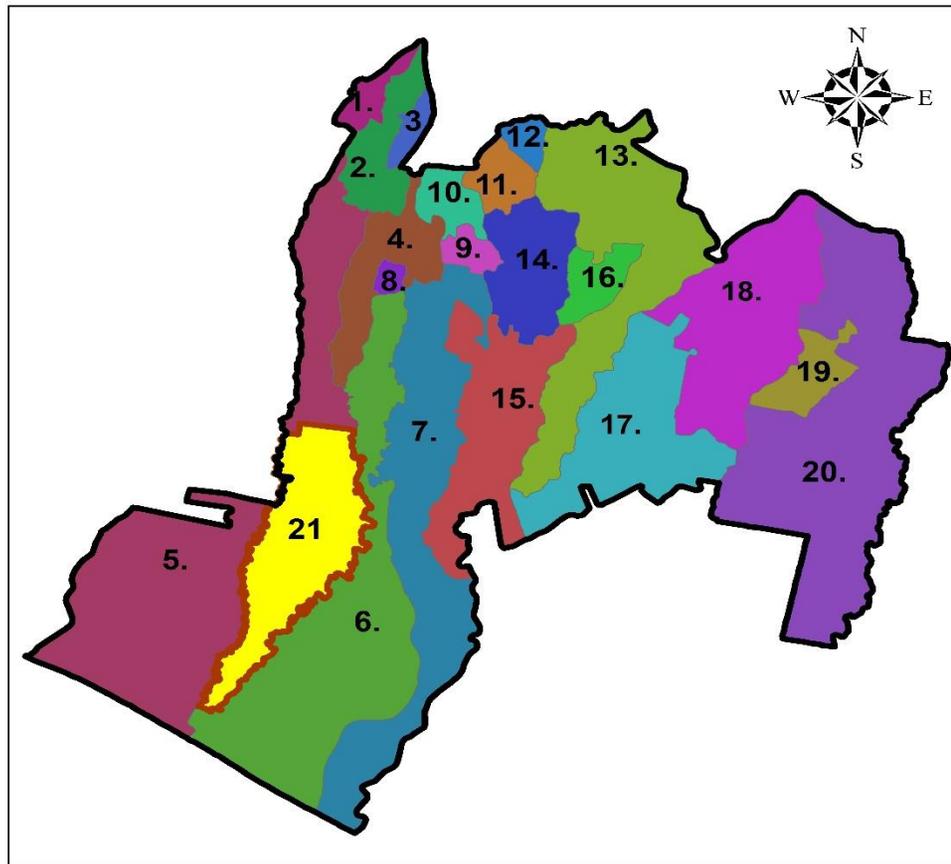
Figura No. 2 Población económicamente activa del casco urbano de San José La Máquina, Suchitepéquez

Nota: Elaborado con base en datos proporcionados por la carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental Local, 2014

Es importante considerar que las dos principales actividades agricultura y el trabajo dependiente, generan a la población un ingreso aproximado de Q 1,500.00 al mes y un ingreso que oscila entre los Q 1,500.00 a Q 3,000.00 a las habitantes que trabajan para una institución, los ingresos están por debajo del salario mínimo para el 2017 es de Q 2,917.52 y al considerar el valor actual de la canasta básica de alimentos Q 2,893.21 indica que los ingresos no son suficientes para cubrir las necesidades básicas de alimentos. (Gamarro, U. 2017)



Límites y Colindancias del municipio de San José La Máquina, Suchitepéquez.



Leyenda

- Suchitepéquez
- 21. San José La Máquina
- 1. Pueblo Nuevo
- 2. San Francisco Zapotitlán
- 3. Zunilito
- 4. Mazatenango
- 5. Cuyotenango
- 6. San Lorenzo
- 7. Santo Domingo Suchitepéquez
- 8. San Gabriel
- 9. San Bernardino
- 10. Samayac
- 11. San Pablo Jocopilas
- 12. Santo Tomás La Unión
- 13. Chicacao
- 14. San Antonio Suchitepéquez
- 15. San José El Ídolo
- 16. San Miguel Panám
- 17. Río Bravo
- 18. Santa Bárbara
- 19. San Juan Bautista
- 20. Patulul

1 Centímetros = 5,000 Metros



Sistema de Referencias de Coordenas Proyectadas GTM

Autor: Antonio Angel

Fecha: Abril, 2017.

Figura No. 3 Límites y colindancias del municipio de San José La Máquina, Suchitepéquez.

Nota: Elaborado con base a MAGA, 2006.

5.2 Marco teórico

5.2.1 Agua

Es un elemento esencial para la salud, tanto para las plantas como de los animales, es fundamental en la supervivencia del ser humano y el 70% del peso del cuerpo humano es agua. (FAO; 2002)

Es una molécula sencilla formada por tres átomos: uno de oxígeno y dos de hidrógeno, con enlaces polares que permiten establecer puentes de hidrógeno entre moléculas adyacentes. De ahí sus elevados puntos de fusión y ebullición, imprescindibles para que el agua se encuentre en estado líquido a la temperatura de la Tierra. (Carbajal; 2012)

Guatemala como país posee una alta disponibilidad de agua en sus ríos, lagos y demás cuencas. El país posee tres vertientes: Pacífico, Atlántico o Caribe y Golfo de México, siendo este último el de mayor caudal. Además, un 40% de la población en el área rural no tiene acceso directo a agua potable, es decir, que de 100 personas que viven en el área rural, 40 no tienen acceso a agua para bañarse, lavar los platos o ropa, esas actividades comunes que muchos hacemos día con día. (Leal; 2013)

5.2.2 Agua potable

Es el agua de superficie tratada y no tratada que proviene de manantiales naturales, pozos y otras fuentes para satisfacer las necesidades metabólicas, higiénicas y domésticas. (Flores; 2010)

El agua potable es el agua que podemos consumir o beber sin que exista peligro para nuestra salud, no debe contener sustancias o microorganismos que puedan provocar enfermedades o perjudicar nuestra salud. Por eso, antes de que el agua llegue a nuestras casas, es necesario que sea tratado en una planta

potabilizadora. En estos lugares se limpia el agua y se trata hasta que está en condiciones adecuadas para el consumo humano. (Guzmán; 2012)

Desde las plantas potabilizadoras, el agua es enviada hacia nuestros hogares a través de una red de distribución de agua. (Guzmán; 2012)

5.2.3 Fuentes de contaminación de las aguas.

Los principales contaminantes del agua pueden ser desechos generados por las actividades del ser humano: agrícola ganadero, domésticos, urbanas o industriales, clasificándolas en puntuales y no puntuales. (Korbut; 2006)

5.2.3.1 Fuentes puntuales

Son puntos específicos de descarga de contaminantes a un cuerpo de agua provenientes de fábricas, minas, pozos petroleros, etc. Este tipo de fuente de contaminación es fácil de identificar, monitorear y tratar. (Korbut; 2006)

Las fuentes puntuales descargan contaminantes a través de tuberías, canales o alcantarillado a cuerpos de agua superficial. Debido a que las fuentes se encuentran en lugares específicos las áreas urbanas son muy fáciles de identificar, monitorear e inclusive regular. (Korbut; 2006)

5.2.3.2 Fuentes no puntuales

Proviene de grandes áreas de terrenos que descargan contaminantes al agua superficial y subterránea. La infiltración, la escorrentía, la precipitación de aguas contaminadas a los cursos de agua son la causa de la contaminación no puntual como la contaminación ocasionada por la agricultura. (Korbut; 2006)

El control de las fuentes no puntuales es muy poco debido a la dificultad y costo de identificar, controlar las descargas desde las fuentes de localización. Controlar este tipo de contaminación requiere mejorar las técnicas de conservación del

suelo, reducción de desechos, control de la contaminación del aire y el uso de fertilizantes. (Korbut; 2006)

5.2.4 Aguas residuales

Son aquellas aguas que han sido modificadas por las actividades del ser humano y por su calidad requieren un tratamiento previo para ser vertidas a un cuerpo natural de agua. (Rigola; 2008)

Las aguas residuales provienen de fuentes domésticas, industriales y algunas veces de escorrentía.

5.2.4.1 Aguas residuales industriales

Son los provenientes de los diferentes procesos industriales. Su composición varía según el tipo de proceso industrial, presentan características diferentes en industrias diferentes, pueden ser alcalinos o ácidos, tóxicos, coloreados, etc. Su composición refleja el tipo de materias primas utilizadas dentro del proceso industrial. (Rigola; 2008)

5.2.4.2 Aguas residuales domésticas

Son las provenientes de las actividades de la vida diaria como lavado de ropa, baño, preparación de alimentos, limpieza, etc. Estos desechos presentan un alto contenido de materia orgánica, detergentes y grasas. Su composición varía según los hábitos de la población que los genera. (Rigola; 2008)

5.2.4.3 Aguas residuales especiales

Son generadas por servicios públicos municipales, actividades de servicios, industriales, agrícolas, pecuarias, hospitalarias y todas aquellas que no sean de tipo ordinario, así como la mezcla de las mismas. (Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales; 2006).

5.2.4.4 Pluviales

Son originadas por el escurrimiento superficial de las lluvias que fluyen desde los techos, calles, jardines y demás superficies del terreno. Los primeros flujos de las aguas pluviales son generalmente muy contaminados debido al arrastre de basura y demás materiales acumulados en la superficie. (Rigola; 2008)

La naturaleza de esta agua varía según su procedencia: zonas urbanas, rurales, semi rurales y aún dentro de estas zonas se presentan enormes variaciones según el tipo de actividad o uso del suelo que se tenga. (Rigola; 2008)

5.2.4.5 Escorrentía de uso agrícola

Son las que provienen de la escorrentía superficial de las zonas agrícolas, se caracterizan por la presencia de pesticidas, sales y un alto contenido de sólidos en suspensión. La descarga de esta agua es recibida directamente por los ríos o por los alcantarillados. (Rigola; 2008)

5.2.6 Muestreo de aguas residuales

La recolección de las muestras depende de los procedimientos analíticos empleados y los objetivos del estudio. (Calderón; 2010)

El objetivo del muestreo es obtener una parte representativa del material bajo estudio (cuerpo de agua, efluente industrial, agua residual, etc.) para la cual se analizarán las variables fisicoquímicas de interés. El volumen del material captado se transporta hasta el lugar de almacenamiento, para luego ser transferido al laboratorio para el respectivo análisis, momento en el cual la muestra debe conservar las características del material original. Para lograr el objetivo se requiere que la muestra conserve las concentraciones relativas de todos los componentes presentes en el material original y que no hayan ocurrido cambios significativos en su composición antes del análisis. (Calderón; 2010)

En algunos casos, el objetivo del muestreo es demostrar que se cumplen las normas especificadas por la legislación. Las muestras ingresan al laboratorio para determinaciones específicas, sin embargo, la responsabilidad de las condiciones y validez de las mismas debe ser asumida por las personas responsables del muestreo, de la conservación y el transporte de las muestras. Las técnicas de recolección y preservación de las muestras tienen una gran importancia, debido a la necesidad de verificar la precisión, exactitud y representatividad de los datos que resulten de los análisis. (Calderón; 2010)

5.2.6.1 Muestreo simple

Este tipo de muestra se recolecta cuando se sabe que la fuente de la que proviene es bastante constante en su composición durante un periodo considerable. El flujo de agua residual es intermitente y las muestras compuestas pueden ocultar condiciones extremas (pH, temperatura), el volumen mínimo debe estar entre 1 y 2 litros de la muestra. (Giraldo; 1995).

Cuando se sabe que un cuerpo de agua varía con el tiempo, las muestras simples tomadas a intervalos de tiempo precisados, y analizadas por separado, deben registrar la extensión, frecuencia y duración de las variaciones. Es necesario escoger los intervalos de muestreo de acuerdo con la frecuencia esperada de los cambios, que puede variar desde tiempos tan cortos como 5 minutos hasta 1 hora o más. Las variaciones estacionales en sistemas naturales pueden necesitar muestreos de varios meses. Cuando la composición de las fuentes varía en el espacio más que en el tiempo, se requiere tomar las muestras en los sitios apropiados. (Calderón; 2010)

5.2.6.2 Muestreo compuesto

En la mayoría de los casos, el término "muestra compuesta" se refiere a una combinación de muestras sencillas o puntuales tomadas en el mismo sitio durante diferentes tiempos. Algunas veces el término "compuesta en tiempo " se usa para

distinguir este tipo de muestras de otras. La mayor parte de las muestras compuestas en el tiempo se emplean para observar concentraciones promedio, usadas para calcular las respectivas cargas o la eficiencia de una planta de tratamiento de aguas residuales. El uso de muestras compuestas representa un ahorro sustancial en costo y esfuerzo del laboratorio comparativamente con el análisis por separado de un gran número de muestras y su consecuente cálculo de promedios. (Calderón; 2010)

Para estos propósitos, se considera estándar para la mayoría de determinaciones una muestra compuesta que representa un período de 24 h. Sin embargo, bajo otras circunstancias puede ser preferible una muestra compuesta que represente un cambio, o un menor lapso de tiempo, o un ciclo completo de una operación periódica. Para evaluar los efectos de descargas y operaciones variables o irregulares, tomar muestras compuestas que representen el periodo durante el cual ocurren tales descargas. (Calderón; 2010)

5.2.7 Carga contaminante

El propósito fundamental de la determinación de las cargas contaminantes es cuantificar de alguna manera los niveles de contaminantes que las diferentes fuentes aportan a sus fuentes receptoras. (Perea, 2013)

El producto de la concentración por el caudal, en un sitio específico, se denomina carga y generalmente se expresa en Kg/día. (Perea; 2013)

Según Perea, (2013), en la evaluación y control de la contaminación, la cuantificación de la concentración y de la carga contaminante de las aguas residuales son de máxima importancia para:

-Asegurar diseños confiables de los sistemas de tratamiento.

-Calcular tasas asignadas por tratamiento o por disposición del efluente de aguas residuales.

Para determinar la carga contaminante se utiliza la siguiente ecuación:

$$CC = DBO5 * Q * 0.0864$$

Fuente: Vásquez Rosángela, Girón Joanna. 2014. (Curso de Ingeniería Sanitaria). Agua Residual. USAC.

Donde:

CC: Carga Contaminante

DBO5: concentración de la demanda bioquímica de oxígeno

Q: caudal vertido

La demanda bioquímica de oxígeno es un indicador que mide la cantidad de dioxígeno consumido al degradar la materia orgánica en el agua residual, por eso es importante en la carga contaminante para determinar la calidad que recibe el efluente para poder decir la construcción de un sistema de tratamiento de las aguas residuales.

5.2.8 Método volumétrico para el cálculo del caudal

Este método tiene la ventaja de ser el más sencillo y confiable, siempre y cuando el lugar donde se realice el aforo garantice que al recipiente llegue todo el volumen de agua que sale por la descarga; se debe evitar la pérdida de muestra en el momento de aforar, así como represamientos que permitan la acumulación de sólidos y grasas. (Rojas; 2006)

Este método es de fácil utilización en el caso que el suelo donde se disponga la caneca sea firme y no permite que esta se hunda o se mueva. (Rojas; 2006)

Este proceso completo se repite cuantas veces sea necesario para obtener una muestra compuesta en un periodo de tiempo establecido, como se describe más adelante. (Rojas; 2006)

Cada porción de muestra tomada en el aforo se almacena en su respectivo recipiente hasta completar las porciones necesarias para la integración.

Ecuación para el cálculo del caudal:

$$Q = \frac{PrmVH}{PrmTH} \text{ (m}^3\text{/s)}$$

Fuente: Lozano Antonio, Girón Joanna. 2014. (Curso de Ingeniería Sanitaria). Agua Residual. USAC.

Donde

Q= caudal (litros/segundos)

PrmVh= promedio de volumen de cada hora (L)

PrmTh=promedio de tiempo de cada hora (segundos)

5.2.9 Evaluación

La evaluación de las aguas residuales se realiza mediante una serie de análisis de laboratorio dirigidos a conocer cualitativa y cuantitativamente, las características físicas, químicas y biológicas más importantes que puedan afectar, su uso real y potencial, como el tipo y grado de tratamiento requerido para un adecuado acondicionamiento. (Lenntech;2010)

A fin de garantizar la confiabilidad de los resultados, que arrojen los análisis de laboratorio, las técnicas y procedimientos deben haber sido cuidadosamente desarrollados, evaluados y con los niveles de sensibilidad requeridos,

estableciendo un conjunto de normas y procedimientos para la correcta captación, traslado, preservación de muestras de aguas y la evaluación. (Lenntech;2010)

5.2.10 Parámetros físicos, químicos y microbiológicos del agua

La gestión ambiental para las aguas residuales en Guatemala se establece bajo el Acuerdo Gubernativo 138-2017, reforma al Acuerdo Gubernativo Número 236-2006 “Reglamento de las descargas y reusó de aguas residuales y de la disposición de lodos” donde son establecidos los parámetros físicos, químicos y microbiológicos de medición para determinar las características de las aguas residuales. Según el antes mencionado se deben de evaluar veinte parámetros descritos en el artículo número dieciséis del Acuerdo Gubernativo Número 236-2006, a continuación, se describen los parámetros físicos, químicos y microbiológicos:

5.2.10.1 Parámetros físicos

➤ **Temperatura:** Es uno de los parámetros físicos más importantes en el agua, pues por lo general influye en el retardo o aceleración de la actividad biológica, la absorción de oxígeno, la precipitación de compuestos, la formación de depósitos, la desinfección y los procesos de mezcla, floculación, sedimentación y filtración. Múltiples factores, principalmente ambientales, pueden hacer que la temperatura del agua varíe continuamente. (Barrenechea; 2005)

➤ **Materia flotante:** Son partículas como arcillas, limo y otras que no lleguen a estar disueltas que son arrastradas por el agua de dos maneras: en suspensión estable (disoluciones coloidales) o en suspensión que sólo dura mientras el movimiento del agua las arrastra. Las suspendidas coloidalmente sólo precipitarán después de haber sufrido coagulaciones o floculaciones (reunión de varias partículas). (Echarri; 2007)

➤ **Color:** El color del agua residual cambia gradualmente de gris a gris oscuro, para finalmente adquirir color negro. Llegado este punto, suele clasificarse el agua residual como séptica. Algunas aguas residuales industriales pueden añadir color a las aguas residuales domésticas. (Lenntech; 2010)

En la mayoría de los casos, el color gris, gris oscuro o negro del agua residual es debido a la formación de sulfuros metálicos por reacción del sulfuro liberado en condiciones anaerobias con los metales presentes en el agua residual. (Lenntech; 2010)

➤ **pH.** La concentración de ion hidrógeno es un parámetro de calidad de gran importancia tanto para el caso de aguas naturales como residuales. El intervalo de concentraciones adecuado para la adecuada proliferación y desarrollo de la mayor parte de la vida biológica es bastante estrecho y crítico. El agua residual con concentraciones de ion hidrógeno inadecuadas presenta dificultades de tratamiento con procesos biológicos, y el efluente puede modificar la concentración de ion hidrógeno en las aguas naturales si ésta no se modifica antes de la evacuación de las aguas. (Echarri; 2007)

5.2.10.2 Parámetros químicos

➤ **Grasas y aceites:** Son todas aquellas sustancias de naturaleza lipídica, al ser inmiscibles con el agua, van a permanecer en la superficie dando lugar a la aparición de natas y espumas. Estas natas y espumas entorpecen cualquier tipo de tratamiento físico o químico, por lo que deben eliminarse en los primeros pasos del tratamiento de aguas residuales. (Echarri; 2007)

Su efecto en los sistemas de tratamiento de aguas residuales o en las aguas naturales se debe a que interfieren con el intercambio de gases entre el agua y la atmósfera. No permiten el libre paso del oxígeno hacia el agua, ni la salida del CO₂ del agua hacia la atmósfera; en casos extremos pueden llegar a producir la

acidificación del agua junto con bajos niveles del oxígeno disuelto, además de interferir con la penetración de la luz solar. Las principales fuentes aportadoras de grasas y aceites son los usos domésticos, talleres automotrices y de motores de lanchas y barcos, industria del petróleo, rastros, procesadoras de carnes y embutidos e industria cosmética. (Echarri; 2007)

➤ **Demanda bioquímica de oxígeno:** Es la cantidad de oxígeno necesario para descomponer la materia orgánica por acción bioquímica aerobia. Se expresa en mg/L, esta demanda es ejercida por las sustancias carbonadas, las nitrogenadas y ciertos compuestos químicos reductores. (Barrenechea; 2005)

El cálculo se efectúa mediante la determinación del contenido inicial de oxígeno de una muestra dada y lo que queda después de cinco días en otra muestra semejante, conservada en un frasco cerrado a 20°C. La diferencia entre los dos contenidos corresponde a la DBO5. Además, no deben sobrepasar los límites máximos permisibles de 100 miligramos por litro. (Barrenechea; 2005)

➤ **Nitrógeno total:** Es un elemento importante en las aguas residuales ya que es necesario para el crecimiento de los microorganismos. Si el agua residual no contiene suficiente nitrógeno pueden ocurrir problemas por deficiencia de nutrientes durante el tratamiento secundario. Pero también el nitrógeno es un contribuyente especial para el agotamiento del oxígeno y la eutrofización de las aguas cuando se encuentra en elevadas concentraciones. (Echarri; 2007)

El nitrógeno presente en el medio acuático puede existir en cuatro formas diferentes: nitrógeno orgánico, nitrógeno amoniacal, compuesto en forma de nitritos y compuestos en forma de nitratos. (Ambientum; 2002)

En el agua residual sin tratar están presentes las dos primeras. La descomposición por las bacterias transforma fácilmente el nitrógeno orgánico en

amoniacal en la cantidad relativa de amoniaco presente es “n” indicativo de la edad del agua residual. (Ambientum; 2002)

➤ **Sólidos suspendidos totales** En el agua se puede encontrar varias impurezas de formas suspendidas o disueltas. En la cuantificación de los niveles de impurezas, el término sólido en suspensión describe las partículas en suspensión presentes en una muestra de agua. (Gutiérrez; 2017)

Estas partículas se definen por su imposibilidad de ser separadas de la muestra de aguas usando un filtro, las partículas más pequeñas, incluyendo especies conteniendo cargas iónicas, se refieren como sólidos disueltos. El contaminante más común del mundo son los sólidos en suspensión totales. (Gutiérrez; 2017)

Algunas implicaciones de los sólidos en suspensión totales son las altas concentraciones de sólidos en suspensión pueden depositarse en el fondo de un cuerpo de aguas, cubriendo organismos acuáticos además disminuyen la eficacia de agentes desinfectantes del agua potable, por proveer a los microorganismos de un sitio protector frente la presencia de desinfectantes. (Gutiérrez; 2017)

➤ **Fósforo total:** Es un elemento esencial para el crecimiento biológico. En el agua residual, el fósforo se encuentra en 3 formas: ortofosfatos solubles, polifosfatos inorgánicos y fosfatos orgánicos. El ortofosfato es la forma más fácilmente asimilable por los microorganismos y se utiliza como un parámetro de control en los procesos biológicos de eliminación de fósforo. (Echarri; 2007)

Proviene de los desechos humanos y de los detergentes, en la agricultura es la causante del 15% restante, siendo su influencia relativamente pequeña, debido a que, al contrario que en el caso de los nitratos, el fósforo se absorbe y se almacena bien en el suelo. (Ronzano; 2013)

El fósforo total es la suma de los compuestos de las tres formas de fósforo. Las aguas residuales domésticas tienen una concentración de fósforo total de aproximadamente 5-15 mg/L. Es importante señalar que la descarga tanto de fósforo como de nitrógeno debe ser controlada porque puede provocar un crecimiento excesivo de algas en las aguas receptoras. (Echarri; 2007)

El crecimiento excesivo de algas en las aguas receptoras causa una disminución del oxígeno disuelto y, a largo plazo, serios problemas de contaminación. Es por ello que se esté prestando en la actualidad un interés creciente en controlar la cantidad de fosforo (P) que entra a formar parte de las aguas residuales, especialmente como componente de los detergentes. (Echarri; 2007)

➤ **Arsénico:** Puede estar en el agua en forma natural y es un elemento muy tóxico para el hombre. La remoción de arsénico del agua se basa principalmente en su oxidación a su forma pentavalente antes de la coagulación con sulfato férrico a pH de 6 a 8. Además, no deben sobrepasar los límites máximos permisibles de 0.1 miligramos por litro. (Barrenechea; 2005)

El arsénico puede terminar en el ambiente a través de la producción industrial de cobre, plomo y zinc y a través de la aplicación de insecticidas en granjas. Adicionalmente, éste es un ingrediente de preservación de las maderas. (Barrenechea; 2005)

➤ **La demanda química de oxígeno (DQO)** se emplea para medir el contenido de materia orgánica tanto de las aguas residuales como naturales. El equivalente de oxígeno de la materia orgánica que puede oxidarse se mide utilizando un agente químico oxidante en medio ácido. Algunos compuestos inorgánicos interfieren en el análisis y deben eliminarse previamente. (Ambiental; 2010)

La DQO del agua es por lo general, mayor que la DBO porque es mayor el número de compuestos que puede oxidarse por vía química que biológicamente, además se puede determinar en aproximadamente en tres horas. (Ambiental; 2010)

En los parámetros de (DQO) se acelera los procesos de biodegradación que realizan los microorganismos, mediante un proceso de oxidación forzada, utilizando oxidantes químicos y métodos debidamente estandarizados, que tienen por objeto garantizar la reproducibilidad y la repetibilidad de las mediciones. (Ambiental; 2010)

➤ **Cadmio:** No es un elemento esencial para la vida del hombre, este metal pesado puede provenir de la corrosión de los tubos galvanizados, de la erosión de depósitos naturales, de los efluentes de refinerías de metales, entre otras. Además, es un metal potencialmente tóxico y su ingestión tiene efectos acumulativos en el tejido del hígado y los riñones. Además, no deben sobrepasar los límites máximos permisibles de 0.1 miligramos por litro. (Barrenechea; 2005)

Aunque el cadmio se encuentra ampliamente distribuido en la corteza terrestre, sus proporciones son bajas. La actividad volcánica es la mayor fuente natural de liberación de cadmio a la atmósfera. (Barrenechea; 2005)

Las fuentes de cadmio para el suelo incluyen los desechos de la fabricación de cementos, la disposición de residuos sólidos y las aguas residuales municipales. La minería de metales no ferrosos, en especial, el zinc, es la principal fuente de liberación de cadmio al medio acuático. (Barrenechea; 2005)

➤ **Cianuro total:** La concentración de cianuro en aguas superficiales se debe por su contaminación mediante descargas industriales, especial de galvanoplastia, plásticos, fertilizantes y minería. (Barrenechea; 2005)

La toxicidad del cianuro depende de su concentración, el pH y la temperatura, entre otros factores. Los cianuros alcalinos disueltos se transforman por oxidación en carbonatos alcalinos, lo cual hace que disminuyan extraordinariamente sus propiedades tóxicas. Además, no deben sobrepasar los límites máximos permisibles de un miligramo por litro. (Barrenechea; 2005)

➤ **Cobre:** El cobre se encuentra normalmente en el agua potable. En bajos niveles, puede derivar del desgaste de las rocas y alguna contaminación industrial que se produzca, pero las principales fuentes en los suministros de agua son la corrosión de las tuberías de cobre y bronce, de los accesorios y de la adición de sales de cobre durante el tratamiento para el control de algas (Peris; 2002).

El cobre es un requisito nutricional; la falta de cobre suficiente conduce a la anemia defecto del esqueleto, degeneración del sistema nervioso y anormalidades reproductivas. La ingesta segura y adecuada de cobre es de 1.5 a 3 mg/día. La dosis excesiva de cobre es excretada; sin embargo, en dosis elevadas el cobre puede causar efectos agudos, como perturbaciones gastrointestinales, daños en el hígado y sistema renal y anemia. Las pruebas de mutagenidad han sido negativas (Peris; 2002).

El cobre está regulado bajo las provisiones especiales de la reglamentación del cobre y plomo. Bajo esta norma, si más del 10 por 100 de muestras de agua del grifo residual tienen cobre por encima del nivel de 1.3 mg/L, los abastecedores de agua deben minimizar la corrosión. Una norma secundaria de 1.0 mg/L se aplica al agua que sale de la planta. (Peris; 2002)

➤ **Cromo hexavalente:** El cromo se puede presentar en las aguas, tanto en forma hexavalente como trivalente, aunque esta última forma rara vez existe en aguas potables. (Sierra, 2013)

El método colorimétrico se basa en la reacción del cromo hexavalente con 1,5-difenilcarbazida en medio ácido, lo que produce la formación de un compuesto desconocido de color rojo violeta. Éste puede ser medido espectrofotométricamente a una longitud de onda de 540 nm. (Sierra; 2013)

Para determinar cromo total, la muestra debe ser sometida a digestión ácida y oxidación con permanganato de potasio, previo a la reacción con la difenilcarbazida. (Sierra; 2013)

Es tóxico para los humanos, animales y la vida acuática, puede producir cáncer de pulmón cuando se inhala y al estar continuamente en contacto produce irritación en la piel. Además, no deben sobrepasar los límites máximos permisibles de 0.1 miligramos por litro. (Dozier; 2006)

➤ **Mercurio:** El mercurio en las aguas superficiales o suelos, los microorganismos pueden convertirlo en metil mercurio, una sustancia que puede ser absorbida rápidamente por la mayoría de los organismos y es conocido que daña al sistema nervioso. Los peces son organismos que absorben gran cantidad de metil mercurio de agua superficial cada día. Como consecuencia, el metil mercurio puede acumularse en peces y en las cadenas alimenticias de las que forman parte. (Lenntech; 2010)

El efecto del mercurio en los animales incluye daño en los riñones, trastornos en el estómago, daño en los intestinos, fallos en la reproducción y alteración del ADN. Además, no deben sobrepasar los límites máximos permisibles de 0.02 miligramos por litro. (Lenntech; 2010)

Se omitió la medición del parámetro Hg por no ser un área industrial y por representar problemas en las aduanas que no permiten el ingreso de los reactivos para ser analizado.

➤ **Níquel.** Una gran cantidad de níquel liberada al ambiente termina en el suelo o en sedimento en donde se adhiere fuertemente a partículas que contienen hierro o manganeso. Las condiciones ácidas favorecen la movilización del níquel en el suelo y facilitan su filtración hacia el agua subterránea. Además, no deben sobrepasar los límites máximos permisibles de 2 miligramos por litro. (Lenntech; 2010)

El níquel puede también terminar en la superficie del agua cuando es parte de las aguas residuales. La mayor parte de todos los compuestos del níquel que son liberados al ambiente se absorberán por los sedimentos o partículas del suelo y llegará a inmovilizarse. En suelos ácidos, el níquel se une para llegar a ser más móvil y a menudo alcanza el agua subterránea. (Lenntech; 2010)

➤ **Plomo:** El plomo ocurre de forma natural en el ambiente, pero las mayores concentraciones que son encontradas en el ambiente son el resultado de las actividades humanas. Es un elemento químico particularmente peligroso, y se puede acumular en organismos individuales, pero también entrar en las cadenas alimenticias. (Martínez; 2014).

El plomo puede permanecer adherido a partículas del suelo o de sedimento en el agua durante muchos años. La movilización del plomo desde partículas en el suelo al agua subterránea es improbable a menos que la lluvia que cae al suelo sea ácida. La movilización del plomo en el suelo dependerá del tipo de sal de plomo y de las características físicas y químicas del suelo. (Salud Pública; 2015)

Entre las fuentes de plomo en el agua de superficie o en sedimentos están la deposición de polvo que contiene plomo desde la atmósfera, el agua residual de industrias que manejan plomo y agua residual de los centros urbanos proviene

principalmente de los tejados, de la corrosión de cañerías en los hogares. (Salud Pública; 2015)

➤ **Zinc:** El zinc es un mineral alimenticio para seres humanos y animales, también las ingestiones de cantidades excesivas de zinc pueden perjudicar la salud de ambos, por encima de cierto nivel resulta ser tóxico. (Lenntech; 2010)

El Zinc ocurre de forma natural en el aire, agua y suelo, pero las concentraciones están aumentando por causas no naturales, debido a la adición de zinc a través de las actividades humanas. La mayoría del zinc es adicionado durante actividades domésticas, industriales, como es la minería. (Curso de Química General; 2015)

El agua es contaminada con zinc, debido a la presencia de grandes cantidades de él en las aguas residuales de plantas domésticas e industriales. Estas aguas residuales son depuradas satisfactoriamente. Una de las consecuencias es que los ríos están depositando fango contaminado con zinc en sus orillas. El zinc puede también incrementar la acidez de las aguas. (Curso de Química General; 2015)

Algunos peces pueden acumular zinc en sus cuerpos, cuando viven en cursos de aguas contaminadas, cuando entra en los cuerpos de estos peces este es capaz de biomagnificarse en la cadena alimentaria. (Curso de Química General; 2015)

El lodo que proviene de las plantas de tratamiento de aguas residuales se aplica en agricultura, horticultura y silvicultura, y por lo tanto las concentraciones de zinc no deben sobrepasar los límites máximos permisibles de 10 miligramos por litro. (Lenntech; 2010)

5.2.10.3 Parámetros microbiológicos

➤ **Coliformes totales y fecales:** Las principales especies de bacterias coliformes son el *E. coli* y *Enterobacter aerogenes*. El grupo de coliformes fecales incluye a los coliformes capaces de crecer a temperatura elevada 44.5 o 45°C. *Escherichia coli*, la temperatura óptima de crecimiento del microorganismo es de 37°C, con un intervalo de crecimiento de 10 a 40°C. Su pH óptimo de crecimiento es de 7.0 a 7.5 con un pH mínimo de crecimiento de valor de 4.0 y un pH máximo de crecimiento de valor de 8.5. Este microorganismo es relativamente termosensible y puede ser destruido con facilidad a temperaturas de pasteurización y también mediante la apropiada cocción de los alimentos (Lenntech; 2010)

5.2.11 Acuerdo Gubernativo Número 138-2017 “Reglamento de las descargas y reuso de aguas residuales y de la disposición de lodos”

En Guatemala existe el Acuerdo Gubernativo 138-2017 que es la reforma al Acuerdo Gubernativo No. 236-2006 “Reglamento de las descargas y reuso de aguas residuales y de la disposición de lodos”. Este tiene como objetivo establecer los criterios y requisitos que deben cumplirse para la descarga y reuso de aguas residuales, así como para la disposición lodos, para proteger los cuerpos receptores de agua de los impactos provenientes de la actividad humana, recuperar los cuerpos receptores de agua en proceso de eutrofización y promover el desarrollo del recurso hídrico con visión de gestión integrada. (Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales., 2006)

El Acuerdo Gubernativo 236-2006 ha sido enmendada tres veces por las reformas: Acuerdo Gubernativo 129-2015, Acuerdo Gubernativo 110-2016, por último, el Acuerdo Gubernativo 138-2017, estando este vigente; dando prórroga a las instituciones públicas y privadas por la ausencia de recursos financieros y presupuesto para realizar el estudio técnico de las aguas residuales.

El reglamento del Acuerdo Gubernativo debe aplicarse a:

- a. Los entes generadores de aguas residuales.
- b. Las personas que descarguen sus aguas residuales de tipo especial al alcantarillado público.
- c. Las personas que produzcan aguas residuales para reúso.
- d. Las personas que reúsen parcial o totalmente aguas residuales
- e. Las personas responsables del manejo, tratamiento y disposición final de lodos.

A continuación, se detalla a través del artículo Número veinticuatro del acuerdo, los parámetros de evaluación para determinar la calidad del agua descargada a los cuerpos receptores.

Artículo No. 24 Límites máximos permisibles de descargas a cuerpos receptores para aguas residuales municipales y de urbanizaciones no conectadas al alcantarillado público. Las municipalidades o empresas encargadas del tratamiento de aguas residuales del alcantarillado público y las urbanizaciones existentes no conectadas al alcantarillado público, deben cumplir con los límites máximos permisibles descritos en el siguiente cuadro:

Cuadro No. 2 Límites máximos permisibles de descargas a cuerpos receptores para aguas residuales.

		Fecha máxima de cumplimiento			
		Dos de mayo de dos mil diecinueve	Dos de mayo de dos mil veintitrés	Dos de mayo de dos mil veintisiete	Dos de mayo de dos mil treinta y uno
		Etapas			
Parámetros	Dimensionales	Uno	Dos	Tres	Cuatro
Temperatura	grados Celsius	TCR+/-7	TCR+/-7	TCR+/-7	TCR+/-7
Grasas y aceites	Miligramos por litro	50	10	10	10
Materia flotante	Ausencia/presencia	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
Sólidos suspendidos	Miligramos por litro	275	200	100	100
Nitrógeno total	Miligramos por litro	150	70	20	20
Fósforo total	Miligramos por litro	40	20	10	10
Potencial de hidrógeno	Unidades de potencial de hidrógeno	6 a 9	6 a 9	6 a 9	6 a 9
Coliformes fecales	Número más probable en cien mililitros	$< 1 \times 10^7$	$< 1 \times 10^4$	$< 1 \times 10^4$	$< 1 \times 10^4$
Arsénico	Miligramos por litro	0.1	0.1	0.1	0.1
Cadmio	Miligramos por litro	0.1	0.1	0.1	0.1
Cianuro total	Miligramos por litro	1	1	1	1
Cobre	Miligramos por litro	3	3	3	3
Cromo hexavalente	Miligramos por litro	0.1	0.1	0.1	0.1
Mercurio	Miligramos por litro	0.02	0.02	0.01	0.01
Níquel	Miligramos por litro	2	2	2	2
Plomo	Miligramos por litro	0.4	0.4	0.4	0.4
Zinc	Miligramos por litro	10	10	10	10
Parámetros	Dimensionales	Uno	Dos	Tres	Cuatro
Color	Unidades platino cobalto	1000	750	500	500
Demanda bioquímica de oxígeno	Miligramos por litro	250	100	100	100

Nota: datos extraídos del Acuerdo Gubernativo 138-2017, 2017.

Todas las municipalidades deberán cumplir con tener en operación, por lo menos con sistemas de tratamiento primario al cumplirse a más tardar el dos de mayo del dos mil diecinueve. (Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.; 2006)

Las municipalidades que reciban descargas de aguas residuales de tipo especial en el alcantarillado público, que contengan compuestos que no puedan ser tratados en un sistema de tratamiento primario, no estarán sujetas a los límites máximos permisibles de demanda bioquímica de oxígeno, sólidos suspendidos, nitrógeno total y fósforo total en la etapa uno del cuadro anterior. (Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.; 2006)

5.2.12 Sistemas de tratamiento para aguas residuales.

El tratamiento de aguas residuales consiste en una serie de procesos físicos, químicos y biológicos que tienen como fin eliminar los contaminantes en el agua efluente del uso humano. El objetivo del tratamiento es producir agua limpia o reutilizable en el ambiente y un residuo sólido o fango (también llamado biosólido o lodo) convenientes para su disposición o reúso. Es muy común llamarlo depuración de aguas residuales para distinguirlo del tratamiento de aguas potables. (Hernández; 2014.)

Según Hernández (2014) Un sistema de tratamiento de agua residual se divide en:

- Pre-tratamiento
- Tratamiento primario
- Tratamiento secundario
- Tratamiento terciario

5.2.12.1 Pre-tratamiento primario

La meta principal es proteger la planta de tratamiento y eliminación de aquellos componentes que puedan provocar problemas operacionales y de mantenimiento en el proceso de tratamiento o en los sistemas auxiliares.

- **Rejillas:** Retención de los sólidos más gruesos, como troncos, piedras, plásticos, papeles, etc., comúnmente se usan rejillas.



Figura No. 4 Rejillas del sistema de tratamiento.

Nota: Joanna Girón. 2014. Figura recuperada del curso de Ingeniería Sanitaria. Agua Residual. USAC.

- **Desarenador:** El proceso de desarenado se utiliza para separar la arena, grava, etc., arrastrada en suspensión por el efluente. Esta arena origina depósitos en canales y tuberías, abrasión y desgaste sobre los elementos mecánicos en movimiento y dificulta la eliminación y digestión de los lodos separados en los tanques de sedimentación, al aumentar su densidad. (Girón; 2014)



Figura No. 5 Desarenador del sistema de tratamiento.

Nota: Joanna Girón. 2014. Figura recuperada del curso de Ingeniería Sanitaria. Agua Residual. USAC.

- **Trampa de grasa:** son pre tratamientos de aguas residuales generalmente utilizados en establecimientos donde la producción de grasa es bastante alta y las mismas son utilizadas para la prevención de taponamientos de tuberías debido a la acumulación de grasas, mas no deben ser utilizados como sistemas de tratamiento de aguas residuales ni esperar que estos cumplan con la función de una Planta de Tratamiento. (Girón; 2014)

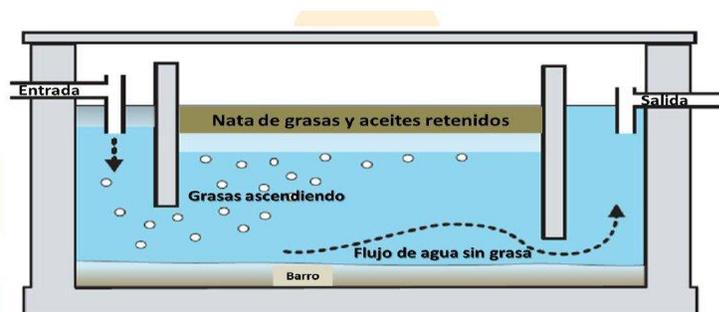


Figura No. 6 Trampa de grasa del sistema de tratamiento.

Nota: Obras Sanitarias. 2015. Figura recuperada.

5.2.12.2 Tratamiento primario

Tiene como objetivo eliminar los sólidos en suspensión por medio de un proceso de sedimentación simple por gravedad o asistida por coagulantes y floculantes. Así, para completar este proceso se pueden agregar compuestos químicos (sales de hierro, aluminio y polielectrolitos floculantes) con el objeto de precipitar el fósforo, los sólidos en suspensión muy finos o aquellos en estado de coloide. (Hernández, 2014.)

Las estructuras encargadas de esta función son los estanques de sedimentación primarios o clarificadores primarios. Habitualmente están diseñados para suprimir aquellas partículas que tienen tasas de sedimentación de 0,3 a 0,7 mm/s. Asimismo, el período de retención es normalmente corto, 1 a 2 h. Con estos parámetros, la profundidad del estanque fluctúa entre 2 a 5 m. (Hernández, 2014.)

En esta etapa se elimina por precipitación alrededor del 60 al 70% de los sólidos en suspensión. En la mayoría de las plantas existen varios sedimentadores primarios y su forma puede ser circular, cuadrada a rectangular. (Hernández, 2014.)

A continuación, se describen dos procesos económicamente rentables para su utilización en sistemas de tratamiento.

- **Fosa séptica:** Es una estructura subterránea impermeable que recibe en primer lugar las aguas residuales recogidas por la instalación de saneamiento de las viviendas. Está diseñada para permitir que los sólidos sedimenten separándose del líquido, digerir parcialmente la materia orgánica y almacenar los sólidos, mientras el efluente clarificado pasa a una nueva fase del proceso de depuración. (Life rural; 2012)

Su funcionamiento se basa en remansar el agua residual en un tanque, permitiendo que se produzcan dos procesos distintos:

*Decantación – flotación y almacenamiento: al reducirse la velocidad, los sólidos más densos que el líquido decantan y se acumulan en el fondo, de este modo, el tanque almacena los residuos sólidos, dando paso al efluente clarificado. (Life rural; 2012)

*Digestión anaerobia – fermentación: dentro del tanque, en ausencia de oxígeno, se produce un proceso biológico de degradación de la materia orgánica acumulada en lodos y espumas, de manera que la cantidad de sólidos se ve disminuida. (Life rural; 2012)

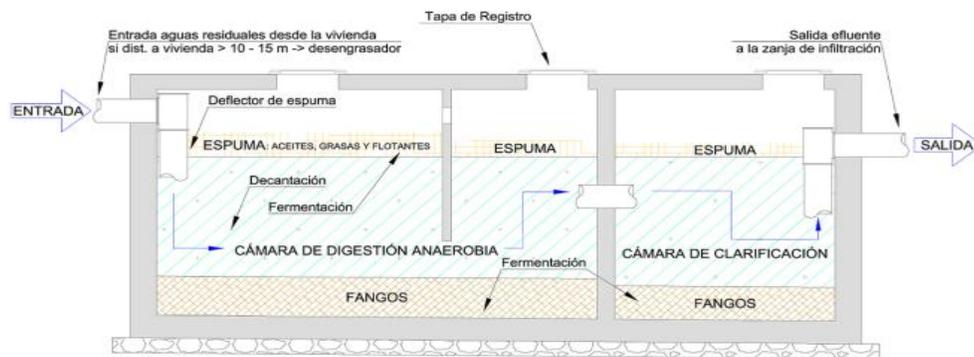


Figura No. 7 Fosa séptica del sistema de tratamiento.

Nota: Life Rural. 2004. Figura recuperada.

A simple vista las fosas sépticas no son tan grandes y no son los únicos sistemas para la eliminación de sólidos en suspensión en el agua residual, existen otros procesos en el tratamiento primario implementando diferentes técnicas una de ellas son los biodigestores donde se aprovechan los sólidos orgánicos para la formación de biogás.

- **Biodigestor:** son recipientes o tanques cerrados libres de oxígeno, que han sido diseñados para captar el biogás que se genera a partir de la mezcla de materia orgánica y agua, lo que produce su descomposición dentro de él. La materia orgánica puede ser tanto de origen vegetal como de origen animal. (Energía Renovables; 2014)

La estructura posee una entrada a través de la cual se introduce al tanque la materia orgánica elegida y se le agrega agua, al mezclarse se desarrollan microorganismos que no necesitan aire para vivir y transforman esa mezcla en dos productos principales: el biogás y el fertilizante líquido. (Energía Renovables; 2014)

Además, el tanque en donde se transforma la mezcla, el biodigestor cuenta con dos conductos de salida: uno para los lodos y el otro para el biogás. (Energía Renovables; 2014)

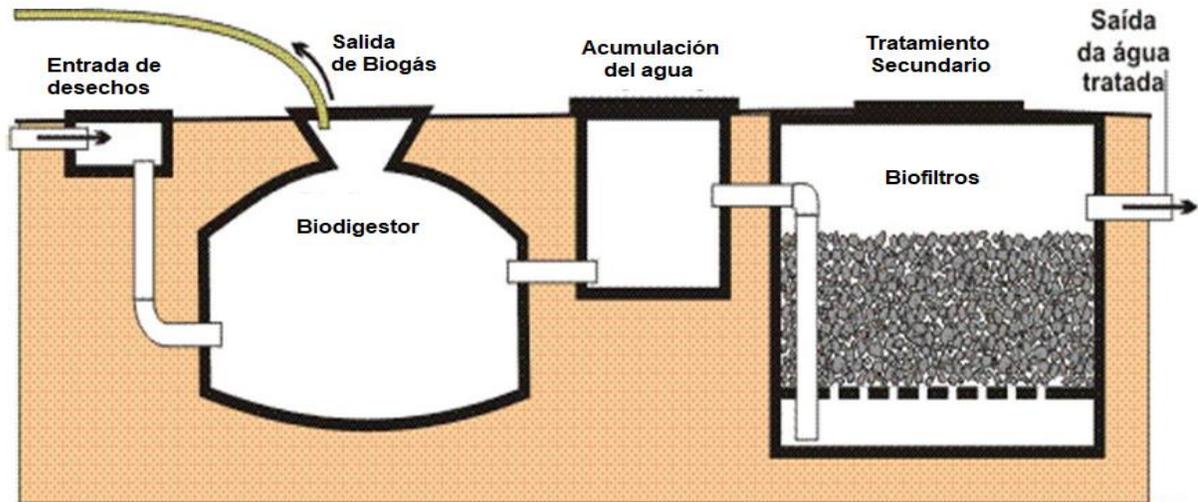


Figura No. 8 Biodigestor del sistema del tratamiento.

Nota: Energía. 2010. Figura recuperada.

5.2.12.3 Tratamiento secundario

Tiene como objetivo eliminar la materia orgánica en disolución y en estado coloidal, mediante un proceso de oxidación de naturaleza biológica seguido de sedimentación y desinfección, por medio de procesos aerobios, anaerobios o facultativos.

En esta etapa de tratamiento se elimina la materia orgánica biodegradable (principalmente soluble) por medios preferentemente biológicos debido a su bajo costo y alta eficacia de remoción. Básicamente, los contaminantes presentes en el agua residual son transformados por los microorganismos en materia celular, energía para su metabolismo y en otros compuestos orgánicos e inorgánicos. (Hernández, 2014.)

Los procesos biológicos se dividen en dos grupos; los anaerobios y los aerobios.

-El proceso anaerobio se caracteriza por tener una baja tasa de síntesis bacteriana, es decir, una baja producción de lodos de desecho. (Hernández, 2014.)

-Por el contrario, en el tratamiento aerobio, una mayor cantidad de energía del sustrato es utilizada para la síntesis celular, por lo que hay una mayor generación de biomasa como lodo no estabilizado, cuyo tratamiento y disposición incrementa la dificultad técnica y el costo del tratamiento. (Hernández, 2014.)

A continuación, se describe un sistema del tratamiento secundario de naturaleza biológica de tratamiento de las aguas residuales que tienen en común la utilización de microorganismos (entre las que destacan las bacterias) para llevar a cabo la eliminación de materia orgánica biodegradable, tanto coloidal como disuelta, así como la eliminación de compuestos que contienen elementos nutrientes.

- **Filtro percolador:** es una cama de grava sobre el cual se rocían las aguas negras pretratadas. En este sistema los microorganismos se apegan al medio del lecho y forman una capa biológica sobre éste. A medida que las aguas negras se percolan por el medio, los microorganismos digieren y eliminan los contaminantes el agua. (Lesikar & Enciso; 2015)

El filtro percolador es una tecnología comúnmente usada para tratar las aguas negras municipales antes de que las ciudades empezaran a usar el sistema de aireación de lodo activado. (Lesikar & Enciso; 2015)

Las aguas que se dosifican a un filtro percolador deben recibir pretratamiento, tal como el que se da en un tanque séptico, los sólidos y las grasas deben eliminarse antes de rociar las aguas negras sobre el filtro percolador, si no se sacan estos materiales, pueden cubrir la capa fina de microorganismos que crecen en el medio y matarlos. (Lesikar & Enciso; 2015)

Un filtro percolador puede reducir: la demanda bioquímica de oxígeno (DBO), los patógenos u organismos que causan enfermedades, coliformes fecales o bacterias de los desechos humanos o animales. (Lesikar & Enciso; 2015)

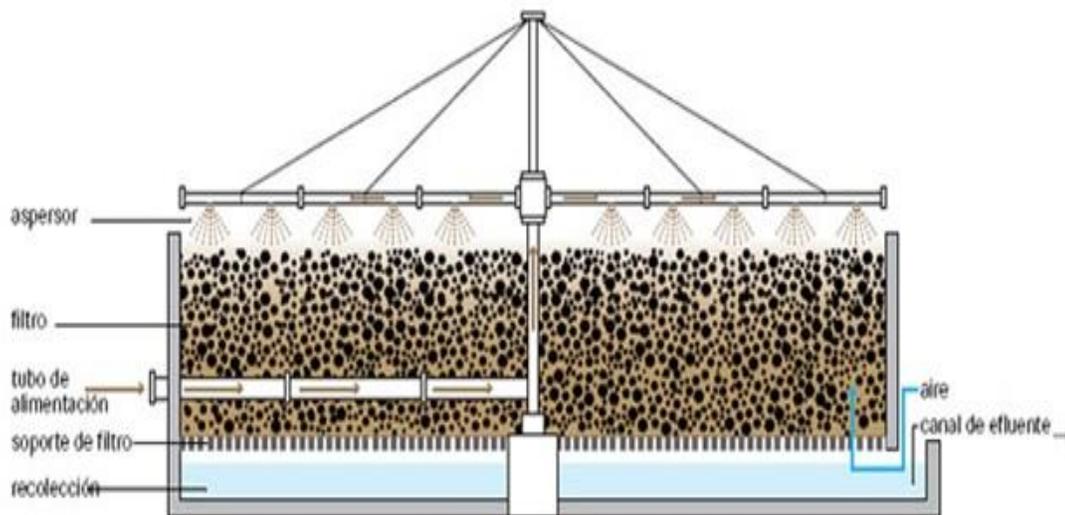


Figura No. 9 Filtro percolador del sistema de tratamiento.

Nota: Medio Ambiente. 2015. Figura recuperada.

5.2.12.4 Tratamiento terciario

Es un proceso de depuración que permite rebajar algunos de los componentes del agua residual que no es posible reducir mediante el tratamiento secundario. Un tratamiento terciario consiste generalmente en una coagulación-floculación, una decantación o una filtración. (Hernández; 2014)

El tratamiento terciario también puede llegar a eliminar una fracción elevada de los virus y las bacterias presentes en el afluente. Además, este proceso de tratamiento reduce la turbiedad del agua residual hasta niveles muy bajos, lo que asegura la eficacia del proceso de desinfección que se efectúa después de la filtración. (Hernández; 2014)

Existe un proceso económico para tratar el agua y reducir la presencia de microorganismos (bacterias, virus, microbios, etc.) sin necesidad de productos químicos y sin la presencia de electricidad para funcionar. A continuación, se describe:

- **La filtración lenta con arena** es un proceso simple y fiable. Son filtros relativamente baratos de construir, pero requieren operadores altamente cualificados. El proceso consiste en filtrar el agua no tratada lentamente a través de una cama porosa de arena, el agua entra a la superficie del filtro y luego drena por el fondo. (The National Environmental Services Center; 2009)

Construido adecuadamente, el filtro consiste en un tanque, una cama de arena fina, una capa de grava que soporta la arena, un sistema de sub-drenajes para recoger el agua filtrada y a la vez ningún químico es añadido. (The National Environmental Services Center; 2009)

A. Ventajas de la filtración lenta con arena

La simplicidad de diseño y operación, así como los requerimientos mínimos de compuestos químicos y energía hacen que el filtro lento de arena sea una técnica apropiada para el retiro de materia suspendida orgánica e inorgánica. Estos filtros también retiran organismos patógenos. (The National Environmental Services Center; 2009)

La filtración lenta con arena reduce las bacterias, la nubosidad y los niveles orgánicos, reduciendo así la necesidad de desinfección y consecuentemente, la presencia de subproductos de desinfección en el agua final. (The National Environmental Services Center; 2009)

Otras ventajas incluyen:

- Mínimos problemas de manejo de lodo.
- No es necesaria la supervisión cercana del operador.
- Los sistemas pueden hacer uso de materiales y de mano de obra disponible localmente.

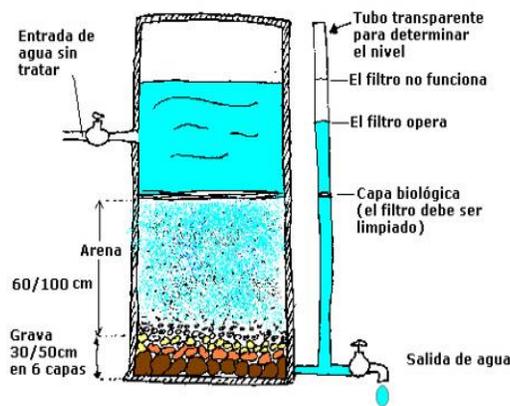


Figura No. 10 Filtro lento de arena del sistema de tratamiento.

Nota: Diario Ecológico. 2014. Figura recuperada.

5.2.12.5 Disposición final de lodos

El manejo del lodo residual comprende el tipo de tratamiento y la disposición o aprovechamiento de estos residuos. En las plantas se observa que el tratamiento del lodo está enfocado a la estabilización, a la reducción del volumen generado para realizar de la manera más económica y sencilla, la disposición fuera de la planta. (Vigueras; 2004)

Los lodos producidos en el tratamiento de aguas residuales dependen del tipo de planta de tratamiento y de la operación de ésta. En una planta de aguas residuales domésticas, los lodos se generan principalmente en las etapas de tratamiento primario y tratamiento secundario. (Limón; 2013)

Los lodos primarios se producen en la sedimentación primaria, en la cual se remueven sólidos sedimentables. La cantidad depende de la carga superficial o tiempo hidráulico de retención. En la sedimentación primaria con químicos se produce más lodo, producto de una mayor remoción y de la precipitación química de la materia coloidal. (Limón; 2013)

Los lodos secundarios se producen en procesos de tratamiento biológicos que convierten residuos o sustratos solubles en biomasa. También incluyen la materia particulada que permanece en el agua después de la sedimentación primaria y que se incorpora en la biomasa. La cantidad producida depende de varios factores: eficiencia del tratamiento primario, relación de SST a DBO, cantidad de sustrato soluble, remoción de nutrientes y criterios de diseño del tratamiento. (Limón; 2013)

Según Viguera (2014) la disposición final de lodos se puede usar en: relleno sanitario, compostaje, bio-sólido en la agricultura y reproducción de energía.

5.2.13 Plan de gestión

El Plan de gestión de aguas residuales, aguas para reúso y lodos se define como el compendio de acciones que se proponen para que el ente generador o persona que descarga al alcantarillado público, cuente con la base técnica científica indispensable que le permita inducir su desempeño ambiental y pueda definir las medidas preventivas y correctivas necesarias para cumplir con los límites máximos permisibles y las metas que el reglamento estipula en la descarga y reúso de aguas residuales y en la disposición de lodos en el corto, mediano y largo plazo. (Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales; 2006)

Según la Asociación Nacional de Municipalidades de la República de Guatemala - ANAM-, (2017), el plan de gestión incluye lo siguiente:

- ✓ Introducción
- ✓ Objetivo
- ✓ Plan de Acción
 - Materiales e insumos básicos
 - Talento Humano
- ✓ Operación y mantenimiento (prevención)
 - Alcantarilla sanitaria
 - Sistema de tratamiento y sus diferentes unidades
 - Lodos sépticos

VI. MATERIALES Y MÉTODOS

6.1 Materiales

En el siguiente cuadro se enumeran los materiales que fueron utilizados para la realización de la presente investigación:

Cuadro No. 3 Materiales utilizados para la presente investigación.

No.	Material	Cantidad	Costo
1	Libreta de campo	1	Q 5.00
2	Lapicero	1	Q 2.00
3	Calculadora	1	Q 75.00
4	Computadora portátil	1	Q 2,500.00
5	Botas de hule	3 pares (Q 55.00 c/u)	Q 165.00
6	Guantes de latex	3 pares (Q 11.00 c/u)	Q 33.00
7	Lentes plásticos	3 pares (Q 15.00 c/u)	Q 45.00
8	Mascarillas	3 (Q 45.00 c/u)	Q 135.00
9	Linterna	3 (Q 15.00 c/u)	Q 45.00
10	Cubeta plástica	1	Q 10.00
11	Hielera	1	Q 80.00
12	Bolsas de gel	3 bolsas (Q15.00 c/u)	Q 45.00
13	Cuatro análisis de laboratorio	21 parámetros	Q 10,000.00
14.	Transporte		Q 150.00
Total			Q 13,605.00

Nota: Elaborado con base a cotizaciones realizadas en comercios de San José La Máquina y laboratorio de aguas -CUNSUROC-, 2017.

6.2 Métodos

6.2.1 Cálculo de la carga contaminante de las aguas residuales generadas en el casco urbano del municipio de San José La Máquina, Suchitepéquez.

Para alcanzar este objetivo se realizaron las siguientes actividades:

6.2.1.1 Cálculo del caudal

a. Cálculo del volumen del recipiente

Se utilizó la siguiente ecuación para calcular el volumen del recipiente en forma de cilindro:

$$V = \pi r^2 * h$$

Fuente: Estrada William, Girón Joanna. 2014. (Curso de Ingeniería Sanitaria). Agua Residual. USAC.

Donde:

V= Volumen (m³)

r= El radio del recipiente (m)

h= Altura del agua (m)

El volumen expresado en metros cúbicos (m³) posteriormente deberá transformarse a litros, utilizando la siguiente ecuación:

$$V \text{ (litros)} = V \text{ (m}^3\text{)} * 1000$$

b. Utilización del método volumétrico

Consistió en tomar el tiempo de llenado de un recipiente de dimensiones conocidas en el punto de descarga de aguas residuales en los cuatro puntos identificados.

Se midió a cada hora durante 24 horas consecutivas en tres puntos ubicados en las comunidades: Faja 12 Icán, Rancho alegre, Línea A-11 Icán puente Jabalí y el Rastro Municipal se logró medir tres horas consecutivas por el horario laboral desembocando en el río Jabalí, este proceso se repitió por lo menos 10 veces por hora y se utilizó la siguiente ecuación para el cálculo del caudal:

$$Q = \frac{PrmVH}{PrmTH} \text{ (m}^3\text{/s)}$$

Fuente: Lozano Antonio, Girón Joanna. 2014. (Curso de Ingeniería Sanitaria). Agua Residual. USAC.

Donde:

PrmVH= Promedio de volumen de cada hora (m³)

PrmTH= Promedio de tiempo de cada hora (s)

6.2.1.2 Ecuación de la carga contaminante

Para el cálculo de la carga contaminante se multiplicó la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) * caudal (L/s)* constante, obtenido de los análisis de la muestra de agua.

Se utilizó la siguiente ecuación:

$$CC = DBO5 * Q * 0.0864$$

Fuente: Rosángela Vásquez, Joanna Girón. 2014. Curso de Ingeniería Sanitaria. Agua Residual. USAC.

Donde

CC= carga contaminante (Kg/día)

DBO = concentración Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/L)

Q= caudal (L/s)

6.2.2 Determinación de la calidad de las aguas residuales del casco urbano, según Acuerdo Gubernativo 138-2017 del reglamento de las “Descargas y Reúso de Aguas Residuales y de la Disposición de Lodos”.

Para alcanzar este objetivo se realizaron las siguientes actividades:

6.2.2.1 Toma de muestras

Se tomaron cuatro muestras tomando en cuenta el horario donde se genera mayor volumen, esto se determinó al momento de medir el caudal.

1. Para los análisis físicos y químicos se utilizó un recipiente de plástico el cual se llenó tres veces con el agua a muestrear para saturar las paredes y se tomó de cada punto de descarga una muestra de dos litros.
2. Para los análisis de coliformes fecales se utilizó un recipiente de plástico estéril y se tomó 100 ml de muestra.
3. Para los análisis de grasas y aceites se utilizó un recipiente de vidrio color ámbar y se tomó 1 litro de muestra.
4. En el punto de muestreo se tomaron los parámetros “in situ”: temperatura utilizando un termómetro y pH utilizando tiras de papel de la marca Hydrion papers de MICRO ESSENTIAL LABORATORY, INC.

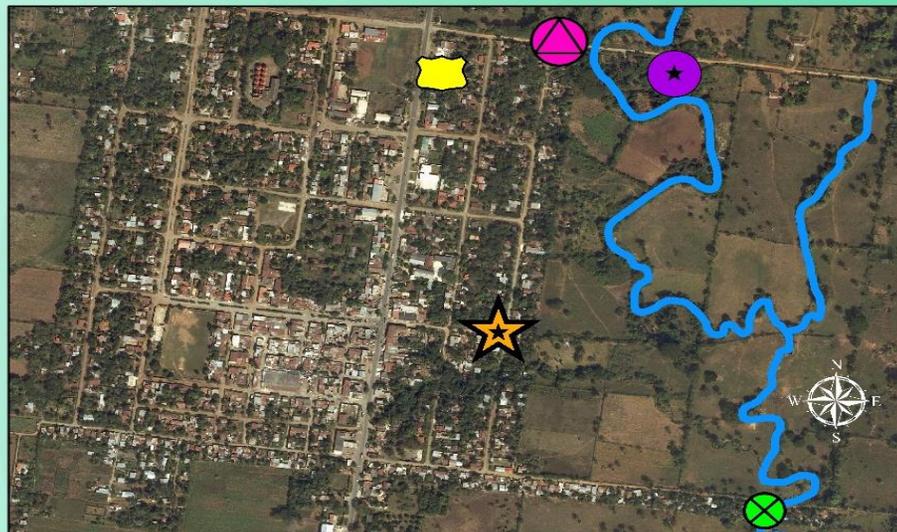
5. Las muestras se conservaron en una hielera a una temperatura media de 15°C para ser transportadas al laboratorio de aguas de la carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental Local del Centro Universitario de Suroccidente (CUNSUROC).

6.2.2.2 Puntos de muestreo

En la Figura No. 11, pág. 54, se puede observar los puntos en donde se tomaron las cuatro muestras de aguas residuales:

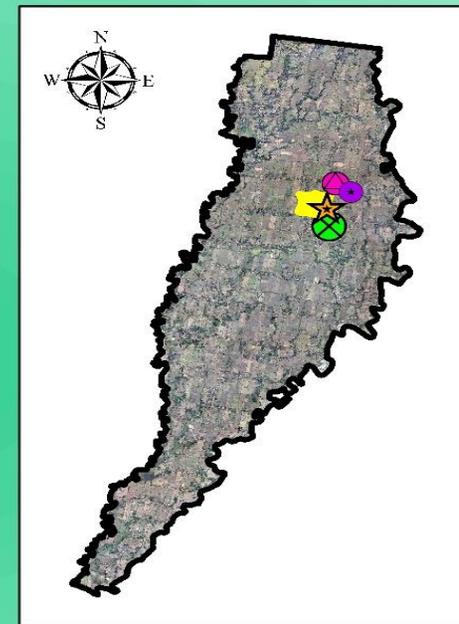
- Faja 12 Icán con coordenadas: 14° 18'00.15" Norte, 91° 33'28.48" Oeste y con una elevación sobre el nivel del mar de 47 metros.
- Rancho Alegre con coordenadas: 14° 18'09.14" Norte, 91° 33'46.84" Oeste y con una elevación sobre el nivel del mar de 62 metros
- Línea A 11 Icán puente Jabalí con coordenadas: 14° 18'28.80" Norte y 91° 33'41.11" Oeste y con una elevación sobre el nivel del mar de 63 metros
- Rastro Municipal con coordenadas: 14° 18' 26.81" Norte y 91° 33'33.22" Oeste y con una elevación sobre el nivel del mar de 59 metros.

Ubicación de los puntos de muestreo de aguas residuales del casco urbano de San José La Máquina, Suchitépquez.



1 Centímetros = 95 Metros

450 225 0 450 Metros



1 Centímetros = 2,400 Metros

Leyenda

- | | |
|--|---|
|  Río Jabalí |  Descarga de Aguas Residuales en la Faja 12 Icán |
|  San José La Máquina. |  Línea A 11 Icán puente Jabalí |
|  Municipalidad |  Rancho Alegre Icán |
|  Rastro Municipal | |

Sistema de Referencia de Coordenadas Proyectadas GTM

**Autor: Antonio Angel
Fecha: Abril, 2017.**



Figura No. 11 Ubicación de los puntos de muestreo de aguas residuales en el casco urbano de San José La Máquina.

Nota: Elaborado con base a MAGA, 2006.

6.2.2.3 Parámetros analizados

Se analizaron 19 parámetros, según el Acuerdo Gubernativo 138-2017 “Reglamento de las Descargas y Reúso de Aguas Residuales y De la Disposición de Lodos”.

Cuadro No. 4 Parámetros Físicos, Químicos y microbiológicos

Parámetros	Dimensionales	Límites máximos permisibles (1)
Temperatura	Grados Celsius	TCR+/-7
Grasas y aceites	Miligramos por litro	50
Materia flotante	Ausencia/presencia	Ausente
Sólidos suspendidos	Miligramos por litro	275
Nitrógeno total	Miligramos por litro	150
Demanda bioquímica de oxígeno	Miligramos por litro	250
Fosforo total	Miligramos por litro	40
Potencial de hidrogeno	Unidades de potencial de hidrogeno	6 a 9
Coliformes fecales	Número más probable en cien mililitros	$< 1 \times 10^7$
Arsénico	Miligramos por litro	0.1
Cadmio	Miligramos por litro	0.1
Cianuro total	Miligramos por litro	1
Cobre	Miligramos por litro	3
Cromo hexavalente	Miligramos por litro	0.1
Mercurio	Miligramos por litro	0.02
Níquel	Miligramos por litro	2
Plomo	Miligramos por litro	0.4
Zinc	Miligramos por litro	10
Color	Unidades platino cobalto	1000

1. Límites máximos permisibles para la etapa uno establecida en el Acuerdo Gubernativo 138-217 enmienda del Acuerdo Gubernativo 236-2017 con fecha máxima de cumplimiento el dos de mayo de dos mil. diecinueve.

6.2.3 Propuesta de plan de gestión para las aguas residuales generadas en el casco urbano del municipio de San José La Máquina, Suchitepéquez.

Con los resultados obtenidos de los análisis físicos, químicos y microbiológicos se diseñó una propuesta de solución para tratar el caudal generado de las aguas residuales del casco urbano del municipio de San José La Máquina, Suchitepéquez.

En la elaboración de la propuesta se tomó en cuenta los términos de referencia establecidas por la Asociación Nacional de Municipalidades de la República de Guatemala -ANAM- que incluye: (ver anexo No.6; página 125)

- ✓ Introducción
- ✓ Objetivo
- ✓ Plan de acción
- Materiales e insumos básicos
- Talento Humano
- ✓ Operación y mantenimiento (prevención)
- Alcantarilla sanitaria
- Sistema de tratamiento y sus diferentes unidades
- Lodos sépticos

La elaboración del presupuesto se realizó con base a los diseños de los planos elaborados con la asesoría del ing. Antonio De León Fernández, donde se hacen los análisis de los costos directos y costos indirectos para obtener el valor total de la construcción.

Con base a la asesoría del Arquitecto Jorge Martínez se realizó el siguiente presupuesto por cada fase de la propuesta del sistema de tratamiento. (Ver anexo No.7, página 128)

- Costos directos

Consiste en los materiales necesarios para lograr la etapa de construcción en cada fase de la propuesta del sistema de tratamiento:

- Materiales para la construcción: Para calcular el costo de los materiales fue necesario contar con cotizaciones de cada fase de la propuesta del sistema de tratamiento, contemplando lo siguiente:

- Todas las fases de la propuesta del sistema de tratamiento.
- Dimensiones de cada fase de la propuesta del sistema.
- Materiales a emplear en cada fase
- Cantidad
- Precio unitario
- Subtotal y total

- Costos indirectos

Para calcular los sueldos y gastos generales se estimó:

- Sueldos Arquitecto y supervisión

- Sueldos de jornaleros

- Gastos oficina que incluye:

- *Alquiler

- * Teléfono

- *Electricidad

- *Agua potable

- *Salario de secretaria

VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

7.1 Carga contaminante

7.1.1 Cálculo del caudal de los cuatro puntos de descarga del casco urbano del municipio de San José La Máquina.

Se procedió a medir el caudal generado durante 24 horas en tres puntos de descarga (Faja 12, Rancho Alegre y puente A-11 Icán) y únicamente durante dos horas, debido al horario de generación de aguas residuales, en el punto de descarga del Rastro Municipal. Los caudales promedio medidos se encuentran, en anexo No. 3, página 89, se encuentra los cuadros correspondientes del cálculo del mismo.

7.1.1.1 Cálculo del caudal

Resumen de los caudales de los cuatro puntos de descargas.

En el siguiente cuadro se muestra un resumen de los caudales generados en los cuatro puntos de descargas expresados en litros por segundo (L/s):

Cuadro No. 5 Resumen de caudales de los cuatro puntos de descarga del casco urbano del municipio de San José La Máquina.

Punto de descarga	Caudal (L/s)
Faja 12	2.7668
Rancho Alegre	1.0467
Puente A-11 Icán	0.2394
Rastro Municipal	0.5635

7.1.1.2 Cálculo de la carga contaminante

Para el cálculo de la carga contaminante se utilizó la siguiente ecuación:

$$CC = DBO5 * Q * 0.0864$$

Fuente: Vásquez Rosángela, Girón Joanna. 2014. (Curso de Ingeniería Sanitaria). Agua Residual. USAC.

Carga contaminante de los cuatro puntos de descarga.

En el siguiente cuadro se muestra la carga contaminante de los cuatro puntos de descargas.

Cuadro No. 6 Cálculo de la carga contaminante

Nombre	Concentración de DBO (mg/L) ⁽¹⁾	Caudal vertido (L/s) ⁽²⁾	Carga contaminante (Kg/día)
Faja 12	719	2.75	170.75
Rancho Alegre	449	1.03	39.91
Rastro Municipal	338	0.46	13.54
Puente A-11 Icán	40	0.23	0.80

1. Dato extraído del informe de resultados de análisis de cada punto de descarga Anexo No. 4, página119.

2. Dato extraído del anexo No. 3, página 89, cálculos de los caudales.

Según el cuadro No. 6 la carga contaminante mayor es para la Faja 12 con 170.75 Kg/día, seguido de la de Rancho Alegre con 39.91 Kg/día, para el Rastro Municipal con 13.54 Kg/día y puente A- 11 Icán con 0.80 Kg/día.

La carga contaminante de los puntos de descarga para las comunidades: Faja 12 y Rancho Alegre proviene principalmente de las actividades domésticas como

lavado de ropa, utensilios de cocina, baño, restos de comida, descargas de servicios sanitarios, gasolineras y lavado de automóviles, siendo, por ende, los puntos que reciben la mayor cantidad de contaminantes.

En el puente A-11 Icán la carga contaminante es debido a la presencia de las aguas del Colegio Técnico El Redentor, lavado de ropa y de utensilios de cocina de la población.

La carga contaminante del Rastro Municipal es debido a la actividad de desmembramiento y las excretas del ganado.

7.2 Calidad de las aguas residuales del casco urbano del municipio de San José La Máquina, Suchitepéquez.

En el casco urbano del municipio de San José La Máquina se identificaron cuatro puntos de descarga a los cuales se realizaron análisis de 19 parámetros según en el artículo 1 del Acuerdo Gubernativo 138-2017, reglamento de las “Descargas y Reúso de Aguas Residuales y de la Disposición de Lodos”. Evaluado su cumplimiento o incumplimiento en base a los límites máximos permisibles para la etapa I, la cual debe de cumplirse para el 2 de mayo del 2019.

Los cuatro puntos descargan al río Jabalí y las muestras fueron analizadas en el Laboratorio de Aguas de la Carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental Local del Centro Universitario de Suroccidente -CUNSUROC- de la Universidad de San Carlos de Guatemala, donde se tuvieron los siguientes resultados:

a. Punto de muestreo de la comunidad Faja 12

El tipo de muestreo utilizando en la comunidad de la Faja 12 fue simple, las aguas generadas son de tipo ordinario las mismas son generadas por las actividades domésticas y comerciales, además no existe ningún tipo de tratamiento.

A continuación, se detallan los resultados obtenidos del análisis de la muestra recolectada.

Cuadro No. 7 Resultados del análisis de la descarga de aguas residuales de la Faja 12.

Parámetros	Dimensionales	Límite máximo permisible (1)	Resultados (2)	Evaluación de cumplimiento (3)
Temperatura	Grados Celsius	TCR+/-7	21	Cumple
Grasas y aceites	Miligramos por litro	50	559.90	No Cumple
Materia flotante	Ausencia/presencia	Ausencia	Presente	No Cumple
Sólidos suspendidos	Miligramos por litro	250	1,773.39	No Cumple
Nitrógeno total	Miligramos por litro	150	0.9	Cumple
Demanda bioquímica de oxígeno	Miligramos por litro	250	715	No Cumple
Fosforo total	Miligramos por litro	40	6.13	Cumple
Potencial de hidrogeno	Unidades de potencial de hidrogeno	6 a 9	8	Cumple
Coliformes fecales	Número más probable en cien mililitros	< 1 x 10 ⁷	≥2400	No Cumple
Arsénico	Miligramos por litro	0.1	0.025	Cumple
Cadmio	Miligramos por litro	0.1	0.112	Cumple
Cianuro total	Miligramos por litro	1	0.011	Cumple
Cobre	Miligramos por litro	3	0.36	Cumple
Cromo hexavalente	Miligramos por litro	0.1	0.18	Cumple
Níquel	Miligramos por litro	2	3.39	Cumple

1. Límites máximos permisibles para la etapa uno establecida en el Acuerdo Gubernativo 138-217 enmienda del Acuerdo Gubernativo 236-2017 con fecha máxima de cumplimiento el dos de mayo de dos mil diecinueve.
2. Datos extraídos del informe de Resultado de Análisis de la descarga Faja 12, Anexo No.4, página 121.
3. El color blanco en los siguientes cuadros indica que cumple con los límites máximos permisibles y el color rojo indica que no cumple.

Parámetros	Dimensionales	Límite máximo permisible (1)	Resultados (2)	Evaluación de cumplimiento (3)
Plomo	Miligramos por litro	0.4	1.24	Cumple
Zinc	Miligramos por litro	10	0.34	Cumple
Color	Unidades platino cobalto	1000	150	Cumple

1. Límites máximos permisibles para la etapa uno establecida en el Acuerdo Gubernativo 138-217 enmienda del Acuerdo Gubernativo 236-2017 con fecha máxima de cumplimiento el dos de mayo de dos mil diecinueve.
2. Datos extraídos del informe de Resultado de Análisis de la descarga Faja 12, Anexo No.4, página 121.
3. El color blanco en los siguientes cuadros indica que cumple con los límites máximos permisibles y el color rojo indica que no cumple.

b. Punto de muestreo Rancho Alegre

El tipo de muestreo utilizado en el Rancho Alegre fue simple, las aguas generadas son de tipo ordinario las aguas residuales generadas por las actividades domésticas y comerciales, además con una fosa séptica y se tomó la muestra después de pasar por el sistema de tratamiento.

A continuación, se detallan los resultados obtenidos del análisis de la muestra recolectada.

Cuadro No. 8 Resultados del análisis de la descarga de aguas residuales Rancho Alegre.

Parámetros	Dimensionales	Límite máximo permisible (1)	Resultados (2)	Evaluación de cumplimiento (3)
Temperatura	Grados Celsius	TCR+/-7	20	Cumple
Grasas y aceites	Miligramos por litro	50	452.60	No Cumple
Materia flotante	Ausencia/presencia	Ausencia	Ausencia	Cumple
Sólidos suspendidos	Miligramos por litro	250	983.13	No Cumple
Nitrógeno total	Miligramos por litro	150	13.1	Cumple
Demanda bioquímica de oxígeno	Miligramos por litro	250	442	Cumple
Fosforo total	Miligramos por litro	40	4.29	Cumple
Potencial de hidrogeno	Unidades de potencial de hidrogeno	6 a 9	7	Cumple
Coliformes fecales	Número más probable en cien mililitros	< 1 x 10 ⁷	≥2400	No Cumple
Arsénico	Miligramos por litro	0.1	0.014	Cumple
Cadmio	Miligramos por litro	0.1	0.076	Cumple
Cianuro total	Miligramos por litro	1	0.010	Cumple

1. Límites máximos permisibles para la etapa uno establecida en el Acuerdo Gubernativo 138-2017 enmienda del Acuerdo Gubernativo 236-2017 con fecha máxima de cumplimiento el dos de mayo de dos mil diecinueve.
2. Datos extraídos del informe de Resultado de Análisis de la descarga Rancho Alegre, Anexo 4, página 119.
3. El color blanco en los siguientes cuadros indica que cumple con los límites máximos permisibles y el color rojo indica que no cumple.

Parámetros	Dimensionales	Límite máximo permisible (1)	Resultados (2)	Evaluación de cumplimiento (3)
Cobre	Miligramos por litro	3	0.17	Cumple
Cromo hexavalente	Miligramos por litro	1	0.13	Cumple
Níquel	Miligramos por litro	0.1	1.72	Cumple
Plomo	Miligramos por litro	2	0.12	Cumple
Zinc	Miligramos por litro	0.4	0.38	Cumple
Color	Unidades platino cobalto	10	100	Cumple

1. Límites máximos permisibles para la etapa uno establecida en el Acuerdo Gubernativo 138-2017 enmienda del Acuerdo Gubernativo 236-2017 con fecha máxima de cumplimiento el dos de mayo de dos mil diecinueve.
2. Datos extraídos del informe de Resultado de Análisis de la descarga Rancho Alegre, Anexo 4, página 119.
3. El color blanco en los siguientes cuadros indica que cumple con los límites máximos permisibles y el color rojo indica que no cumple.

c. Punto de muestreo puente A-11 Icán

El tipo de muestreo utilizando fue simple, las aguas generadas son de tipo ordinario las aguas residuales generadas por las actividades domésticas y comerciales, además no cuenta con ningún sistema para tratar las aguas residuales generadas en el lugar.

A continuación, se detallan los resultados obtenidos del análisis de la muestra recolectada.

Cuadro No. 9 Resultado del análisis de la descarga ubicadas en el puente A-11 Icán.

Parámetros	Dimensionales	Límite máximo permisible (1)	Resultados (2)	Evaluación de cumplimiento (3)
Temperatura	Grados Celsius	TCR+/-7	21	Cumple
Grasas y aceites	Miligramos por litro	50	505.19	No Cumple
Materia flotante	Ausencia/presencia	Ausencia	Ausencia	Cumple
Sólidos suspendidos	Miligramos por litro	250	689.95	No Cumple
Nitrógeno total	Miligramos por litro	150	12.3	Cumple
Demanda bioquímica de oxígeno	Miligramos por litro	250	35	Cumple
Fosforo total	Miligramos por litro	40	2.16	Cumple
Potencial de hidrogeno	Unidades de potencial de hidrogeno	6 a 9	8	Cumple
Coliformes fecales	Número más probable en cien mililitros	< 1 x 10 ⁷	≥2400	No Cumple
Arsénico	Miligramos por litro	0.1	0.048	Cumple
Cadmio	Miligramos por litro	0.1	0.058	Cumple
Cianuro total	Miligramos por litro	1	0.008	Cumple

1. Límites máximos permisibles para la etapa de valor inicial establecida en el Acuerdo Gubernativo 138-2017 enmienda del Acuerdo Gubernativo 236-2017 con fecha máxima de cumplimiento el dos de mayo de dos mil diecinueve.
2. Datos extraídos del informe de Resultado de Análisis de la descarga puente A-11 Icán, Anexo 4, página 120.
3. El color blanco en los siguientes cuadros indica que cumple con los límites máximos permisibles y el color rojo indica que no cumple.

Parámetros	Dimensionales	Límite máximo permisible (1)	Resultados (2)	Evaluación de cumplimiento (3)
Cobre	Miligramos por litro	3	0.18	Cumple
Cromo hexavalente	Miligramos por litro	0.1	0.04	Cumple
Níquel	Miligramos por litro	2	0.27	Cumple
Plomo	Miligramos por litro	0.4	0.12	Cumple
Zinc	Miligramos por litro	10	0.38	Cumple
Color	Unidades platino cobalto	1000	10	Cumple

1. Límites máximos permisibles para la etapa de valor inicial establecida en el Acuerdo Gubernativo 138-2017 enmienda del Acuerdo Gubernativo 236-2017 con fecha máxima de cumplimiento el dos de mayo de dos mil diecinueve.
2. Datos extraídos del informe de Resultado de Análisis de la descarga puente A-11 Iacán, Anexo 4, página 120.
3. El color blanco en los siguientes cuadros indica que cumple con los límites máximos permisibles y el color rojo indica que no cumple.

d. Punto de muestreo Rastro Municipal

El tipo de muestreo utilizado en el Rastro Municipal fue simple, las aguas generadas son de tipo ordinario especial por ser de servicios públicos municipales, no cuenta con ningún sistema de tratamiento.

A continuación, se detallan los resultados obtenidos del análisis de la muestra recolectada.

Cuadro No. 10 Resultados del análisis de la descarga del Rastro Municipal.

Parámetros	Dimensionales	Límite máximo permisible (1)	Resultados (2)	Evaluación de cumplimiento (3)
Temperatura	Grados Celsius	TCR+/-7	24	Cumple
Grasas y aceites	Miligramos por litro	50	672.93	No Cumple
Materia flotante	Ausencia/presencia	Ausencia	Ausencia	Cumple
Sólidos suspendidos	Miligramos por litro	250	7915.89	No Cumple
Nitrógeno total	Miligramos por litro	150	3.70	Cumple
Demanda bioquímica de oxígeno	Miligramos por litro	250	307	Cumple
Fosforo total	Miligramos por litro	40	2.20	Cumple
Potencial de hidrogeno	Unidades de potencial de hidrogeno	6 a 9	10	No Cumple
Coliformes fecales	Número más probable en cien mililitros	$< 1 \times 10^7$	≥ 2400	No Cumple
Arsénico	Miligramos por litro	0.1	0.13	Cumple
Cadmio	Miligramos por litro	0.1	0.050	Cumple
Cianuro total	Miligramos por litro	1	0.015	Cumple
Cobre	Miligramos por litro	3	0.85	Cumple
Cromo hexavalente	Miligramos por litro	0.1	0.05	Cumple
Níquel	Miligramos por litro	2	1.35	Cumple
Plomo	Miligramos por litro	0.4	0.01	Cumple

1. Límites máximos permisibles para la etapa uno establecida en el Acuerdo Gubernativo 138- 2017 enmienda del Acuerdo Gubernativo 236-2017 con fecha máxima de cumplimiento el dos de mayo de dos mil diecinueve.
2. Datos extraídos del informe de Resultado de Análisis de la descarga Rastro Municipal, Anexo 4, página 122.
3. El color blanco en los siguientes cuadros indica que cumple con los límites máximos permisibles y el color rojo indica que no cumple.

Parámetros	Dimensionales	Límite máximo permisible (1)	Resultados (2)	Evaluación de cumplimiento (3)
Zinc	Miligramos por litro	10	0.5	Cumple
Color	Unidades platino cobalto	1000	1300	Cumple

1. Límites máximos permisibles para la etapa uno establecida en el Acuerdo Gubernativo 138- 2017 enmienda del Acuerdo Gubernativo 236-2017 con fecha máxima de cumplimiento el dos de mayo de dos mil diecinueve.
2. Datos extraídos del informe de Resultado de Análisis de la descarga Rastro Municipal, Anexo 4, página 122.
3. El color blanco en los siguientes cuadros indica que cumple con los límites máximos permisibles y el color rojo indica que no cumple.

Los resultados de los análisis del punto de descarga de la comunidad Faja 12 indica que 13 parámetros (72% de parámetros evaluados) cumplen con los límites máximos permisibles. Los parámetros que se encuentran fuera de los límites establecidos son: grasas y aceites, materia flotante, sólidos suspendidos, Demanda Bioquímica de Oxígeno y Coliformes fecales (representando al 28% de los parámetros evaluados).

Los resultados de los puntos Rancho Alegre y puente A-11 Icán indican que 13 (83% de los parámetros evaluados) cumplen con los límites máximos permisibles. Los parámetros que se encuentran fuera de los límites establecidos son: grasas y aceites, sólidos suspendidos y coliformes fecales (representando al 17% de los parámetros evaluados).

Los resultados de la descarga del Rastro Municipal muestran indica que 14 parámetros (77% de parámetros evaluados) cumplen con los límites máximos permisibles. Los parámetros que se encuentran fuera de los límites establecidos son: grasas y aceites, sólidos suspendidos, potencial de hidrógeno y coliformes fecales (representando al 23% de los parámetros evaluados).

A continuación, se detallan los parámetros evaluados que no cumplen con los límites máximos permisibles en todos los puntos de descarga por la falta de tratamiento:

El valor de grasas y aceites se encuentran fuera de los límites en los cuatro puntos pudiendo encontrar la posible causa en las diferentes actividades domésticas donde se generan, como lo son: la preparación de alimentos, lavado de automóviles, desechos líquidos provenientes de talleres, gasolineras, comercios y el desmembramiento del ganado.

El valor del material flotante se encuentra fuera de los límites en el punto Faja 12 consiguiendo deberse a las diferentes actividades domésticas como la preparación de alimentos, desempaque de alimentos y los desechos inorgánicos (arena, limo, arcilla y restos de madera).

Los valores de sólidos suspendidos se encuentran fuera de los límites en los cuatro puntos siendo la causa probable las diferentes actividades domésticas donde son generados como desechos orgánicos (la preparación de alimentos, papel, resto de cabello, heces entre otros) e inorgánicos (arena, limo y arcilla) que son descargadas a la red de drenaje.

El valor de la Demanda Bioquímica de Oxígeno D.B.O. se encuentra fuera de los límites en el punto de descarga Faja 12, este valor suele verse incrementado cuando hay abundantes descargas de agua proveniente de actividades domésticas como lavado de ropa, papel higiénico, preparación de alimentos, orina, heces, entre otras.

El valor del potencial de hidrógeno se encuentra fuera de los límites en el punto del Rastro Municipal a causa de los contaminantes que las aguas residuales aportan como restos de animal, excretas y sangre.

Los valores de coliformes fecales se encuentra fuera de los límites en los cuatro puntos que son causadas principalmente por la presencia de heces fecales humanas y animales.

7.3 Propuesta de plan de gestión para las aguas residuales.

En el anexo número 7, página 128, se muestra el plan de gestión para las aguas residuales del casco urbano y del Rastro Municipal del municipio de San José La Máquina, está basado con la estructura provista por la Asociación Nacional de Municipalidades de la República de Guatemala -ANAM- para el cumplimiento del Acuerdo Gubernativo Número 138-2017, el cual en su artículo Número dos inciso c, indica que todas las municipalidades deben de cumplir con la implementación de sistemas de tratamientos completos para las descargas de agua residual para el dos de mayo de dos mil diecinueve.

Para el casco urbano incluye un esquema del sistema de tratamiento para las aguas residuales, el cual integra las descargas de los puntos: Faja 12, Rancho Alegre, puente A-11 Iacán, éstas serán conectadas a través de la red alcantarillado público.

Este estará comprendido por las siguientes etapas: pre-tratamiento, que incluye un canal de rejillas, desarenador y caja de trampa grasas; tratamiento primario, una fosa séptica; tratamiento secundario, un filtro percolador y tratamiento terciario, comprendido por un filtro lecho y desinfección con un costo total de Q 1,183,867.45 para su construcción.

Con el Rastro Municipal incluye un esquema del sistema de tratamiento para las aguas residuales tipo especial, el cual estará comprendido por las siguientes etapas: tratamiento primario a través de un biodigestor, filtro percolador como tratamiento secundario y tratamiento terciario por un filtro lecho y desinfección con un costo total de Q 922,064.96 para su construcción.

VIII. CONCLUSIONES

8.1 La carga contaminante para la comunidad de la Faja 12 es de 170.75 kg/día, Rancho Alegre de 39.91 Kg/día, Rastro Municipal de 13.54 Kg/día, puente A-11 Icán con 0.80 Kg/día y es generada por diferentes actividades domésticas.

8.2 Las aguas residuales generadas por las actividades que se realizan dentro del casco urbano no cumplen con los límites máximos permisibles que dicta el artículo No. 1 del acuerdo gubernativo 138-2017 causando contaminación al río Jabalí y a las personas que utilizan el agua para consumo humano y riego agrícola.

- Para la Faja 12 de 18 parámetros analizados cinco no cumplen, de los cuales son: grasas y aceites, materia flotante, sólidos suspendidos, Demanda Bioquímica de Oxígeno D.B.O. y coliforme fecales.
- En el punto de descarga del Rancho Alegre de 18 parámetros evaluados tres no cumplen de los cuales son: grasas y aceites, sólidos suspendidos y coliforme fecales.
- Para el puente A-11 Icán de 18 parámetros analizados tres no cumplen de los cuales son grasas y aceites, sólidos suspendidos y coliforme fecales.
- En el Rastro Municipal de 18 parámetros analizados, cuatro no cumplen con el valor de cumplimiento de los cuales son: grasas y aceites, sólidos suspendidos, potencial de hidrogeno y coliforme fecales.

8.3 El plan de gestión para las aguas residuales incluye una propuesta de sistemas de tratamiento para los puntos de descarga Faja 12, Rancho Alegre y puente A-11 Icán con las etapas de pre-tratamiento (canal de rejillas,

desarenador, caja de trampa de grasa), tratamiento primario (fosa séptica), tratamiento secundario (filtro percolador) y tratamiento terciario (filtro lento y desinfección) con un costo total de Q 1,183,867.45 para su construcción.

En el punto de descarga del Rastro Municipal se propone otro sistema con las fases de tratamiento primario (biodigestor), tratamiento secundario (filtro percolador) y tratamiento terciario (filtro lento y desinfección) con un costo total de Q 922,064.96 para su construcción.

IX. RECOMENDACIONES

- 9.1 Por la ubicación de los tres puntos de descargas (Faja 12, Rancho Alegre y el puente A- 11 Icán) es conveniente unirlos por medio de la red de alcantarillado público formando una descarga directa donde será construido el sistema de tratamiento de las aguas residuales del casco urbano.
- 9.2 De acuerdo al informe de resultados de los análisis de aguas residuales de las descargas de la Faja 12, puente A-11 Icán, Rancho Alegre y Rastro Municipal es necesario construir dos sistemas de tratamiento de aguas residuales para disminuir los niveles de contaminación que son descargadas al cuerpo receptor.
- 9.3 Para eliminar la carga contaminante es conveniente que el sistema de tratamiento para las aguas cumpla con todas las etapas descritas en el plan de gestión.
- 9.4 Se necesita realizar otra evaluación en los cuatro puntos de descargas del casco urbano en la temporada de invierno para conocer el comportamiento de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos en temporada lluviosa.
- 9.5 Es importante realizar otra caracterización de las aguas residuales como especifica el Acuerdo Gubernativo Número 138-2017.

X. BIBLIOGRAFÍA

1. Ambiental. 2010. Materia Orgánica. (En Línea). Consultado el 16 de octubre del 2016. Disponible en: <http://www.guiaambiental.com.ar/conocimiento-calidad-de-agua-materia-organica.html>
2. Ambientum. 2002. Nitrógeno en el agua. (En Línea). Consultado el 25 de septiembre de 2017. Disponible en: https://www.ambientum.com/revista/2002_05/NTRGNO2.asp
3. Asociación Nacional de Municipalidades de la República de Guatemala. 2017. Propuesta de Formato Mínimo de Estudio Técnico de Aguas Residuales. Guatemala, Guatemala. 2 p.
4. Barrenechea, A. 2005. Aspectos fisicoquímicos de la calidad del agua. (En Línea). Consultado el 31 de marzo de 2017. Disponible en: <http://www.ingenieroambiental.com/4014/uno.pdf>
5. Calderón, C. 2010. Toma y preservación de muestra. (En Línea). Consultado el 21 de abril de 2016. Disponible en: http://www.drcalderonlabs.com/Metodos/Analisis_De_Aguas/Toma_De_Muestras.htm
6. Carbajal, M. 2012. Propiedades y funciones biológicas del agua. (En Línea). Consultado el 21 de abril de 2017. Disponible en: <https://www.ucm.es/data/cont/docs/458-2013-07-24-Carbajal-Gonzalez-2012-ISBN-978-84-00-09572-7.pdf>

7. Centro Nacional de Análisis y Documentación Judicial. 2014. Decreto Número 7-2014. (En Línea). Consultado el 19 de febrero del 2018. Disponible en:<http://ww2.oj.gob.gt/es/QueEsOJ/EstructuraOJ/UnidadesAdministrativas/CentroAnalisisDocumentacionJudicial/cds/CDs%20leyes/2014/pdfs/decretos/D07-2014.pdf>
8. Coordinadora Municipal para la Reducción de Desastres. 2017. Población activa. Municipalidad de San José La Máquina, Suchitepéquez, Guatemala.
9. Curso de Química General. 2015. Impacto sobre el Ambiente. (En Línea). Consultado el 25 de septiembre de 2017. Disponible en: http://quimicageneralpapimeunam.org.mx/tabla%20periodoca/TABLA%20PERIODICA_archivos/page0198.htm
10. Coordinadora Municipal para la Reducción de Desastres. 2017. Información de población del municipio de San José La Máquina, Suchitepéquez. Municipalidad de San José La Máquina, Suchitepéquez, Guatemala. 1 p.
11. Diario Ecológico. 2014. ¿Cómo hacer un filtro de agua de arena? (En Línea). Consultado el 28 de agosto de 2017. Disponible en: <http://diarioecologia.com/%C2%BFcomo-hacer-un-filtro-de-agua-casero-filtro-de-arena/>
12. Dozier, M. 2006. Problema del agua potable: el cobre. (En Línea). Consultado el 31 de marzo de 2017. Disponible en: <http://texaswater.tamu.edu/resources/factsheets/l5472scopper.pdf>

13. Echarri, L. 2007. Contaminación del agua. (En Línea). Consultado el 31 de marzo de 2017. Disponible en: www.unav.es/ocw/ecologiaing0708/Tema%203%20Ecosistema%2007.pdf
14. Energía. 2010. Ciencias Naturales de energía. (En Línea). Consultado el 26 de septiembre de 2017. Disponible en: <http://slideplayer.com.br/slide/1268982/>
15. Energía Renovables, 2014. Biodigestor. (En Línea). Consultado el 27 de agosto de 2017. Disponible en: <http://www.fundacionsolar.org.gt/wp-content/uploads/2014/01/07-Biodigestores.pdf>
16. Estrada, W. 2005. Espiral. Bogotá, Colombia. 9 ed. Norma. 82 p.
17. FAO. 2002. Agua y nutrición básica. (En Línea). Consultado el 31 de marzo de 2017. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/006/w0073s/w0073s0c.htm>
18. Flores, C. 2010. Contaminación del agua. (En Línea). Consultado el 31 de marzo de 2017. Disponible en: http://www.ugr.es/~fgarciac/pdf_color/tema4%20%5BModo%20de%20compatibilidad%5D.pdf
19. Gamarro, U. 2017. Salario mínimo. (En Línea). Consultado el 21 de febrero del 2018. Disponible en: <http://www.prensalibre.com/economia/economia/canastata-basica-llega-a-q4-mil-7940-al-mes>
20. García, R. 2014. Río Sis, Suchitepéquez. (En Línea). Consultado el 6 de abril de 2017. Disponible en: http://www.deguate.com/artman/publish/georios/rio-sis-suchitepequez.shtml#.WOa9O4g1_IU

21. Giraldo, G. 1995. Manual de análisis de agua. Departamento de Caldas, Colombia. Colombia. Universidad Nacional de Colombia. Departamento de Ciencias. 178 p.
22. Girón, J. 2014. Agua Residual. Curso de Ingeniería Sanitaria. Guatemala, Guatemala. USAC. Facultad de Agronomía. 35 p.
23. González, C; Flores, B. 2014. Diagnóstico territorial del casco urbano de San José La Máquina, Suchitepéquez. Mazatenango, Suchitepéquez, Guatemala. USAC. CUNSUROC.
24. Gutiérrez, M. 2017. Determinación de sólidos en el agua. (En Línea). Consultado el 7 de enero del 2018. Disponible en: http://manuelgpblog.files.wordpress.com/2017/04/manuel-gutic3a9rrez-palma-mpm-prc3a1ctica1_determinacic3b3n-de-sc3b3lidos-en-aguas.pdf
25. Guzmán, P. 2012. Agua potable. (En Línea). Consultado el 21 de abril de 2017. Disponible en: <http://www.oocities.org/edrochac/sanitaria/parametros1.pdf>
26. Hernández, J. 2014. Comparación de costos entre una planta de tratamiento de aguas residuales domésticas prefabricada y una construida en sitio. Tesis Ingeniero Civil. Guatemala, Guatemala. USAC. Facultad de ingeniería. 110 p.
27. Instituto Nacional de sismología, vulcanología, meteorología e hidrología. 2015. Datos meteorológicos por departamentos. (En Línea). Consultado el 21 de abril del 2017. Disponible en: www.insivumeh.gob.gt/meteorologia/ESTADISTICAS.htm

28. Ixcoy, D. 2016. Memorias de labores 2016. Municipalidad de San José La Máquina, Suchitepéquez, Guatemala. 41 p.
29. Korbut, S. 2006. Contaminación en agua. (En Línea). Consultado el 31 de marzo de 2017. Disponible en: <http://www.ingenieroambiental.com/agua2.pdf>
30. Leal, M. 2013. Agua: un recurso para todos. (En Línea). Consultado el 1 de marzo de 2017. Disponible en: brújula.com.gt/agua-un-recurso-para-todos/
31. Lenntech, B. 2010. Coliformes totales. (En Línea). Consultado el 31 de marzo de 2017. Disponible en: <http://www.lenntech.es/aplicaciones/riego/analisis/analisis-lab-aguas-regadio.htm>
32. Lenntech, B. 2010. Color. (En Línea). Consultado el 31 de marzo de 2017. Disponible en: www.lenntech.es/la-evaluacion-de-la-calidad-agua-faq-calidad-agua
33. Lenntech, B. 2010. Evaluación. (En Línea). Consultado el 31 de marzo de 2017. Disponible en: <https://www.lenntech.es/la-evaluacion-de-la-calidad-agua-faq-calidad-agua>
34. Lenntech, B. 2010. Mercurio. (En Línea). Consultado el 31 de marzo de 2017. Disponible en: <http://www.lenntech.es/periodica/elementos/hg.htm>
35. Lenntech, B. 2010. Níquel. (En Línea). Consultado el 31 de marzo de 2017. Disponible en: <http://www.lenntech.es/periodica/elementos/ni.htm>

36. Lenntech, B. 2010. Zinc. (En Línea). Consultado el 31 de marzo de 2017. Disponible en: <https://www.lenntech.es/periodica/elementos/zn.htm>
37. Lesikar, F.; Enciso, J. 2015. Filtro Percolador. (En Línea). Consultado el 27 de agosto de 2010. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/352003112/filtro-percolador-pdf>
38. Limón, J. 2013. Los lodos de las plantas de tratamiento de aguas residuales ¿problema o recurso? (En Línea). Consultado el 26 de septiembre de 2017. Disponible en: http://www.ai.org.mx/ai/images/sitio/201309/ingresos/jglm/doc_ingreso_gualberto_limon_trabajo_de_ingreso.pdf
39. Life Rural. 2012. Fosa séptica. (En Línea). Consultado el 27 de agosto de 2017. Disponible en: <https://ruralsupplies.eu/4-informacion-al-usuario/saneamiento-autonomo/04-saneamiento-autonomo-basico-fosa-septica-y-area-de-percolacion/04-02-la-fosa-septica/#comment-80>
40. Lozano, A. 2013. Calidad fisicoquímica del agua. Bogotá, Colombia. 14 p.
41. Martínez, J. 2014. Efectos sobre el medio ambiente. (En Línea). Consultado el 25 de septiembre de 2017. Disponible en: <http://www.fq.uh.cu/webeco/efectosambientales.htm#subir>
42. Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación. 2006. Shapes y ortofotos. Suchitepéquez, Guatemala.
43. Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. 2006. Acuerdo gubernativo 138-2017. (En Línea). Consultado el 31 de marzo de 2017. Disponible en: <http://www.marn.gt/wp-content/uploads/2016/04/07-Acuerdo-Gubernativo-236-2006.pdf>

44. Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. 2006. Acuerdo gubernativo 236-2006. (En Línea). Consultado el 31 de marzo de 2017. Disponible en: <http://www.marn.gt/wp-content/uploads/2016/04/07-Acuerdo-Gubernativo-236-2006.pdf>
45. Morales, G. 1991. Centro Uno La Máquina. (En Línea). Consultado el 13 de marzo de 2017. Disponible en: <http://gilmorales1991.wixsite.com/centro1/historia>
46. Obras Sanitarias. 2015. Trampas de grasas. (En Línea). Consultado el 21 de marzo de 2017. Disponible en: <http://www.lu24.com.ar/colocacion-trampas-de-grasa-en-comercios/>
47. Orozco, I. 2012. Diagnóstico socioeconómico, potencialidades productivas y propuestas de inversión. Tesis Licenciado Contador Público y Auditor. Guatemala, GT. USAC. Facultad de Ciencias Económicas. 555 p.
48. Perea, H. 2013. Carga Contaminante. Especialista en gerencia de proyectos. Tecnología en control ambiental. Bolivia. 50 p.
49. Peris, M. 2002. Estudio de metales pesados. Tesis Ciencias Químicas. Castellón España. Universidad de Valencia. 247p.
50. Quiñónez, S; Vela, L; Pèrez, K; Montùfar, L. 2014. Plan estratégico territorial (PET) del Municipio de San José La Máquina, Suchitepéquez. Planificación del territorio. Guatemala. USAC. Maestría: Ciencia y Tecnología del Recurso Hídrico. 60 p.

51. Rigola, M. 2008. Tratamiento de aguas residuales. (En Línea). Consultado el 31 de marzo de 2017. Disponible en: <http://fluidos.eia.edu.co/hidraulica/articulos/interesantes/tratamiento-residuales/tratamiento-residuales.html>
52. Rojas, O. 2006. Manual básico para medir caudales. (En Línea). Consultado el 21 de abril de 2017. Disponible en: <http://www.bivica.org/upload/medir-caudales-manual.pdf>
53. Salud Pública. 2015. Plomo. (En Línea). Consultado el 25 de septiembre de 2017. Disponible en: https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs13.html
54. Sierra, C. 2013. Manual de Métodos analíticos para la determinación de parámetros fisicoquímicos básicos en aguas. (En Línea). Consultado el 21 de abril de 2017. Disponible en: <http://www.eumed.net/libros-gratis/2013a/1326/aguas-proceso.html>
55. The National Environmental Services Center. 2009. Filtración lenta de arena. (En Línea). Consultado el 23 de agosto de 2017. Disponible en: http://www.nesc.wvu.edu/pdf/dw/publications/ontap/2009_tb/spanish/slow_sand_filtration_DWFSOM143.pdf
56. Ronzano, E. 2013. Eliminación de fósforo en las aguas residuales. (En Línea). Consultado el 25 de septiembre de 2017. Disponible en: <http://cidta.usal.es/cursos/ETAP/modulos/libros/fosforo.pdf>
57. Vásquez, R. 1999. Normatividad ambiental básica. Antioquia, Colombia. Santafé de Bogotá. 521 p.

58. Viguera, L. 2004. Tratamientos y aprovechamientos de lodos residuales. (En Línea). Consultado el 26 de septiembre de 2017. Disponible en: <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/018834/MEMORIAS2004/CapituloVI/TratamientoyaprovechamientodelodosresidualesLina.pdf>



Vo. Bo. Licda. Ana Teresa de González

Bibliotecaria CUNSUROC.



XI. ANEXOS

Anexo No. 1 Mediciones de caudales de la comunidad Faja 12, Rancho Alegre, puente A-11 Icán y Rastro Municipal.



Figura No. 12 Medición de caudal Faja 12

Nota: Toma por Glendy Jocol, 2017.



Figura No. 13 Medición de altura del recipiente.

Nota: Tomada por Leydi Romero, 2017.



Figura No. 14 Punto de descarga el Rancho Alegre.



Figura No. 15 Llenado del recipiente en la noche Rancho Alegre
Nota: Tomada por Leydi Romero, 2017.



Figura No. 16 Punto de descarga del puente A-11 Icán
Nota: Tomada por Leydi Romero, 2017.



Figura No. 17 Llenado del recipiente A-11 Icán
Nota: Tomada por Leydi Romero, 2017.



Figura No. 18 Punto de descarga del Rastro Municipal



Figura No. 19 Aforando la descarga del Rastro Municipal

Nota: Tomada por Leydi Romero, 2017.

Anexo No. 2 Toma de muestra en los puntos de descarga de aguas residuales del casco urbano del centro I.



Figura No. 20 Toma de muestra en la Faja 12

Nota: Tomada por Leydi Romero, 2017.



Figura No. 21 Toma de muestra Rancho Alegre

Nota: Tomada por Leydi Romero, 2017.



Figura No. 22 Durante la toma de muestra en el puente A-11 Icán

Nota: Tomada por Leydi Romero, 2017.



Figura No. 23 Durante la toma de muestra en el puente A-11 Icán.

Nota: Tomada por Leydi Romero, 2017.

Anexo No. 3 Datos de tiempo que se tardó en llenarse el recipiente, cálculo del volumen y caudal de los puntos de descarga Faja 12, Rancho Alegre, puente A-11 Icán y Rastro Municipal.

A continuación, se describe el caudal generado por día en cada punto de descarga.

Cuadro No. 11 Mediciones de la descarga durante las 24 horas del punto de muestreo Faja 12.

Hora	Tiempo (s) ⁽¹⁾	Altura (m) ⁽²⁾	Volumen (L) ⁽³⁾	Caudal (L/s)⁽⁴⁾
10:45 A.M	3.33	0.28	19.7920	5.9435
	3.3	0.30	21.2058	6.4260
	4	0.28	19.7920	4.9480
	3.45	0.29	20.4989	5.9417
	3.29	0.31	21.9126	6.6603
	3.4	0.3	21.2058	6.2370
	2.99	0.29	20.4989	6.8558
	3.06	0.31	21.9126	7.1610
	3.58	0.3	21.2058	5.9234
	3.59	0.32	22.6195	6.3007
Promedio por hora caudal				6.2397
11:45 A.M	3.63	0.30	21.2058	5.8418
	3.48	0.30	21.2058	6.0936
	3.12	0.31	21.9127	7.0233
	2.91	0.30	21.2058	7.2872
	2.96	0.30	21.2058	7.1641
	3.37	0.33	23.3264	6.9218
	3.49	0.31	21.9127	6.2787
	2.91	0.31	21.9127	7.5301
	3.05	0.31	21.9127	7.1845

1. Tiempo en que se tarda en llenarse la cubeta en el punto de descarga.
2. Altura en que se llenó la cubeta.
3. El volumen se calcula utilizando la formula $v=\pi r^2 * h * 1000$ donde el radio de la cubeta es de 0.0225
4. El caudal se calcula utilizando la formula $Q=\text{promedio de volumen por hora} / \text{promedio de tiempo por hora}$.

Continuación del cuadro No. 11

Hora	Tiempo (s) ⁽¹⁾	Altura (m) ⁽²⁾	Volumen (L) ⁽³⁾	Caudal (L/s) ⁽⁴⁾
	3.01	0.31	21.9127	7.2800
Promedio por hora caudal				6.8605
12:45 P.M.	6.47	0.31	21.9127	3.3868
	6	0.32	22.6195	3.7699
	5.18	0.33	23.3264	4.5032
	5.63	0.32	22.6195	4.0177
	6.16	0.34	24.0332	3.9015
	6.24	0.32	22.6195	3.6249
	6.48	0.33	23.3264	3.5998
	5.99	0.325	22.9730	3.8352
	6.57	0.33	23.3264	3.5504
	5.76	0.31	21.9127	3.8043
Promedio por hora caudal				3.7994
1:45 P.M.	8.49	0.32	22.6195	2.6643
	8.31	0.3	21.2058	2.5518
	9.18	0.33	23.3264	2.5410
	8.15	0.325	22.9730	2.8188
	7.7	0.33	23.3264	3.0294
	6.94	0.33	23.3264	3.3611
	7.58	0.33	23.3264	3.0774
	7.6	0.315	22.2661	2.9297
	7.4	0.325	22.9730	3.1045
	7.55	0.32	22.6195	2.9960
Promedio por hora caudal				2.9074
2:45 P.M.	8.63	0.33	23.3264	2.7029
	8.85	0.34	24.0332	2.7156
	8.39	0.32	22.6195	2.6960
	8.18	0.32	22.6195	2.7652
	7.66	0.33	23.3264	3.0452
	7.16	0.325	22.9730	3.2085
	7.41	0.32	22.6195	3.0526
	6.63	0.37	26.1538	3.9448

1. Tiempo en que se tarda en llenarse la cubeta en el punto de descarga.
2. Altura en que se llenó la cubeta.
3. El volumen se calcula utilizando la formula $v=\pi r^2 \cdot h \cdot 1000$ donde el radio de la cubeta es de 0.0225 metros.
4. El caudal se calcula utilizando la formula $Q=\text{promedio de volumen por hora} / \text{promedio de tiempo por hora}$.

Continuación del cuadro No. 11.

Hora	Tiempo (s) ⁽¹⁾	Altura (m) ⁽²⁾	Volumen (L) ⁽³⁾	Caudal (L/s) ⁽⁴⁾
2:45 P.M.	6.17	0.37	26.1538	4.2389
	6.24	0.33	23.3264	3.7382
Promedio por hora caudal				3.2108
3:45 P.M.	8.64	0.34	24.0332	2.7816
	9.05	0.33	23.3264	2.5775
	9.4	0.335	23.6798	2.5191
	8.87	0.335	23.6798	2.6697
	9.27	0.32	22.6195	2.4401
	9.13	0.33	23.3264	2.5549
	8.84	0.33	23.3264	2.6387
	9.3	0.32	22.6195	2.4322
	9.66	0.32	22.6195	2.3416
	8.07	0.32	22.6195	2.8029
Promedio por hora caudal				2.5758
4:45 P.M.	7	0.315	22.2661	3.1809
	8.31	0.31	21.9127	2.6369
	9.58	0.33	23.3264	2.4349
	10.3	0.305	21.5592	2.0931
	8.89	0.32	22.6195	2.5444
	9.12	0.32	22.6195	2.4802
	9.07	0.33	23.3264	2.5718
	9.2	0.32	22.6195	2.4586
	8.7	0.33	23.3264	2.6812
	8.83	0.325	22.9730	2.6017
Promedio por hora caudal				2.5684
5:45 P.M.	11.82	0.33	23.3264	1.9735
	10.78	0.33	23.3264	2.1639
	10.3	0.33	23.3264	2.2647
	10.39	0.325	22.9730	2.2111

1. Tiempo en que se tarda en llenarse la cubeta en el punto de descarga.
2. Altura en que se llenó la cubeta.
3. El volumen se calcula utilizando la formula $v=\pi r^2 \cdot h \cdot 1000$ donde el radio de la cubeta es de 0.0225 metros.
4. El caudal se calcula utilizando la formula $Q=\text{promedio de volumen por hora} / \text{promedio de tiempo por hora}$.

Continuación del cuadro No. 11

Hora	Tiempo (s) ⁽¹⁾	Altura (m) ⁽²⁾	Volumen (L) ⁽³⁾	Caudal (L/s) ⁽⁴⁾
5:45 P.M.	10.06	0.34	24.0332	2.3890
	9.8	0.34	24.0332	2.4524
	9.47	0.33	23.3264	2.4632
	9.21	0.33	23.3264	2.5327
	8.93	0.325	22.9730	2.5726
	8.75	0.32	22.6195	2.5851
Promedio por hora caudal				2.3608
6:45 P.M.	12.02	0.345	24.3867	2.0288
	11.97	0.33	23.3264	1.9487
	12.03	0.325	22.9730	1.9096
	8.23	0.325	22.9730	2.7914
	11.01	0.34	24.0332	2.1829
	12.08	0.32	22.6195	1.8725
	11.63	0.335	23.6798	2.0361
	11.42	0.33	23.3264	2.0426
	11.46	0.34	24.0332	2.0971
	9.92	0.32	22.6195	2.2802
Promedio por hora caudal				2.1190
7:45 P.M.	9.98	0.34	24.0332	2.4081
	10.27	0.34	24.0332	2.3401
	10.25	0.33	23.3264	2.2757
	10.86	0.335	23.6798	2.1805
	10.33	0.33	23.3264	2.2581
	10.51	0.34	24.0332	2.2867
	10.98	0.335	23.6798	2.1566
	11.37	0.33	23.3264	2.0516
	10.55	0.33	23.3264	2.2110
	11.72	0.33	23.3264	1.9903
Promedio por hora caudal				2.2159

1. Tiempo en que se tarda en llenarse la cubeta en el punto de descarga.

2. Altura en que se llenó la cubeta.

3. El volumen se calcula utilizando la formula $v=\pi r^2 \cdot h \cdot 1000$ donde el radio de la cubeta es de 0.0225 metros.

4. El caudal se calcula utilizando la formula $Q=\text{promedio de volumen por hora} / \text{promedio de tiempo por hora}$.

Continuación del cuadro No. 11.

Hora	Tiempo (s) ⁽¹⁾	Altura (m) ⁽²⁾	Volumen (L) ⁽³⁾	Caudal (L/s) ⁽⁴⁾
8:45 P.M.	13.52	0.34	24.0332	1.7776
	11.94	0.33	23.3264	1.9536
	12.34	0.34	24.0332	1.9476
	12.51	0.34	24.0332	1.9211
	12.18	0.335	23.6798	1.9442
	12.08	0.335	23.6798	1.9602
	12.08	0.34	24.0332	1.9895
	12.91	0.33	23.3264	1.8068
	12.47	0.32	22.6195	1.8139
Promedio por hora caudal				1.8886
9:45 P.M.	16.4	0.35	24.7401	1.5085
	16.13	0.34	24.0332	1.4900
	15.97	0.33	23.3264	1.4606
	18.17	0.33	23.3264	1.2838
	16.83	0.34	24.0332	1.4280
	17.45	0.335	23.6798	1.3570
	15.97	0.34	24.0332	1.5049
	16.14	0.345	24.3867	1.5109
	17.84	0.35	24.7401	1.3868
	16.49	0.34	24.0332	1.4574
Promedio por hora caudal				1.4388
10:45 P.M.	31.02	0.34	24.0332	0.7748
	30.73	0.34	24.0332	0.7821
	34.48	0.345	24.3867	0.7073
	34.48	0.35	24.7401	0.7175
	33.82	0.34	24.0332	0.7106
	36.12	0.35	24.7401	0.6849
	34.53	0.34	24.0332	0.6960
	34.98	0.35	24.7401	0.7073
	35.29	0.34	24.0332	0.6810
	36.97	0.34	24.0332	0.6501
Promedio por hora caudal				0.7112

1. Tiempo en que se tarda en llenarse la cubeta en el punto de descarga.

2. Altura en que se llenó la cubeta.

3. El volumen se calcula utilizando la formula $v=\pi r^2 * h * 1000$ donde el radio de la cubeta es de 0.0225 metros.

4. El caudal se calcula utilizando la formula $Q=\text{promedio de volumen por hora} / \text{promedio de tiempo por hora}$.

Continuación del cuadro No. 11.

Hora	Tiempo (s) ⁽¹⁾	Altura (m) ⁽²⁾	Volumen (L) ⁽³⁾	Caudal (L/s) ⁽⁴⁾
11:45 P.M.	32.09	0.34	24.0332	0.7489
	37.59	0.33	23.3264	0.6205
	37.66	0.33	23.3264	0.6194
	38.77	0.35	24.7401	0.6381
	39.95	0.34	24.0332	0.6016
	39.82	0.34	24.0332	0.6035
	41.14	0.34	24.0332	0.5842
	42.48	0.35	24.7401	0.5824
	45.47	0.35	24.7401	0.5441
	44.01	0.34	24.0332	0.5461
Promedio por hora caudal				0.6089
12:45 A.M.	80	0.34	24.0332	0.3004
	95	0.34	24.0332	0.2530
	76	0.34	24.0332	0.3162
	82	0.335	23.6798	0.2888
	79	0.345	24.3867	0.3087
	83	0.33	23.3264	0.2810
	91	0.345	24.3867	0.2680
	91	0.345	24.3867	0.2680
	91	0.34	24.0332	0.2641
	98	0.34	24.0332	0.2452
	110	0.34	24.0332	0.3004
Promedio por hora caudal				0.2793
1:45 A.M.	152	0.33	23.3264	0.1535
	135	0.34	24.0332	0.1780
	174	0.34	24.0332	0.1381
	138	0.34	24.0332	0.1742
	178	0.34	24.0332	0.1350
	232	0.33	23.3264	0.1005
	156	0.34	24.0332	0.1541
	163	0.34	24.0332	0.1474

1. Tiempo en que se tarda en llenarse la cubeta en el punto de descarga.

2. Altura en que se llenó la cubeta.

3. El volumen se calcula utilizando la formula $v=\pi r^2 \cdot h \cdot 1000$ donde el radio de la cubeta es de 0.0225 metros.

4. El caudal se calcula utilizando la formula $Q=\text{promedio de volumen por hora} / \text{promedio de tiempo por hora}$.

Continuación del cuadro No. 11.

Hora	Tiempo (s) ⁽¹⁾	Altura (m) ⁽²⁾	Volumen (L) ⁽³⁾	Caudal (L/s) ⁽⁴⁾
1:45 A.M.	159	0.34	24.0332	0.1512
	150	0.34	24.0332	0.1602
Promedio por hora caudal				0.1492
2:45 A.M.	145	0.34	24.0332	0.1657
	109	0.34		
			24.0332	0.2205
	138	0.34	24.0332	0.1742
	133	0.33	23.3264	0.1754
	133	0.34	24.0332	0.1807
	121	0.34	24.0332	0.1986
	128	0.34	24.0332	0.1878
	135	0.345	24.3867	0.1806
	114	0.345	24.3867	0.2139
118	0.34	24.0332	0.2037	
Promedio por hora caudal				0.1901
3:45 A.M.	80	0.34	24.0332	0.3004
	79	0.34	24.0332	0.3042
	104	0.34	24.0332	0.2311
	112	0.34	24.0332	0.2146
	112	0.345	24.3867	0.2177
	90	0.34	24.0332	0.2670
	123	0.34	24.0332	0.1954
	113	0.34	24.0332	0.2127
	96	0.34	24.0332	0.2503
	92	0.34	24.0332	0.2612
Promedio por hora caudal				0.2455
4:45 A.M.	64	0.345	24.3867	0.3810
	59.16	0.34	24.0332	0.4062
	63	0.34	24.0332	0.3815
	98	0.345	24.3867	0.2488
	106	0.345	24.3867	0.2301
	120	0.35	24.7401	0.2062

1. Tiempo en que se tarda en llenarse la cubeta en el punto de descarga.

2. Altura en que se llenó la cubeta.

3. El volumen se calcula utilizando la formula $v=\pi r^2 * h * 1000$ donde el radio de la cubeta es de 0.0225 metros.

4. El caudal se calcula utilizando la formula $Q=\text{promedio de volumen por hora} / \text{promedio de tiempo por hora}$.

Continuación del cuadro No. 11.

Hora	Tiempo (s) ⁽¹⁾	Altura (m) ⁽²⁾	Volumen (L) ⁽³⁾	Caudal (L/s) ⁽⁴⁾
4:45 A.M.	119	0.35	24.7401	0.2079
	75	0.34	24.0332	0.3204
	64	0.35	24.7401	0.3866
	61	0.34	24.0332	0.3940
Promedio por hora caudal				0.3163
5:45 A.M.	32.02	0.35	24.7401	0.7726
	30.06	0.34	24.0332	0.7995
	25.65	0.34	24.0332	0.9370
	29.32	0.34	24.0332	0.8197
	30.53	0.35	24.7401	0.8104
	37.23	0.34	24.0332	0.6455
	30.11	0.34	24.0332	0.7982
	30.56	0.34	24.0332	0.7864
	26.94	0.34	24.0332	0.8921
30.92	0.34	24.0332	0.7773	
Promedio por hora caudal				0.8039
6:45 A.M.	4.58	0.32	22.6195	4.9388
	4.2	0.32	22.6195	5.3856
	4.16	0.32	22.6195	5.4374
	4.01	0.33	23.3264	5.8171
	3.87	0.32	22.6195	5.8448
	3.94	0.3	21.2058	5.3822
	3.99	0.32	22.6195	5.6691
	4.05	0.31	21.9127	5.4105
	3.44	0.31	21.9127	6.3700
	3.81	0.32	22.6195	5.9369
Promedio por hora caudal				5.6192
7:45 A.M.	4.3	0.31	21.9127	5.0960
	4.13	0.31	21.9127	5.3057
	3.57	0.33	23.3264	6.5340
	3.64	0.32	22.6195	6.2142
	3.7	0.32	22.6195	6.1134
	4.07	0.31	21.9127	5.3839
	3.93	0.33	23.3264	5.9355

1. Tiempo en que se tarda en llenarse la cubeta en el punto de descarga.

2. Altura en que se llenó la cubeta.

3. El volumen se calcula utilizando la formula $v=\pi r^2 \cdot h \cdot 1000$ donde el radio de la cubeta es de 0.0225 metros.

4. El caudal se calcula utilizando la formula $Q=\text{promedio de volumen por hora} / \text{promedio de tiempo por hora}$.

Continuación del cuadro No. 11

Hora	Tiempo (s) ⁽¹⁾	Altura (m) ⁽²⁾	Volumen (L) ⁽³⁾	Caudal (L/s) ⁽⁴⁾
7:45 A.M.	3.68	0.31	21.9127	5.9545
	3.77	0.32	22.6195	5.9999
	4.14	0.32	22.6195	5.4637
Promedio por hora caudal				5.8001
8:45 A.M.	3.73	0.33	23.3264	6.2537
	3.88	0.32	22.6195	5.8298
	3.55	0.32	22.6195	6.3717
	3.65	0.33	23.3264	6.3908
	3.26	0.31	21.9127	6.7217
	3.49	0.32	22.6195	6.4812
	4.13	0.325	22.9730	5.5625
	3.72	0.31	21.9127	5.8905
	3.92	0.33	23.3264	5.9506
	3.3	0.33	23.3264	7.0686
Promedio por hora caudal				6.2521
9:45 A.M.	3.1	0.3	21.2058	6.8406
	2.87	0.3	21.2058	7.3888
	3.3	0.3	21.2058	6.4260
	2.8	0.3	21.2058	7.5735
	2.83	0.31	21.9127	7.7430
	2.75	0.31	21.9127	7.9682
	3.23	0.32	22.6195	7.0029
	3.41	0.31	21.9127	6.4260
	2.92	0.31	21.9127	7.5043
	2.9	0.31	21.9127	7.5561
Promedio por hora caudal				7.2429
Promedio de caudal por día				2.7668

1. Tiempo en que se tarda en llenarse la cubeta en el punto de descarga.

2. Altura en que se llenó la cubeta.

3. El volumen se calcula utilizando la formula $v = \pi r^2 h * 1000$ donde el radio de la cubeta es de 0.0225 metros.

4. El caudal se calcula utilizando la formula $Q = \text{promedio de volumen por hora} / \text{promedio de tiempo por hora}$.

Cuadro No. 12 Mediciones de la descarga durante las 24 horas del punto de muestreo Rancho Alegre.

Hora	Tiempo (s) ⁽¹⁾	Altura (m) ⁽²⁾	Volumen (L) ⁽³⁾	Caudal (L/s) ⁽⁴⁾
10:00 AM	10.47	0.16	9.8521	0.9410
	9.63	0.23	14.1623	1.4706
	8.62	0.23	14.1623	1.6430
	5.82	0.23	14.1623	2.4334
	8.48	0.23	14.1623	1.6701
	6.5	0.24	14.7781	2.2736
	6.31	0.24	14.7781	2.3420
	5.03	0.24	14.7781	2.9380
	8.4	0.24	14.7781	1.7593
8.31	0.24	14.7781	1.7783	
Promedio por hora caudal				1.9249
11:00 AM	8.93	0.21	12.9308	1.4480
	8.23	0.22	13.5466	1.6460
	9.54	0.23	14.1623	1.4845
	10.87	0.24	14.7781	1.3595
	8.76	0.22	13.5466	1.5464
	11.98	0.23	14.1623	1.1822
	10.35	0.24	14.7781	1.4278
	9.56	0.21	12.9308	1.3526
	8.34	0.2	12.3151	1.4766
8.92	0.22	13.5466	1.5187	
promedio por hora caudal				1.4442
12:00 P.M.	11.85	0.25	15.3938	1.2991
	11.16	0.24	14.7781	1.3242
	8.29	0.25	15.3938	1.8569
	8.53	0.25	15.3938	1.8047
	10.39	0.24	14.7781	1.4223
	8.71	0.24	14.7781	1.6967
	9.93	0.24	14.7781	1.4882
	9.13	0.24	14.7781	1.6186

1. Tiempo en que se tarda en llenarse la cubeta en el punto de descarga.

2. Altura en que se llenó la cubeta.

3. El volumen se calcula utilizando la formula $v=\pi r^2 \cdot h \cdot 1000$ donde el radio de la cubeta es de 0.0196 metros.

4. El caudal se calcula utilizando la formula $Q=\text{promedio de volumen por hora} / \text{promedio de tiempo por hora}$.

Continuación del cuadro No. 12

Hora	Tiempo (s) ⁽¹⁾	Altura (m) ⁽²⁾	Volumen (L) ⁽³⁾	Caudal (L/s) ⁽⁴⁾
12:00 P.M.	8.84	0.24	14.7781	1.6717
	8.5	0.25	15.3938	1.8110
Promedio por hora caudal				1.5993
1:00 P.M.	10.5	0.2	12.3151	1.1729
	10.89	0.22	13.5466	1.2439
	11.54	0.21	12.9308	1.1205
	10.23	0.2	12.3151	1.2038
	11.45	0.24	14.7781	1.2907
	10.89	0.21	12.9308	1.1874
	10.21	0.22	13.5466	1.3268
	11.32	0.22	13.5466	1.1967
	12.49	0.23	14.1623	1.1339
	10.34	0.22	13.5466	1.3101
Promedio por hora caudal				1.2187
2:00 P.M.	9.6	0.21	12.9308	1.3470
	9.1	0.22	13.5466	1.4886
	10.98	0.22	13.5466	1.2338
	11.23	0.21	12.9308	1.1515
	10.45	0.24	14.7781	1.4142
	10.87	0.23	14.1623	1.3029
	11.87	0.25	15.3938	1.2969
	10.23	0.22	13.5466	1.3242
	9.98	0.21	12.9308	1.2957
	10.63	0.22	13.5466	1.2744
Promedio por hora caudal				1.3129
3:00 P.M.	8.45	0.21	12.9308	1.5303
	9.3	0.22	13.5466	1.4566
	8.69	0.23	14.1623	1.6297
	8.32	0.23	14.1623	1.7022

1. Tiempo en que se tarda en llenarse la cubeta en el punto de descarga.

2. Altura en que se llenó la cubeta.

3. El volumen se calcula utilizando la formula $v = \pi r^2 * h * 1000$ donde el radio de la cubeta es de 0.0196 metros.

4. El caudal se calcula utilizando la formula $Q = \text{promedio de volumen por hora} / \text{promedio de tiempo por hora}$.

Continuación del cuadro No. 12

Hora	Tiempo (s) ⁽¹⁾	Altura (m) ⁽²⁾	Volumen (L) ⁽³⁾	Caudal (L/s) ⁽⁴⁾
3:00 P.M.	9.51	0.24	14.7781	1.5540
	10.56	0.24	14.7781	1.3994
	10.21	0.21	12.9308	1.2665
	11.49	0.22	13.5466	1.1790
	9.87	0.24	14.7781	1.4973
	9.45	0.23	14.1623	1.4987
Promedio por hora caudal				1.4714
4:00 P.M.	9.45	0.21	12.9308	1.3683
	10.5	0.22	13.5466	1.2902
	9.21	0.23	14.1623	1.5377
	10.89	0.22	13.5466	1.2439
	8.54	0.24	14.7781	1.7305
	9.23	0.21	12.9308	1.4010
	10.98	0.23	14.1623	1.2898
	9.21	0.225	13.8545	1.5043
	10.32	0.23	14.1623	1.3723
	9.87	0.21	12.9308	1.3101
Promedio por hora caudal				1.4048
5:00 P.M.	11.89	0.23	14.1623	1.1911
	10.43	0.23	14.1623	1.3578
	11.29	0.23	14.1623	1.2544
	9.34	0.225	13.8545	1.4833
	10.89	0.24	14.7781	1.3570
	11.21	0.24	14.7781	1.3183
	10.72	0.23	14.1623	1.3211
	9.29	0.23	14.1623	1.5245
	11.67	0.235	14.4702	1.2399
	10.22	0.22	13.5466	1.3255
Promedio por hora caudal				1.3373

1. Tiempo en que se tarda en llenarse la cubeta en el punto de descarga.

2. Altura en que se llenó la cubeta.

3. El volumen se calcula utilizando la formula $v=\pi r^2 \cdot h \cdot 1000$ donde el radio de la cubeta es de 0.0196 metros.

4. El caudal se calcula utilizando la formula $Q=\text{promedio de volumen por hora} / \text{promedio de tiempo por hora}$.

Continuación del cuadro No. 12

Hora	Tiempo (s) ⁽¹⁾	Altura (m) ⁽²⁾	Volumen (L) ⁽³⁾	Caudal (L/s) ⁽⁴⁾
6:00 P.M.	7.34	0.24	14.7781	2.0134
	7.91	0.23	14.1623	1.7904
	8.23	0.22	13.5466	1.6460
	7.39	0.24	14.7781	1.9997
	8.94	0.23	14.1623	1.5842
	8.53	0.23	14.1623	1.6603
	9.1	0.23	14.1623	1.5563
	9.56	0.24	14.7781	1.5458
	7.67	0.22	13.5466	1.7662
	8.39	0.23	14.1623	1.6880
Promedio por hora caudal				1.7250
7:00 P.M.	3.56	0.22	13.5466	3.8052
	3.2	0.22	13.5466	4.2333
	3.16	0.21	12.9308	4.0920
	4.56	0.24	14.7781	3.2408
	4.98	0.23	14.1623	2.8438
	3.98	0.22	13.5466	3.4037
	3.74	0.23	14.1623	3.7867
	4.31	0.24	14.7781	3.4288
	4.21	0.21	12.9308	3.0715
	4.98	0.2	12.3151	2.4729
Promedio por hora caudal				3.4379
8:00 P.M.	24.67	0.23	14.1623	0.5741
	28.43	0.24	14.7781	0.5198
	24.78	0.22	13.5466	0.5467
	25.98	0.22	13.5466	0.5214
	29.75	0.22	13.5466	0.4553
	28.45	0.21	12.9308	0.4545
	25.72	0.23	14.1623	0.5506

1. Tiempo en que se tarda en llenarse la cubeta en el punto de descarga.

2. Altura en que se llenó la cubeta.

3. El volumen se calcula utilizando la formula $v=\pi r^2 \cdot h \cdot 1000$ donde el radio de la cubeta es de 0.0196 metros.

4. El caudal se calcula utilizando la formula $Q=\text{promedio de volumen por hora} / \text{promedio de tiempo por hora}$.

Continuación del cuadro No. 12

Hora	Tiempo (s) ⁽¹⁾	Altura (m) ⁽²⁾	Volumen (L) ⁽³⁾	Caudal (L/s) ⁽⁴⁾
8:00 P.M.	31.55	0.24	14.7781	0.4684
	29.13	0.22	13.5466	0.4650
	30.45	0.23	14.1623	0.4651
Promedio por hora caudal				0.5021
9:00 P.M.	35.54	0.23	14.1623	0.3985
	42.88	0.23	14.1623	0.3303
	39.56	0.24	14.7781	0.3736
	38.37	0.21	12.9308	0.3370
	39.67	0.23	14.1623	0.3570
	40.78	0.22	13.5466	0.3322
	36.44	0.23	14.1623	0.3886
	39.71	0.24	14.7781	0.3722
	37.04	0.21	12.9308	0.3491
	40.23	0.22	13.5466	0.3367
Promedio por hora caudal				0.3575
10:00 P.M.	75.34	0.22	13.5466	0.1798
	78.43	0.23	14.1623	0.1806
	74.34	0.24	14.7781	0.1988
	74.83	0.25	15.3938	0.2057
	78.98	0.22	13.5466	0.1715
	79.2	0.21	12.9308	0.1633
	79.89	0.23	14.1623	0.1773
	78.78	0.22	13.5466	0.1720
	77.49	0.22	13.5466	0.1748
	80.45	0.22	13.5466	0.1684
Promedio por hora caudal				0.1792
11:00 P.M.	112.54	0.23	14.1623	0.1258
	126.74	0.24	14.7781	0.1166

1. Tiempo en que se tarda en llenarse la cubeta en el punto de descarga.

2. Altura en que se llenó la cubeta.

3. El volumen se calcula utilizando la formula $v=\pi r^2 \cdot h \cdot 1000$ donde el radio de la cubeta es de 0.0196 metros.

4. El caudal se calcula utilizando la formula $Q=\text{promedio de volumen por hora} / \text{promedio de tiempo por hora}$.

Continuación del cuadro No. 12

Hora	Tiempo (s) ⁽¹⁾	Altura (m) ⁽²⁾	Volumen (L) ⁽³⁾	Caudal (L/s) ⁽⁴⁾
11:00 P.M.	128.3	0.21	12.9308	0.1008
	115.82	0.22	13.5466	0.1170
	134.69	0.23	14.1623	0.1051
	132.07	0.24	14.7781	0.1119
	129.61	0.22	13.5466	0.1045
	128.78	0.21	12.9308	0.1004
	132.93	0.25	15.3938	0.1158
	135.76	0.22	13.5466	0.0998
Promedio por hora caudal				0.1098
12:00 A.M.	189.45	0.24	14.7781	0.0780
	195.67	0.25	15.3938	0.0787
	190.04	0.25	15.3938	0.0810
	198.38	0.25	15.3938	0.0776
	197.32	0.24	14.7781	0.0749
	198.89	0.23	14.1623	0.0712
	200.56	0.22	13.5466	0.0675
	199.7	0.23	14.1623	0.0709
	193.59	0.24	14.7781	0.0763
	201.5	0.21	12.9308	0.0642
Promedio por hora caudal				0.0740
1:00 A.M.	390.45	0.24	14.7781	0.0378
	384.56	0.24	14.7781	0.0384
	389.43	0.24	14.7781	0.0379
	383.61	0.24	14.7781	0.0385
	382.69	0.23	14.1623	0.0370
	384.12	0.22	13.5466	0.0353
	387.12	0.24	14.7781	0.0382
	386.7	0.24	14.7781	0.0382
	387.2	0.23	14.1623	0.0366

1. Tiempo en que se tarda en llenarse la cubeta en el punto de descarga.

2. Altura en que se llenó la cubeta.

3. El volumen se calcula utilizando la formula $v=\pi r^2 \cdot h \cdot 1000$ donde el radio de la cubeta es de 0.0196 metros.

4. El caudal se calcula utilizando la formula $Q=\text{promedio de volumen por hora} / \text{promedio de tiempo por hora}$.

Continuación del cuadro No. 12

Hora	Tiempo (s) ⁽¹⁾	Altura (m) ⁽²⁾	Volumen (L) ⁽³⁾	Caudal (L/s) ⁽⁴⁾
1:00 A.M.	385.17	0.23	14.1623	0.0368
Promedio por hora caudal				0.0375
2:00 A.M.	378	0.23	14.1623	0.0375
	374.34	0.23	14.1623	0.0378
	378.56	0.22	13.5466	0.0358
	379.43	0.24	14.7781	0.0389
	372.67	0.21	12.9308	0.0347
	380.54	0.22	13.5466	0.0356
	377.65	0.23	14.1623	0.0375
	380.28	0.22	13.5466	0.0356
	387.33	0.24	14.7781	0.0382
	380.34	0.21	12.9308	0.0340
Promedio por hora caudal				0.0366
3:00 A.M.	350	0.21	12.9308	0.0369
	325.77	0.21	12.9308	0.0397
	326.34	0.22	13.5466	0.0415
	349.76	0.21	12.9308	0.0370
	344.29	0.21	12.9308	0.0376
	348.21	0.24	14.7781	0.0424
	342.16	0.23	14.1623	0.0414
	349.13	0.24	14.7781	0.0423
	341.67	0.24	14.7781	0.0433
	325	0.22	13.5466	0.0417
Promedio por hora caudal				0.0404
4:00 A.M.	80	0.22	13.5466	0.1693
	94.67	0.21	12.9308	0.1366
	96.21	0.22	13.5466	0.1408

1. Tiempo en que se tarda en llenarse la cubeta en el punto de descarga.

2. Altura en que se llenó la cubeta.

3. El volumen se calcula utilizando la formula $v=\pi r^2 \cdot h \cdot 1000$ donde el radio de la cubeta es de 0.0196 metros.

4. El caudal se calcula utilizando la formula $Q=\text{promedio de volumen por hora} / \text{promedio de tiempo por hora}$.

Continuación del cuadro No. 12

Hora	Tiempo (s) ⁽¹⁾	Altura (m) ⁽²⁾	Volumen (L) ⁽³⁾	Caudal (L/s) ⁽⁴⁾
4:00 A.M.	95.39	0.23	14.1623	0.1485
	94.76	0.24	14.7781	0.1560
	97.4	0.23	14.1623	0.1454
	97.21	0.22	13.5466	0.1394
	95.83	0.21	12.9308	0.1349
	99.13	0.24	14.7781	0.1491
	95	0.23	14.1623	0.1491
Promedio por hora caudal				0.1469
5:00 A.M.	60.32	0.22	13.5466	0.2246
	59.45	0.24	14.7781	0.2486
	60.83	0.24	14.7781	0.2429
	58.73	0.23	14.1623	0.2411
	61.78	0.23	14.1623	0.2292
	59.29	0.22	13.5466	0.2285
	57.48	0.24	14.7781	0.2571
	60.73	0.24	14.7781	0.2433
	58.78	0.22	13.5466	0.2305
	58.34	0.21	12.9308	0.2216
Promedio por hora caudal				0.2368
6:00 A.M.	28.54	0.22	13.5466	0.4747
	31.72	0.23	14.1623	0.4465
	28.18	0.24	14.7781	0.5244
	29.98	0.24	14.7781	0.4929
	30.12	0.23	14.1623	0.4702
	29.32	0.23	14.1623	0.4830
	27.45	0.23	14.1623	0.5159
	28.93	0.22	13.5466	0.4683
	29.82	0.22	13.5466	0.4543
	30.65	0.22	13.5466	0.4420

1. Tiempo en que se tarda en llenarse la cubeta en el punto de descarga.

2. Altura en que se llenó la cubeta.

3. El volumen se calcula utilizando la formula $v=\pi r^2 \cdot h \cdot 1000$ donde el radio de la cubeta es de 0.0196 metros.

4. El caudal se calcula utilizando la formula $Q=\text{promedio de volumen por hora} / \text{promedio de tiempo por hora}$.

Continuación del cuadro No. 12

Hora	Tiempo (s) ⁽¹⁾	Altura (m) ⁽²⁾	Volumen (L) ⁽³⁾	Caudal (L/s) ⁽⁴⁾
Promedio por hora caudal				0.4772
7:00 A.M.	12.4	0.24	14.7781	1.1918
	15.7	0.24	14.7781	0.9413
	14.9	0.22	13.5466	0.9092
	12.98	0.23	14.1623	1.0911
	15.28	0.22	13.5466	0.8866
	13.4	0.24	14.7781	1.1028
	13.5	0.23	14.1623	1.0491
	12.84	0.23	14.1623	1.1030
	14.32	0.23	14.1623	0.9890
	14.27	0.23	14.1623	0.9925
Promedio por hora caudal				1.0256
8:00 A.M.	3.78	0.22	13.5466	3.5838
	3.21	0.24	14.7781	4.6038
	4.63	0.22	13.5466	2.9258
	3.89	0.23	14.1623	3.6407
	4.38	0.21	12.9308	2.9522
	5.78	0.2	12.3151	2.1306
	3.95	0.24	14.7781	3.7413
	5.76	0.23	14.1623	2.4587
	5.42	0.23	14.1623	2.6130
	4.35	0.23	14.1623	3.2557
Promedio por hora caudal				3.1906
9:00 A.M.	6.78	0.21	12.9308	1.9072
	8.4	0.22	13.5466	1.6127
	6.45	0.23	14.1623	2.1957
	7.54	0.22	13.5466	1.7966
	8.93	0.24	14.7781	1.6549
	7.84	0.23	14.1623	1.8064

1. Tiempo en que se tarda en llenarse la cubeta en el punto de descarga.

2. Altura en que se llenó la cubeta.

3. El volumen se calcula utilizando la formula $v=\pi r^2 \cdot h \cdot 1000$ donde el radio de la cubeta es de 0.0196 metros.

4. El caudal se calcula utilizando la formula $Q=\text{promedio de volumen por hora} / \text{promedio de tiempo por hora}$.

Continuación del cuadro No. 12

Hora	Tiempo (s) ⁽¹⁾	Altura (m) ⁽²⁾	Volumen (L) ⁽³⁾	Caudal (L/s) ⁽⁴⁾
9:00 A.M.	7.31	0.21	12.9308	1.7689
	6.23	0.21	12.9308	2.0756
	8.31	0.22	13.5466	1.6302
	7.58	0.23	14.1623	1.8684
Promedio por hora				1.8317
Promedio de caudal por día				1.0467

1. Tiempo en que se tarda en llenarse la cubeta en el punto de descarga.

2. Altura en que se llenó la cubeta.

3. El volumen se calcula utilizando la formula $v=\pi r^2 \cdot h \cdot 1000$ donde el radio de la cubeta es de 0.0196 metros.

4. El caudal se calcula utilizando la formula $Q=\text{promedio de volumen por hora} / \text{promedio de tiempo por hora}$.

Cuadro No. 13 Mediciones de la descarga durante las 24 horas del punto de aforo puente A-11 Icán.

Hora	Tiempo (s) ⁽¹⁾	Altura (m) ⁽²⁾	Volumen (L) ⁽³⁾	Caudal (L/s) ⁽⁴⁾
9:00 A.M.	47.81	0.18	11.0836	0.2318
	41.3	0.17	10.4678	0.2535
	43.1	0.18	11.0836	0.2572
	42.7	0.17	10.4678	0.2451
	41.56	0.17	10.4678	0.2519
	38.46	0.17	10.4678	0.2722
	40.99	0.17	10.4678	0.2554
	48.07	0.18	11.0836	0.2306
	48.72	0.18	11.0836	0.2275
	51.65	0.18	11.0836	0.2146
Promedio por hora caudal				0.2440
10:00 A.M.	28.17	0.18	11.0836	0.3935
	24.76	0.18	11.0836	0.4476
	23.55	0.18	11.0836	0.4706
	28.48	0.2	12.3151	0.4324
	29.3	0.2	12.3151	0.4203
	28.59	0.2	12.3151	0.4307
	30.89	0.22	13.5466	0.4385
	30.15	0.19	11.6993	0.3880
	29.23	0.21	12.9308	0.4424
	26.72	0.2	12.3151	0.4609
Promedio por hora caudal				0.4325
11:00 A.M.	42.17	0.21	12.9308	0.3066
	41.19	0.21	12.9308	0.3139
	34.84	0.21	12.9308	0.3711
	41.32	0.22	13.5466	0.3278
	43.78	0.22	13.5466	0.3094
	37.67	0.21	12.9308	0.3433
	34.37	0.22	13.5466	0.3941

1. Tiempo en que se tarda en llenarse la cubeta en el punto de descarga.

2. Altura en que se llenó la cubeta.

3. El volumen se calcula utilizando la formula $v=\pi r^2 \cdot h \cdot 1000$ donde el radio de la cubeta es de 0.0196 metros.

4. El caudal se calcula utilizando la formula $Q=\text{promedio de volumen por hora} / \text{promedio de tiempo por hora}$.

Continuación del cuadro No. 13

Hora	Tiempo (s) ⁽¹⁾	Altura (m) ⁽²⁾	Volumen (L) ⁽³⁾	Caudal (L/s) ⁽⁴⁾
11:00 A.M.	34.21	0.22	13.5466	0.3960
	38.57	0.22	13.5466	0.3512
	36.29	0.21	12.9308	0.3563
Promedio por hora caudal				0.3470
12:00 P.M.	18.16	0.22	13.5466	0.7460
	14.02	0.2	12.3151	0.8784
	16.12	0.21	12.9308	0.8022
	17.69	0.22	13.5466	0.7658
	16.14	0.2	12.3151	0.7630
	18.36	0.21	12.9308	0.7043
	15.96	0.2	12.3151	0.7716
	16.16	0.22	13.5466	0.8383
	16.91	0.21	12.9308	0.7647
	17.44	0.2	12.3151	0.7061
Promedio por hora caudal				0.7740
1:00 P.M.	30.3	0.21	12.9308	0.4268
	31	0.21	12.9308	0.4171
	30.68	0.21	12.9308	0.4215
	31.21	0.21	12.9308	0.4143
	31.12	0.2	12.3151	0.3957
	35.98	0.22	13.5466	0.3765
	29.75	0.21	12.9308	0.4346
	31.47	0.21	12.9308	0.4109
	31.4	0.22	13.5466	0.4314
	30.42	0.23	14.1623	0.4656
Promedio por hora caudal				0.4194
2:00 P.M.	27.1	0.21	12.9308	0.4772
	40.43	0.21	12.9308	0.3198
	29.88	0.21	12.9308	0.4328
	37.45	0.22	13.5466	0.3617
	34.43	0.23	14.1623	0.4113

1. Tiempo en que se tarda en llenarse la cubeta en el punto de descarga.

2. Altura en que se llenó la cubeta.

3. El volumen se calcula utilizando la formula $v=\pi r^2 \cdot h \cdot 1000$ donde el radio de la cubeta es de 0.0196 metros.

4. El caudal se calcula utilizando la formula $Q=\text{promedio de volumen por hora} / \text{promedio de tiempo por hora}$.

Continuación del cuadro No. 13

Hora	Tiempo (s) ⁽¹⁾	Altura (m) ⁽²⁾	Volumen (L) ⁽³⁾	Caudal (L/s) ⁽⁴⁾
2:00 P.M.	43.5	0.22	13.5466	0.3114
	47.92	0.21	12.9308	0.2698
	39.93	0.21	12.9308	0.3238
	53.29	0.21	12.9308	0.2427
	56.19	0.22	13.5466	0.2411
Promedio por hora caudal				0.3392
3:00 P.M.	50.96	0.20	12.3151	0.2417
	50.97	0.20	12.3151	0.2416
	56.65	0.21	12.9308	0.2283
	58.13	0.21	12.9308	0.2224
	76	0.21	12.9308	0.1701
	69	0.21	12.9308	0.1874
	61	0.21	12.9308	0.2120
	152	0.21	12.9308	0.0851
	102	0.21	12.9308	0.1268
	66	0.22	13.5466	0.2053
Promedio por hora caudal				0.1921
4:00 P.M.	56.77	0.21	12.9308	0.2278
	115	0.22	13.5466	0.1178
	56.57	0.22	13.5466	0.2395
	56.3	0.22	13.5466	0.2406
	80	0.21	12.9308	0.1616
	123	0.21	12.9308	0.1051
	52.29	0.21	12.9308	0.2473
	46.59	0.22	13.5466	0.2908
	51.54	0.23	14.1623	0.2748
	46.54	0.22	13.5466	0.2911
Promedio por hora caudal				0.2196
5:00 P.M.	45.04	0.22	13.5466	0.3008
	50.64	0.23	14.1623	0.2797
	59.03	0.24	14.7781	0.2503
	118	0.23	14.1623	0.1200
	47.78	0.21	12.9308	0.2706
	117	0.23	14.1623	0.1210
	56.55	0.23	14.1623	0.2504

1. Tiempo en que se tarda en llenarse la cubeta en el punto de descarga.

2. Altura en que se llenó la cubeta.

3. El volumen se calcula utilizando la formula $v=\pi r^2 \cdot H \cdot 1000$ donde el radio de la cubeta es de 0.0196 metros.

4. El caudal se calcula utilizando la formula $Q=\text{promedio de volumen por hora} / \text{promedio de tiempo por hora}$.

Continuación del cuadro No. 13

Hora	Tiempo (s) ⁽¹⁾	Altura (m) ⁽²⁾	Volumen (L) ⁽³⁾	Caudal (L/s) ⁽⁴⁾
5:00 P.M.	51.89	0.21	12.9308	0.2492
	93	0.22	13.5466	0.1457
	43.94	0.22	13.5466	0.3083
Promedio por hora caudal				0.2296
6:00 P.M.	116	0.23	14.1623	0.1221
	56.36	0.21	12.9308	0.2294
	54.44	0.2	12.3151	0.2262
	58.33	0.21	12.9308	0.2217
	48.66	0.21	12.9308	0.2657
	44.18	0.22	13.5466	0.3066
	40.69	0.18	11.0836	0.2724
	41.77	0.21	12.9308	0.3096
	41.08	0.21	12.9308	0.3148
	39.53	0.22	13.5466	0.3427
promedio por hora caudal				0.2611
7:00 P.M.	25.5	0.21	12.9308	0.5071
	25.51	0.23	14.1623	0.5552
	23.3	0.23	14.1623	0.6078
	22.57	0.23	14.1623	0.6275
	25.1	0.24	14.7781	0.5888
	22.4	0.21	12.9308	0.5773
	24.2	0.22	13.5466	0.5598
	24.74	0.24	14.7781	0.5973
	23.57	0.23	14.1623	0.6009
	23.63	0.22	13.5466	0.5733
promedio por hora caudal				0.5795
8:00 P.M.	53.79	0.24	14.7781	0.2747
	45.65	0.24	14.7781	0.3237
	35.8	0.22	13.5466	0.3784
	43.7	0.23	14.1623	0.3241
	48.13	0.23	14.1623	0.2943
	42.85	0.23	14.1623	0.3305
	49.5	0.24	14.7781	0.2985
	47.5	0.21	12.9308	0.2722

1. Tiempo en que se tarda en llenarse la cubeta en el punto de descarga.

2. Altura en que se llenó la cubeta.

3. El volumen se calcula utilizando la formula $v=\pi r^2 \cdot h \cdot 1000$ donde el radio de la cubeta es de 0.0196 metros.

4. El caudal se calcula utilizando la formula $Q=\text{promedio de volumen por hora} / \text{promedio de tiempo por hora}$.

Continuación del cuadro No. 13

Hora	Tiempo (s) ⁽¹⁾	Altura (m) ⁽²⁾	Volumen (L) ⁽³⁾	Caudal (L/s) ⁽⁴⁾
8:00	39.5	0.2	12.3151	0.3118
P.M.	48.6	0.22	13.5466	0.2787
Promedio por hora caudal				0.3087
9:00 P.M.	70.7	0.23	14.1623	0.2003
	74.5	0.24	14.7781	0.1984
	110.43	0.23	14.1623	0.1282
	79.38	0.23	14.1623	0.1784
	78.35	0.24	14.7781	0.1886
	122.76	0.24	14.7781	0.1204
	81.43	0.24	14.7781	0.1815
	74.55	0.23	14.1623	0.1900
	124.56	0.23	14.1623	0.1137
	92.27	0.22	13.5466	0.1468
Promedio por hora caudal				0.1646
10:00 P.M.	248.54	0.22	13.5466	0.0545
	285.97	0.23	14.1623	0.0495
	376.32	0.23	14.1623	0.0376
	343.84	0.23	14.1623	0.0412
	312.89	0.24	14.7781	0.0472
	404.68	0.24	14.7781	0.0365
	363.45	0.23	14.1623	0.0390
	383.5	0.22	13.5466	0.0353
	410.29	0.22	13.5466	0.0330
	405.86	0.21	12.9308	0.0319
Promedio por hora caudal				0.0406
11:00 P.M.	484.6	0.22	13.5466	0.0280
	435.23	0.22	13.5466	0.0311
	420.15	0.22	13.5466	0.0322
	403.64	0.23	14.1623	0.0351
	428.19	0.24	14.7781	0.0345
	478.89	0.23	14.1623	0.0296
	452.41	0.23	14.1623	0.0313
	424.75	0.24	14.7781	0.0348

1. Tiempo en que se tarda en llenarse la cubeta en el punto de descarga.

2. Altura en que se llenó la cubeta.

3. El volumen se calcula utilizando la formula $v=\pi r^2 \cdot h \cdot 1000$ donde el radio de la cubeta es de 0.0196 metros.

4. El caudal se calcula utilizando la formula $Q=\text{promedio de volumen por hora} / \text{promedio de tiempo por hora}$.

Continuación del cuadro No. 13

Hora	Tiempo (s) ⁽¹⁾	Altura (m) ⁽²⁾	Volumen (L) ⁽³⁾	Caudal (L/s) ⁽⁴⁾
11:00 P.M.	490.3	0.21	12.9308	0.0264
	492.89	0.23	14.1623	0.0287
Promedio por hora caudal				0.0312
12:00 A.M.	513.67	0.23	14.1623	0.0276
	494.12	0.24	14.7781	0.0299
	489.87	0.21	12.9308	0.0264
	474.35	0.2	12.3151	0.0260
	498.65	0.21	12.9308	0.0259
	479.34	0.23	14.1623	0.0295
	489.13	0.24	14.7781	0.0302
	0	0	0	0
	0	0	0	0
	0	0	0	0
Promedio por hora caudal				0.0196
1:00 A.M.	No existe generación de agua residual en el punto de descarga.			
2:00 A.M.	No existe generación de agua residual en el punto de descarga.			
3:00 A.M.	No existe generación de agua residual en el punto de descarga.			
4:00 A.M.	365	0.21	12.9308	0.0354
	405	0.24	14.7781	0.0365
	388	0.25	15.3938	0.0397
	423	0.23	14.1623	0.0335
	418	0.25	15.3938	0.0368
	421	0.24	14.7781	0.0351
	397	0.23	14.1623	0.0357

1. Tiempo en que se tarda en llenarse la cubeta en el punto de descarga.

2. Altura en que se llenó la cubeta.

3. El volumen se calcula utilizando la formula $v = \pi r^2 \cdot h \cdot 1000$ donde el radio de la cubeta es de 0.0196 metros.

4. El caudal se calcula utilizando la formula $Q = \text{promedio de volumen por hora} / \text{promedio de tiempo por hora}$.

Continuación del cuadro No. 13

Hora	Tiempo (s) ⁽¹⁾	Altura (m) ⁽²⁾	Volumen (L) ⁽³⁾	Caudal (L/s) ⁽⁴⁾
4:00 A.M.	386	0.24	14.7781	0.0383
	415	0.25	15.3938	0.0371
	367	0.24	14.7781	0.0403
Promedio por hora caudal				0.0368
5:00 A.M.	183	0.21	12.9308	0.0707
	222	0.2	12.3151	0.0555
	244	0.19	11.6993	0.0479
	225	0.19	11.6993	0.0520
	379	0.18	11.0836	0.0292
	352	0.16	9.8521	0.0280
	82	0.21	12.9308	0.1577
	51.64	0.2	12.3151	0.2385
	44.82	0.22	13.5466	0.3022
Promedio por hora caudal				0.1371
6:00 A.M.	39.76	0.21	12.9308	0.3252
	41.41	0.21	12.9308	0.3123
	42.27	0.2	12.3151	0.2913
	32.06	0.21	12.9308	0.4033
	33.15	0.2	12.3151	0.3715
	31.87	0.2	12.3151	0.3864
	29.9	0.21	12.9308	0.4325
	37.24	0.19	11.6993	0.3142
	28.1	0.22	13.5466	0.4821
Promedio por hora caudal				0.3740
7:00 A.M.	38.5	0.24	14.7781	0.3838
	50.89	0.23	14.1623	0.2783
	44.58	0.25	15.3938	0.3453
	49.85	0.22	13.5466	0.2717
	48.65	0.21	12.9308	0.2658
	39.92	0.2	12.3151	0.3085
	40.68	0.22	13.5466	0.3330

1. Tiempo en que se tarda en llenarse la cubeta en el punto de descarga.

2. Altura en que se llenó la cubeta.

3. El volumen se calcula utilizando la formula $v=\pi r^2 \cdot h \cdot 1000$ donde el radio de la cubeta es de 0.0196 metros

4. El caudal se calcula utilizando la formula $Q=\text{promedio de volumen por hora} / \text{promedio de tiempo por hora}$.

Continuación del cuadro No. 13

Hora	Tiempo (s) ⁽¹⁾	Altura (m) ⁽²⁾	Volumen (L) ⁽³⁾	Caudal (L/s) ⁽⁴⁾
7:00 A.M.	46.21	0.22	13.5466	0.2932
	49.5	0.23	14.1623	0.2861
	47.78	0.24	14.7781	0.3093
Promedio por hora caudal				0.3075
8:00 A.M.	53.79	0.25	15.3938	0.2862
	45.65	0.24	14.7781	0.3237
	35.8	0.23	14.1623	0.3956
	43.7	0.22	13.5466	0.3100
	48.13	0.23	14.1623	0.2943
	50.55	0.24	14.7781	0.2923
	58.75	0.21	12.9308	0.2201
	49.58	0.2	12.3151	0.2484
	48.52	0.22	13.5466	0.2792
	53.65	0.24	14.7781	0.2755
Promedio por hora caudal				0.2925
Promedio por día				0.2396

1. Tiempo en que se tarda en llenarse la cubeta en el punto de descarga.

2. Altura en que se llenó la cubeta.

3. El volumen se calcula utilizando la formula $v=\pi r^2 \cdot h \cdot 1000$ donde el radio de la cubeta es de 0.0196 metros.

4. El caudal se calcula utilizando la formula $Q=\text{promedio de volumen por hora} / \text{promedio de tiempo por hora}$.

Cuadro No. 14 Mediciones de la descarga durante las 2 horas del punto de aforo Rastro Municipal.

Hora	Tiempo (s) ⁽¹⁾	Altura (m) ⁽²⁾	Volumen (L) ⁽³⁾	Caudal (L/s) ⁽⁴⁾
2:00 P.M.	25.7	0.20	12.3151	0.4792
	24.8	0.21	12.9308	0.5214
	27.9	0.22	13.5466	0.4855
	30.5	0.24	14.7781	0.4845
	32.5	0.25	15.3938	0.4737
	28.5	0.24	14.7781	0.5185
	26.07	0.22	13.5466	0.5196
	34.5	0.23	14.1623	0.4105
	26.5	0.2	12.3151	0.4647
	30.8	0.21	12.9308	0.4198
Promedio por hora caudal				0.4778
2:30 P.M.	5.06	0.18	11.0836	2.1904
	10.85	0.18	11.0836	1.0215
	6.07	0.20	12.3151	2.0288
	7.89	0.20	12.3151	1.5608
	27.26	0.22	13.5466	0.4969
	17.38	0.22	13.5466	0.7794
	9.83	0.22	13.5466	1.3781
	38.85	0.24	14.7781	0.3804
	21.09	0.22	13.5466	0.6423
	11.2	0.22	13.5466	1.2095
Promedio por hora caudal				1.1688
3:00 P.M.	10.11	0.18	11.0836	1.0963
	24.26	0.2	12.3151	0.5076
	28.6	0.18	11.0836	0.3875
	21.09	0.2	12.3151	0.5839
	19.87	0.2	12.3151	0.6198
	29.87	0.15	9.2363	0.3092
	27.17	0.16	9.8521	0.3626

1. Tiempo en que se tarda en llenarse la cubeta en el punto de descarga.

2. Altura en que se llenó la cubeta.

3. El volumen se calcula utilizando la formula $v=\pi r^2 \cdot h \cdot 1000$ donde el radio de la cubeta es de 0.0196 metros.

4. El caudal se calcula utilizando la formula $Q=\text{promedio de volumen por hora} / \text{promedio de tiempo por ...hora}$.

Continuación del cuadro No. 14

Hora	Tiempo (s) ⁽¹⁾	Altura (m) ⁽²⁾	Volumen (L) ⁽³⁾	Caudal (L/s) ⁽⁴⁾
3:00 P.M.	33.57	0.18	11.0836	0.3302
	27.96	0.18	11.0836	0.3964
	38.77	0.2	12.3151	0.3176
Promedio por hora caudal				0.4911
3:30 P.M.	120	0.20	12.3151	0.1026
	109	0.21	12.9308	0.1186
	124	0.22	13.5466	0.1092
	115	0.24	14.7781	0.1285
	122	0.18	11.0836	0.0908
	119	0.24	14.7781	0.1242
	118	0.21	12.9308	0.1096
	115	0.23	14.1623	0.1232
	100	0.21	12.9308	0.1293
	105	0.22	13.5466	0.1290
Promedio por hora caudal				0.1165
Promedio de generación de aguas				0.5635

1. Tiempo en que se tarda en llenarse la cubeta en el punto de descarga.

2. Altura en que se llenó la cubeta.

3. El volumen se calcula utilizando la formula $v=\pi r^2 \cdot h \cdot 1000$ donde el radio de la cubeta es de 0.0196 metros.

4. El caudal se calcula utilizando la formula $Q=\text{promedio de volumen por hora} / \text{promedio de tiempo por hora}$.

Anexo No. 4 informe de Resultados de análisis de las descargas del casco urbano del municipio de San José La Máquina.



LABORATORIO DE AGUAS –CUNSUROC-
 Dirección: 1era. Avenida 0-20, zona 2
 Colonia "Los Almendros"
 Mazatenango, Suchitepéquez
 e-mail: labaguascunsuroc@gmail.com

Cotización No. AI-00102017

Cliente: Municipalidad de San Jose la Maquina

Fecha: 15/05/2017

Atención: Ronal Aldana Chilin

Cantidad	Descripción	Código	Precio Unitario Quetzales	TOTAL Quetzales
1	WTW Test Dureza	252039	1,087.52	1,087.52
1	WTW Test Nitrogeno	250358	1,442.00	1,442.00
1	n-hexano	1.04374.4000	890.68	890.68
1	WTW test calcio en reactivos	250428	1,879.36	1,879.36
1	Silica gel	1.01969.1000	580.72	580.72
2	Papel filtro cuantitativo	FT-3-104-125	340.00	680.00
2	Kimax Beaker 1,000 mL	1 4000-1000	66.92	133.84
1	Kimax Kitazato 1,000 mL de paredes reforzadas	27060-1000	318.08	318.08
3	Troemner Pinza de 3 dedos doble ajuste, agarre 69mm, largo 229mm	EF5326B	498.12	1,494.36
3	Troemner Sujetador pinza (nuez) para varillas hasta 18 mm	EF5322A	243.04	729.12
1	Parafilm 100 mm x 38 mm (4" x 125")	HS234526B	354.20	354.20
1	Tiras indicadoras de pH (pH 0-14) indicador universal (pack 100)	1095350001	157.33	157.33
1	Solución KCl 3M	1097D5	250.32	250.32
OBSERVACIONES: Los datos presentados a continuación fueron cotizados en PCL Guatemala. La representante de ventas contactada es la Licda. Ana Lucrecia Aquino, celular 5414-7101, correo ana.aquino@pclguatemala.com				TOTAL 9,997.53

Figura No. 24 Cotización de análisis de las descargas de aguas residuales para el Municipio de San José La Máquina.

Nota: cotización dada por el Laboratorio de aguas, de la carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental Local, CUNSUROC. 2017.

Informe de Resultados de Análisis

DATOS DEL CUENTE:

Cliente: Municipalidad de San José La Máquina
Responsable: Ronal Aldana Chllin
Dirección: Municipio de San José La Máquina, Suchitepéquez

DATOS DE LA MUESTRA:

Lugar de muestreo: Fosa Séptica Rancho Alegre
Responsable de Muestreo: Antonio Ángel
Temperatura de Almacenaje: 5 °C
Tipo de muestra: Agua residual ordinaria
Recipientes utilizados: Plástico y vidrio (provistos por el laboratorio de Aguas IGAL-CUNSUROC)
Método de preservación: ácido sulfúrico hasta pH menor a 2 en muestra de grasas y aceites

Muestra Simple o compuesta: Simple
Fecha de Muestreo: 16-05-17
Hora de muestreo: 09:30 am
Código de muestra: RA

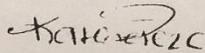
DATOS DE LABORATORIO:

Fecha de recepción de la muestra en el laboratorio: 16-05-17
Hora de recepción de la muestra por el laboratorio: 12:30 pm
Fecha de inicio de análisis: 17-05-17
Analista: Betzaida Michell Barrientos Alvarado
Hora de inicio de análisis: 9:15 am
Fecha de Informe: 05-06-17

PARÁMETRO	DIMENSIONAL (1)	LMP ETAPA UNO (2)	RESULTADO	METODOLOGIA UTILIZADA
Temperatura	°C	TCR +/- 7	20	SMEWW Part 2550 B
Grasas y aceites	mg/L	50	452.60	SMEWW 5520 D
Materia flotante	-----	Ausente	Ausente	-----
Sólidos suspendidos	mg/L	275	983.13	SMEWW
Nitrógeno total	mg/L - N	150	13.1	DIN EN ISO 11905-1
Fósforo total	mg/L - P	40	4.29	DIN EN ISO 6878
Potencial de hidrogeno (pH)	----	6 a 9	7	SMEWW
Coliformes fecales	NMP/100ml	<1 x 10 ⁷	≥ 2400	SMEWW 9221 E-1, E-2
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	mg/L - O ₂	250	442	SMEWW Part 5210 B
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L - O ₂	-----	449	ASTM D1252-06B
Arsénico	mg/L - As	0.1	0.014	USSM 3500-As
Cadmio	mg/L - Cd	0.1	0.076	EPA 200.7 Rev. 4.4
Cianuro total	mg/L - CN	1	0.010	ASTM D2036-09D
Cobre	mg/L - Cu	3	0.17	EPA 200.7 Rev. 4.4
Cromo hexavalente	mg/L - Cr	0.1	0.13	APHA 3500-Cr
Níquel	mg/L - Ni	2	1.72	EPA 200.7 Rev. 4.4
Plomo	mg/L - Pb	0.4	0.12	EPA 200.7 Rev. 4.4
Zinc	mg/L - Zn	10	0.38	EPA 200.7 Rev. 4.4
Color	u Pt-Co	1000	100	EPA 200.7 Rev. 4.4

(1) mg/L = miligramos por litro. NMP/100ml = número más probable por 100 mililitros. u Pt-Co = unidades platino cobalto
 (2) Límites máximos permisibles para la etapa uno establecida en el Acuerdo Gubernativo 110-2016, enmienda del Acuerdo Gubernativo 236-2006 con fecha máxima de cumplimiento el seis de mayo de dos mil diecinueve

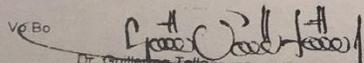
Los presentes resultados son válidos únicamente para la muestra tomada, recibida y analizada en las fechas indicadas.



Laboratorio de Aguas IGAL/CUNSUROC

Cda. Karen Rebeca Pérez Cifuentes
 Químico Farmacéutica
 Colegiada No. 2473

Vº Bº



Dr. Guillermo Tello
 Director Centro Universitario de Sur Occidente - CUNSUROC.

Sello



Figura No. 25 Resultados de análisis físicos, químicos y microbiológico de punto de muestreo Rancho Alegre

Nota: informe de resultados dado por el Laboratorio de Aguas, de la carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental Local, CUNSUROC. 2017.

Informe de Resultados de Análisis

No certificado: 018

DATOS DEL CLIENTE

Cliente: Municipalidad de San José La Máquina
 Responsable: Ronal Aldana Chilin
 Dirección: Municipio de San José La Máquina, Suchitepéquez

DATOS DE LA MUESTRA

Lugar de muestreo: A-11 Iacán Punte
 Responsable de Muestreo: Antonio Ángel
 Temperatura de Almacenaje: 5 °C
 Tipo de muestra: Agua residual ordinaria
 Recipientes utilizados: Plástico y vidrio (provistos por el laboratorio de Aguas IGAL-CUNSUROC)
 Método de preservación: ácido sulfúrico hasta pH menor a 2 en muestra de grasas y aceites

Muestra Simple o compuesta: Simple
 Fecha de Muestreo: 16-05-17
 Hora de muestreo: 09:00 pm
 Código de muestra: A-11

DATOS DE LABORATORIO

Fecha de recepción de la muestra en el laboratorio: 16-05-17
 Hora de recepción de la muestra por el laboratorio: 12:30 pm
 Fecha de inicio de análisis: 17-05-17
 Analista: Karen Rebeca Pérez Cifuentes

Hora de inicio de análisis: 9:15 am
 Fecha de Informe: 05-06-17

PARÁMETRO	DIMENSIONAL (1)	LMP ETAPA UNO (2)	RESULTADO	METODOLOGIA UTILIZADA
Temperatura	°C	TCR +/- 7	21	SMEWW Part 2550 B
Grasas y aceites	mg/L	50	505.19	SMEWW 5520 D
Materia flotante	-----	Ausente	Ausente	-----
Sólidos suspendidos	mg/L	275	689.95	SMEWW
Nitrógeno total	mg/L - N	150	12.3	DIN EN ISO 11905-1
Fósforo total	mg/L - P	40	2.16	DIN EN ISO 6878
Potencial de hidrogeno (pH)	----	6 a 9	8	SMEWW
Coliformes fecales	NMP/100ml	<1 x 10 ⁷	≥ 2400	SMEWW 9221 E-1, E-2.
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	mg/L - O ₂	250	35	SMEWW Part 5210 B
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L - O ₂	-----	40	ASTM D1252-06B
Arsénico	mg/L - As	0.1	0.048	USSM 3500-As
Cadmio	mg/L - Cd	0.1	0.058	EPA 200.7 Rev. 4.4
Cianuro total	mg/L - CN	1	0.008	ASTM D2036-09D
Cobre	mg/L - Cu	3	0.18	EPA 200.7 Rev. 4.4
Cromo hexavalente	mg/L - Cr	0.1	0.04	APHA 3500-Cr
Níquel	mg/L - Ni	2	0.27	EPA 200.7 Rev. 4.4
Plomo	mg/L - Pb	0.4	0.12	EPA 200.7 Rev. 4.4
Zinc	mg/L - Zn	10	0.38	EPA 200.7 Rev. 4.4
Color	u Pt-Co	1000	10	EPA 200.7 Rev. 4.4

(1) mg/L = miligramos por litro, NMP/100ml = número más probable por 100 mililitros, u Pt-Co = unidades platino cobalto
 (2) Límites máximos permisibles para la etapa uno establecida en el Acuerdo Gubernativo 110-2016, enmienda del Acuerdo Gubernativo 236-2006 con fecha máxima de cumplimiento el seis de mayo de dos mil diecinueve

Los presentes resultados son válidos únicamente para la muestra tomada, recibida y analizada en las fechas indicadas.

Karen Rebeca Pérez Cifuentes

Laboratorio de Aguas IGAL/CUNSUROC

Cda. Karen Rebeca Pérez Cifuentes
 Químico Farmacéutica
 Colegiada No 2473

Dr. Guillermo Tellez

Sello

Director Centro Universitario de Sur Occidente - CUNSUROC-



Figura No. 26 Resultados de análisis físicos, químicos y microbiológico de punto de muestreo puente A-11 Iacán

Nota: informe de resultados dado por el Laboratorio de Aguas, de la carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental Local, CUNSUROC. 2017.

Informe de Resultados de Análisis

NO. Certificado: 016

DATOS DEL CLIENTE

Cliente: Municipalidad de San José La Máquina
 Responsable: Ronal Aldana Chillin
 Dirección: Municipio de San José La Máquina, Suchitepéquez

DATOS DE LA MUESTRA

Lugar de muestreo: Faja 12
 Responsable de Muestreo: Antonio Ángel
 Temperatura de Almacenaje: 5 °C
 Tipo de muestra: Agua residual ordinaria
 Recipientes utilizados: Plástico y vidrio (provistos por el laboratorio de Aguas IGAL-CUNSUROC)
 Método de preservación: ácido sulfúrico hasta pH menor a 2 en muestra de grasas y aceites

Muestra Simple o compuesta: Simple
 Fecha de Muestreo: 16-05-17
 Hora de muestreo: 09:00 am
 Código de muestra: FAJA 12

DATOS DE LABORATORIO

Fecha de recepción de la muestra en el laboratorio: 16-05-17
 Hora de recepción de la muestra por el laboratorio: 12:30 pm
 Fecha de inicio de análisis: 17-05-17
 Hora de inicio de análisis: 9:15 am
 Analista: Betzaida Michell Barrientos Alvarado
 Fecha de Informe: 05-06-17

PARÁMETRO	DIMENSIONAL (1)	LMP ETAPA UNO (2)	RESULTADO	METODOLOGIA UTILIZADA
Temperatura	°C	TCR +/- 7	21	SMEWW Part 2550 B
Grasas y aceites	mg/L	50	559.90	SMEWW 5520 D
Materia flotante	-----	Ausente	Abundante	-----
Sólidos suspendidos	mg/L	275	1773.39	SMEWW
Nitrógeno total	mg/L - N	150	0.9	DIN EN ISO 11905-1
Fósforo total	mg/L - P	40	6.13	DIN EN ISO 6878
Potencial de hidrogeno (pH)	----	6 a 9	8	SMEWW
Coliformes fecales	NMP/100ml	<1 x 10 ⁷	≥ 2400	SMEWW 9221 E-1, E-2
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	mg/L - O ₂	250	715	SMEWW Part 5210 B
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L - O ₂	-----	719	ASTM D1252-06B
Arsénico	mg/L - As	0.1	0.025	USSM 3500-As
Cadmio	mg/L - Cd	0.1	0.112	EPA 200.7 Rev. 4.4
Cianuro total	mg/L - CN	1	0.011	ASTM D2036-09D
Cobre	mg/L - Cu	3	0.36	EPA 200.7 Rev. 4.4
Cromo hexavalente	mg/L - Cr	0.1	0.18	APHA 3500-Cr
Níquel	mg/L - Ni	2	3.39	EPA 200.7 Rev. 4.4
Plomo	mg/L - Pb	0.4	1.24	EPA 200.7 Rev. 4.4
Zinc	mg/L - Zn	10	0.34	EPA 200.7 Rev. 4.4
Zinc	u Pt-Co	1000	150	EPA 200.7 Rev. 4.4
Color				

(1) mg/L = miligramos por litro. NMP/100ml = número más probable por 100 mililitros. u Pt-Co = unidades platino cobalto
 (2) Límites máximos permisibles para la etapa uno establecida en el Acuerdo Gubernativo 110-2016, enmienda del Acuerdo Gubernativo 236-2006 con fecha máxima de cumplimiento el seis de mayo de dos mil diecinueve

Los presentes resultados son válidos únicamente para la muestra tomada, recibida y analizada en las fechas indicadas.

KAREN PAREZ
 Laboratorio de Aguas IGAL/CUNSUROC

da Karen Rebeca Pérez Cívantes
 Químico Farmacéutica
 Colegiada No. 2493

Vo Bo *Guillermo Tello*
 Dr. Guillermo Tello
 Director Centro Universitario de Sur Occidente - CUNSUROC



Figura No. 27 Resultados de análisis físicos, químicos y microbiológico de punto de muestreo de la Faja 12

Nota : informe de resultados dado por el Laboratorio de Aguas, de la carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental Local, CUNSUROC. 2017.

Informe de Resultados de Análisis

DATOS DEL CUENTE

Ciente: Municipalidad de San José La Máquina
Responsable: Ronal Aldana Chiflín
Dirección: Municipio de San José La Máquina, Suchitepéquez

DATOS DE LA MUESTRA

Lugar de muestreo: Rastro Municipal
Responsable de Muestreo: Antonio Ángel
Temperatura de Almacenaje: 5 °C
Tipo de muestra: Agua residual ordinaria
Recipientes utilizados: Plástico y vidrio (provistos por el laboratorio de Aguas IGAL-CUNSUROC)
Método de preservación: ácido sulfúrico hasta pH menor a 2 en muestra de grasas y aceites

Muestra Simple o compuesta: Simple
Fecha de Muestreo: 17-05-17
Hora de muestreo: 02:30 pm
Código de muestra: RASTRO

DATOS DE LABORATORIO

Fecha de recepción de la muestra en el laboratorio: 17-05-17
Hora de recepción de la muestra por el laboratorio: 4:30 pm
Fecha de inicio de análisis: 18-05-17
Hora de inicio de análisis: 9:15 am
Analista: Karen Rebeca Pérez Cifuentes
Fecha de Informe: 05-06-17

PARÁMETRO	DIMENSIONAL (1)	LMP ETAPA UNO (2)	RESULTADO	METODOLOGIA UTILIZADA
Temperatura	°C	TCR +/- 7	24.02	SMEWW Part 2550 B
Grasas y aceites	mg/L	50	672.93	SMEWW 5520 D
Materia flotante	-----	Ausente	Ausente	-----
Sólidos suspendidos	mg/L	275	7915.89	SMEWW
Nitrógeno total	mg/L - N	150	3.7	DIN EN ISO 11905-1
Fósforo total	mg/L - P	40	2.20	DIN EN ISO 6878
Potencial de hidrogeno (pH)	----	6 a 9	10	SMEWW
Coliformes fecales	NMP/100ml	<1 x 10 ⁷	≥ 2400	SMEWW 9221 E-1, E-2.
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	mg/L - O ₂	250	307	SMEWW Part 5210 B
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L - O ₂	-----	338	ASTM D1252-06B
Arsénico	mg/L - As	0.1	0.13	USSM 3500-As
Cadmio	mg/L - Cd	0.1	0.050	EPA 200.7 Rev. 4.4
Cianuro total	mg/L - CN	1	0.015	ASTM D2036-09D
Cobre	mg/L - Cu	3	0.85	EPA 200.7 Rev. 4.4
Cromo hexavalente	mg/L - Cr	0.1	0.05	APHA 3500-Cr
Níquel	mg/L - Ni	2	1.35	EPA 200.7 Rev. 4.4
Plomo	mg/L - Pb	0.4	0.01	EPA 200.7 Rev. 4.4
Zinc	mg/L - Zn	10	0.5	EPA 200.7 Rev. 4.4
Color	u Pt-Co	1000	1300	EPA 200.7 Rev. 4.4

(1) mg/L = miligramos por litro. NMP/100ml = número más probable por 100 mililitros. u Pt-Co = unidades platino cobalto
 (2) Límites máximos permisibles para la etapa uno establecida en el Acuerdo Gubernativo 110-2016, enmienda del Acuerdo Gubernativo 236-2006 con fecha máxima de cumplimiento el seis de mayo de dos mil diecinueve

Los presentes resultados son válidos únicamente para la muestra tomada, recibida y analizada en las fechas indicadas

Karen Pérez
 Laboratorio de Aguas IGAL/CUNSUROC

Dr. Karen Rebeca Pérez Cifuentes
 Química Farmacéutica
 Colegiada No. 2473

Vo.Bo
Guillermo Tello
 Dr. Guillermo Tello
 Director Centro Universitario de Sur Occidente - CUNSUROC



Figura No. 28 Resultados de análisis físicos, químicos y microbiológico de punto de muestreo Rastro Municipal.

Nota : informe de resultados dado por el Laboratorio de Aguas, de la carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental Local, CUNSUROC. 2017

Diario de Centro América

ÓRGANO OFICIAL DE LA REPÚBLICA DE GUATEMALA, C. A.

/ES 29 de JUNIO de 2017 No. 47 Tomo CCCVII

Director General: Héctor Salvatierra

www.dca.gob.gt

ESTA EDICIÓN ENCONTRARÁ:

ORGANISMO EJECUTIVO

MINISTERIO DE AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES
véanse las siguientes, REFORMAS AL ACUERDO GUBERNATIVO NÚMERO 236-2006, DE FECHA 5 DE MAYO DEL 2006, REGLAMENTO DE LAS DESCARGAS Y REUSO DE AGUAS RESIDUALES Y DE LA DISPOSICIÓN DE LODOS.

Página 1

PUBLICACIONES VARIAS

MUNICIPALIDAD DE SANTA LUCÍA MILPAS ALTAS, DEPARTAMENTO DE SACATEPÉQUEZ
REGLAMENTO PARA LA AUTORIZACIÓN DE APERTURA DE ESTABLECIMIENTOS ABIERTOS AL PÚBLICO, SEAN ESTOS DE PERSONAS PÚBLICAS O PRIVADAS, INCLUIDOS LOS ESTABLECIMIENTOS QUE EXPENDAN BEBIDAS ALCOHÓLICAS FERMENTADAS, DENTRO DE LA JURISDICCIÓN MUNICIPAL SANTA LUCÍA MILPAS ALTAS, DEL DEPARTAMENTO DE SACATEPÉQUEZ.

Página 3

ANUNCIOS VARIOS

Astrimónios	Página 5
Nacionalidades	Página 5
Líneas de Transporte	Página 5
Disolución de Sociedades	Página 5
Patentes de Invención	Página 6
Títulos Supletorios	Página 7
Edictos	Página 12
Remates	Página 19
Constituciones de Sociedad	Página 25
Adificaciones de Sociedad	Página 26
Convocatorias	Página 24, 27

ORGANISMO EJECUTIVO



MINISTERIO DE AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES

Acuérdase las siguientes, REFORMAS AL ACUERDO GUBERNATIVO NÚMERO 236-2006, DE FECHA 5 DE MAYO DEL 2006, REGLAMENTO DE LAS DESCARGAS Y REUSO DE AGUAS RESIDUALES Y DE LA DISPOSICIÓN DE LODOS.

ACUERDO GUBERNATIVO NÚMERO 138-2017

Guatemala, 28 de junio de 2017

EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA

CONSIDERANDO

Que mediante el Acuerdo Gubernativo Número 236-2006, de fecha 5 de mayo del 2006, se emitió el Reglamento de las Descargas y Reuso de Aguas Residuales y de la Disposición de Lodos, el cual establece los mecanismos de evaluación, control y seguimiento para que el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales promueva la conservación y mejoramiento del recurso hídrico.

CONSIDERANDO

Que no obstante el esfuerzo realizado por cumplir las disposiciones contenidas en la normativa citada, las autoridades municipales han manifestado que por diversas circunstancias no imputables a su administración, aún se encuentra en proceso la preparación de los estudios técnicos que exige el artículo 5 del referido Reglamento y el desarrollo de los instrumentos ambientales de los proyectos identificados en los estudios técnicos, por lo que se hace procedente la emisión de la disposición legal respectiva para apoyar la gestión de todas las municipalidades del país.

POR TANTO

En ejercicio de las funciones que le confiere el artículo 183 literal e) de la Constitución Política de la República de Guatemala; y con fundamento en el artículo 15 del Decreto Número 68-86 del Congreso de la República de Guatemala, Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente.

ACUERDA

Las siguientes,

REFORMAS AL ACUERDO GUBERNATIVO NÚMERO 236-2006, DE FECHA 5 DE MAYO DEL 2006, REGLAMENTO DE LAS DESCARGAS Y REUSO DE AGUAS RESIDUALES Y DE LA DISPOSICIÓN DE LODOS.

ARTÍCULO 1. Se reforma el Artículo 24, el cual queda así:

“Artículo 24. LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE DESCARGAS A CUERPOS RECEPTORES PARA AGUAS RESIDUALES DE URBANIZACIONES NO CONECTADAS AL ALCANTARILLADO PÚBLICO. Las urbanizaciones existentes no conectadas al alcantarillado público, cumplirán con los límites máximos permisibles para descargar a cuerpos receptores de cualesquiera de las formas siguientes:

Diario de Centro América

ATENCIÓN

Las publicaciones que se realizan en el Diario de Centro América, se hacen con conformidad con el original presentado por el solicitante, en consecuencia cualquier error que se cometa en ese original, el Diario de Centro América no asume ninguna responsabilidad.

Antes de describir se les solicita cumplir con los siguientes requisitos:
El Archivo digital deberá ser EDITABLE (EN WORD) PARA LAS SIGUIENTES CATEGORÍAS:
• Matrimonios • Nacionalidades • Líneas de Transporte • Constituciones de Sociedades • Modificaciones de Sociedades • Disoluciones de Sociedades • Patentes de Invención • Registro de Marcas • Títulos Supletorios • Edictos • Remates

LAS CONVOCATORIAS Y LOS ACUERDOS SERÁN RECIBIDOS EN:

• Word editable • JPG Todas en Escala de grises • 300 ppi de Resolución

Letra clara e impresión firme.

Legibilidad en los números.

No correcciones, tachones, marcas de lápiz o lapicero.

No se aceptan fotocopias ilegibles.

Que la firma de la persona responsable y sello correspondiente se encuentren fuera del texto del documento.

Documento con el nombre completo del Abogado, Sello y Número de Colegiado.

Nombre y número de teléfono de la persona responsable de la publicación, para cualquier consulta posterior.

a) Con los límites máximos permisibles y plazos establecidos en el siguiente cuadro, incluyendo sólidos sedimentables:

Parámetros	Dimensionales	Valores Iniciales	Fecha máxima de cumplimiento			
			Dos de mayo de dos mil diecinueve	Dos de mayo de dos mil veintitrés	Dos de mayo de dos mil veintisiete	Dos de mayo de dos mil treinta y uno
			Etapas			
		Uno	Dos	Tres	Cuatro	
Temperatura	Grados Celsius	TCR +/- 7	TCR +/- 7	TCR +/- 7	TCR +/- 7	TCR +/- 7
Grasas y aceites	Miligramos por litro	100	50	10	10	10
Materia flotante	Ausencia/presencia	Presente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
Demanda bioquímica de oxígeno	Miligramos por litro	700	250	100	100	100
Sólidos suspendidos	Miligramos por litro	300	275	200	100	100
Nitrógeno total	Miligramos por litro	150	150	70	20	20
Fósforo total	Miligramos por litro	50	40	20	10	10
Potencial de hidrógeno	Unidades de potencial de hidrógeno	6 a 9	6 a 9	6 a 9	6 a 9	6 a 9
Coliformes fecales	Número más probable en cien mililitros	< 1x10 ⁶	< 1x10 ⁷	< 1x10 ⁴	< 1x10 ⁴	< 1x10 ⁴
Arsénico	Miligramos por litro	1	0.1	0.1	0.1	0.1
Cadmio	Miligramos por litro	1	0.1	0.1	0.1	0.1
Cianuro total	Miligramos por litro	6	1	1	1	1
Cobre	Miligramos por litro	4	3	3	3	3
Cromo hexavalente	Miligramos por litro	1	0.1	0.1	0.1	0.1
Mercurio	Miligramos por litro	0.1	0.02	0.02	0.01	0.01
Níquel	Miligramos por litro	6	2	2	2	2
Ploomo	Miligramos por litro	4	0.4	0.4	0.4	0.4
Zinc	Miligramos por litro	10	10	10	10	10
Color	Unidades platino cobalto	1500	1000	750	500	500

TCR = temperatura del cuerpo receptor, en grados Celsius.*

ARTÍCULO 2. Se adiciona el Artículo 24 bis, el cual queda así:

Artículo 24 bis. LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE DESCARGAS A CUERPOS RECEPTORES PARA AGUAS RESIDUALES MUNICIPALES. Las municipalidades y/o empresas encargadas del tratamiento de aguas residuales del alcantarillado público, cumplirán con los límites máximos permisibles para descargar a cuerpos receptores de la forma siguiente:

1) Con los límites máximos permisibles y plazo establecido en el siguiente cuadro, incluyendo sólidos sedimentables:

Parámetros	Dimensionales	Valores Iniciales	Fecha máxima de cumplimiento			
			Dos de mayo de dos mil diecinueve	Dos de mayo de dos mil veintitrés	Dos de mayo de dos mil veintisiete	Dos de mayo de dos mil treinta y uno
			Etapas			
		Uno	Dos	Tres	Cuatro	
Temperatura	Grados Celsius	TCR +/- 7	TCR +/- 7	TCR +/- 7	TCR +/- 7	TCR +/- 7
Grasas y aceites	Miligramos por litro	100	50	10	10	10
Materia flotante	Ausencia/presencia	Presente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
Demanda bioquímica de oxígeno	Miligramos por litro	700	250	100	100	100
Sólidos suspendidos	Miligramos por litro	300	275	200	100	100
Nitrógeno total	Miligramos por litro	150	150	70	20	20
Fósforo total	Miligramos por litro	50	40	20	10	10
Potencial de hidrógeno	Unidades de potencial de hidrógeno	6 a 9	6 a 9	6 a 9	6 a 9	6 a 9
Coliformes fecales	Número más probable en cien mililitros	< 1x10 ⁶	< 1x10 ⁷	< 1x10 ⁴	< 1x10 ⁴	< 1x10 ⁴
Arsénico	Miligramos por litro	1	0.1	0.1	0.1	0.1
Cadmio	Miligramos por litro	1	0.1	0.1	0.1	0.1
Cianuro total	Miligramos por litro	6	1	1	1	1
Cobre	Miligramos por litro	4	3	3	3	3
Cromo hexavalente	Miligramos por litro	1	0.1	0.1	0.1	0.1
Mercurio	Miligramos por litro	0.1	0.02	0.02	0.01	0.01
Níquel	Miligramos por litro	6	2	2	2	2
Ploomo	Miligramos por litro	4	0.4	0.4	0.4	0.4
Zinc	Miligramos por litro	10	10	10	10	10
Color	Unidades platino cobalto	1500	1000	750	500	500

TCR = temperatura del cuerpo receptor, en grados Celsius.

Para cumplir con el desarrollo de la totalidad de obras relacionadas con redes de drenaje y sistemas de tratamiento de aguas residuales, dentro del plazo aplicable a las municipalidades, éstas observarán lo siguiente:

- a) El veintinueve (29) de septiembre de dos mil diecisiete (2017) las municipalidades deberán contar con el Estudio Técnico que estipula el Artículo 5 de este Reglamento, determinando el número de descargas y evaluando los parámetros establecidos en cada una de ellas.
- b) Las municipalidades deberán llevar el control e inventario de todas las redes de alcantarillado sanitario y de todas las descargas sin tratamiento. Dichos inventarios deben formar parte de los anexos del Estudio Técnico citado en la literal a) y quedar concluidos el veintinueve (29) de septiembre de dos mil diecisiete (2017).
- c) El dos (2) de mayo de dos mil diecinueve (2019), todas las municipalidades deberán cumplir, por lo menos, con tener en operación sistemas de tratamiento completos para las dos descargas principales que en el inventario se reporten
- d) Sin tratamiento y que concentren la mayor carga de demanda bioquímica de oxígeno. Los efluentes ya tratados deben cumplir con los límites máximos permisibles de la etapa uno del presente artículo o menos.
- e) Para completar el tratamiento de las descargas restantes, a partir del dos mil diecinueve (2019) las municipalidades deberán cumplir con ejecutar y tener en operación, sistemas de tratamiento para las descargas consignadas en el inventario que se adjuntará a los Estudios Técnicos y cuyos efluentes deben cumplir con los límites máximos permisibles de la etapa que corresponda o menos. El desarrollo de las obras se hará según los siguientes porcentajes:

e.1) El dos (2) de mayo de dos mil veintitrés (2023), todas las municipalidades deberán cumplir con tener en operación sistemas de tratamiento para el 45% del total de las descargas consignadas en el inventario, que debe adjuntarse al Estudio Técnico.

e.2) El dos (2) de mayo de dos mil veintisiete (2027), todas las municipalidades deberán cumplir con tener en operación sistemas de tratamiento para el 35% del total de las descargas consignadas en el inventario, que debe adjuntarse al Estudio Técnico. El acumulado de obras ejecutadas en esta etapa, debe corresponder al 80% del total de las descargas del inventario.

e.3) El dos (2) de mayo de dos mil treinta y uno (2031), todas las municipalidades deberán cumplir con tener en operación sistemas de tratamiento para el 20% del total de las descargas consignadas en el inventario que debe adjuntarse al Estudio Técnico. El acumulado de obras ejecutadas en esta etapa, debe corresponder al 100% del total de las descargas del inventario.

2) Para la presentación de los instrumentos ambientales y con base a lo establecido a los párrafos anteriores, las municipalidades deberán cumplir con lo siguiente:

- a) El veintinueve (29) de diciembre de dos mil diecisiete (2017), presentar ante el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales los instrumentos ambientales de los proyectos identificados en la literal c) de este Artículo.
- b) El veintiseis (27) de diciembre de dos mil diecinueve (2019), presentar ante el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales los instrumentos ambientales de los proyectos identificados en la literal e.1) de este Artículo.
- c) El veintinueve (29) de diciembre de dos mil veintitrés (2023), presentar ante el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales los instrumentos ambientales de los proyectos identificados en la literal e.2) de este Artículo.
- d) El treinta (30) de diciembre de dos mil veintisiete (2027), presentar ante el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales los instrumentos ambientales de los proyectos identificados en la literal e.3) de este Artículo.

Las municipalidades contemplarán en los Planes Operativos Anuales -POA-, las asignaciones correspondientes para el desarrollo de las obras contempladas en el inciso e) del presente acuerdo.

ARTÍCULO 3. El presente Acuerdo Gubernativo empezará a regir al día siguiente de su publicación en el Diario de Centro América.

COMUNIQUESE



JIMMY MORALES CABRERA

Dr. Sydney Alexander Samuelsson
Ministro
Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales



Carlos Adolfo Martínez Gualatz
SECRETARIO GENERAL
DE LA PRESIDENCIA DE LA REPÚBLICA



Anexo No. 6 Formato mínimo de estudio técnico de aguas residuales.

PROPUESTA DE FORMATO MÍNIMO DE ESTUDIO TÉCNICO DE AGUAS RESIDUALES

1. **INTRODUCCION** (síntesis del contenido e importancia del documento)
2. **OBJETIVOS** (para qué se hace el documento)
 - 2.1. General
 - 2.2. Específicos
3. **GENERALIDADES DEL MUNICIPIO Y SU DEPARTAMENTO**
 - 3.1. Límites y Colindancias
 - 3.2. Extensión
 - 3.3. Clima y Altura
 - 3.4. Población
 - 3.5. Idioma
 - 3.6. Suelo y topografía
 - 3.7. Hidrografía
 - 3.8. Uso de la Tierra
 - 3.9. Producción
 - 3.10. Economía
 - 3.11. Porcentaje de Población Económicamente Activa -PEA- por actividad económica
 - 3.12. Aspectos de infraestructura y vivienda
 - 3.12.1. Caminos
 - 3.12.1.1. Carreteras asfaltadas
 - 3.12.1.2. Carreteras de terracería
 - 3.12.1.3. Veredas
 - 3.13. Aeropuertos y pistas de aterrizaje (si existiere)
 - 3.14. Vivienda
 - 3.15. Servicios Públicos
 - 3.15.1. Agua
 - 3.15.2. Energía Eléctrica
 - 3.15.3. Comunicación
 - 3.15.4. Basura
 - 3.16. Educación
 - 3.16.1. Nivel de escolaridad
 - 3.16.2. Asistencia escolar
 - 3.16.3. Alfabetismo
 - 3.17. Servicio de Salud
 - 3.17.1. Hospitales
 - 3.17.2. Centros de Salud
 - 3.17.3. Puestos de Salud
 - 3.18. Sistema integrado en servicios de salud

¡Por una Anam próspera e incluyente!



ASOCIACIÓN NACIONAL DE MUNICIPALIDADES
DE LA REPÚBLICA DE GUATEMALA

4. INFORMACIÓN GENERAL

- 4.1. Profesionales que participaron en la elaboración del estudio técnico de aguas residuales (integrantes en la recopilación de información y muestras, análisis, y redacción, etc; de la Municipalidad y empresa contratada, si existiera)
- 4.2. Generalidades
 - 4.2.1. Nombre o Razón social (de la Municipalidad)
 - 4.2.2. Representante legal de la Municipalidad
- 4.2.3. Persona contacto ante el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (nombre y cargo)
- 4.2.4. Localización y Dirección del Proyecto (indicar coordenadas geográficas en latitud y longitud del municipio y su distancia con respecto a la ciudad capital)
- 4.2.5. Descripción de la naturaleza de la actividad de la persona individual o jurídica sujeta al presente reglamento (señalar que la persona contacto es, en efecto, el enlace directo con el MARN)
- 4.2.6. Horarios de descarga de aguas residuales
- 4.2.7. Descripción del tratamiento de aguas residuales (según lo estipulado en el acuerdo 236-2006)
- 4.3. Unidades que conforma la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales
- 4.4. Caracterización del efluente de aguas residuales, incluyendo sólidos sedimentales
- 4.5. Metodología (indicar cuantas muestras se tomaron, tanto en el área urbana como en el área rural, así como dirección exacta y coordenada de cada punto de muestra. Georreferenciación de cada punto). Plasmar los resultados obtenidos de cada muestra.
- 4.6. Aspectos Legales
 - 4.6.1. Reglamento de las Descargas y Reúso de Aguas Residuales y de la Disposición de Lodos, Acuerdo Gubernativo 236-2006 (Artículos 20 y 17)
- 4.7. Aspectos de Población (proyección de población)
- 4.8. Dotación de agua para el consumo humano
- 4.9. Caracterización de las aguas para reúso (si se tuviese planificado reutilizar el agua)
- 4.10. Caracterización de lodos a disponer
- 4.11. Caracterización del afluente
- 4.12. Identificación del cuerpo receptor hacia el cual se descargan las aguas residuales
- 4.13. Identificación del alcantarillado hacia el cual se descargan las aguas residuales
- 4.14. Enumeración de parámetros exentos de medición y su justificación
- 4.15. Caracterización de las aguas para reúso
- 4.16. Caracterización de los lodos a disponer
- 4.17. Enumeración de parámetros exentos de medición y su justificación

5. PLAN DE GESTIÓN AMBIENTAL DE LAS AGUAS RESIDUALES DEL MUNICIPIO

- 5.1. Introducción
- 5.2. Objetivo
- 5.3. Plan de Acción
 - 5.3.1. Materiales e insumos básicos
 - 5.3.2. Talento Humano
- 5.4. Operación y mantenimiento (prevención)

¡Por una Anam próspera e incluyente!

8a. Calle 1-66, Zona 9, Edificio INFOM, Primer Nivel
Guatemala, Guatemala
PBX: (502) 2324 2424
www.anam.org.gt





- 5.4.1. Alcantarilla sanitaria
- 5.4.2. Sistema de tratamiento y sus diferentes unidades
- 5.4.3. Lodos sépticos

ASOCIACIÓN NACIONAL DE MUNICIPALIDADES
DE LA REPÚBLICA DE GUATEMALA

6. PLAN DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA EL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES (REACTOR ANAEROBIO DE FLUJO ASCENDENTE) SI SE DESCARGAN A UN CUERPO RECEPTOR O ALCANTARILLADO 158

6.1. Los lodos pueden servir para acondicionar suelos o como abono orgánico de plantas ornamentales o forestales.

7. EVALUACIÓN, CONTROL Y SEGUIMIENTO

8. PLAN DE TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES: PROPUESTA PARA MEJORAR LAS CARACTERÍSTICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES DEL MUNICIPIO

8.1. Introducción

8.2. Descripción de los diferentes tratamientos

8.2.1. Tratamiento Preliminar (pretratamiento)

8.2.1.1. Pretratamiento

8.2.1.2. Tratamiento Primario

8.2.1.3. Tratamiento Secundario

8.2.2. Patios de Lodos

8.3. Otras consideraciones generales

8.3.1. Equipo Necesario que debe tener el operador

8.3.2. Hábitos personales del operador

9. CONCLUSIONES

10. RECOMENDACIONES

¡Por una Anam próspera e incluyente!

127

8a. Calle 1-66, Zona 9, Edificio INFOM, Primer Nivel
Guatemala, Guatemala
PBX: (502) 2324 2424
www.anam.org.gt



*Propuesta de plan de gestión
para las aguas residuales del
municipio de San José La
Máquina, Suchitepéquez.*





USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala



*Propuesta de plan de
gestión para las aguas
residuales del municipio
de San José La
Máquina,
Suchitepéquez.*

MUNICIPALIDAD



i. Índice general

Contenido	pág.
I. PROPUESTA DE PLAN DE GESTIÓN PARA LAS AGUAS RESIDUALES.....	1
II. INTRODUCCIÓN.....	1
III. OBJETIVOS.....	2
3.1 General	2
3.2 Específicos.....	2
IV. REVISIÓN DE LITERATURA	3
4.1 Marco Referencial	3
4.1.1 Antecedentes históricos de San José La Máquina	3
4.1.2 Información de población.....	3
4.1.3 Ubicación geográfica	3
4.1.4 Clima.....	4
4.1.5 Servicios básicos	4
4.1.6 Hidrología.....	4
4.2 Marco teórico	8
4.2.1 Agua	8
4.2.2 Agua potable.....	8

Contenido	pág.
4.2.3 Fuentes de contaminación de las aguas.....	9
4.2.3.1 Fuente puntuales.....	9
4.2.4 Aguas residuales.....	9
4.2.4.1 Aguas residuales domésticas.....	9
4.2.4.2 Aguas residuales especiales	10
4.2.4.3 Pluviales	10
4.2.5 Sistemas de tratamiento para aguas residuales.	10
V. SISTEMA DE TRATAMIENTO PARA LAS AGUAS RESIDUALES DEL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE SAN JOSÉ LA MÁQUINA.....	11
5.1 Pre-tratamiento	11
5.2 Tratamiento primario	12
5.3 Tratamiento secundario.....	13
5.4 Tratamiento terciario	13
5.5 Disposición final de lodos.....	14
5.6 Plan de acción.....	15
5.6.1 Materiales e insumos básicos para la construcción.....	15
5.6.2 Recurso humano.....	16
5.6.3 Operación y mantenimiento.....	16

Contenido	pág.
VI. SISTEMA DE TRATAMIENTO PARA LAS AGUAS DEL RASTRO MUNICIPAL	21
6.1 Tratamiento primario	21
6.2 Tratamiento secundario.....	22
6.3 Tratamiento terciario	23
6.4 Disposición final de lodos.....	24
6.5 Plan de acción.....	25
6.5.1 Materiales e insumos básicos para la construcción del sistema de tratamiento.....	25
6.5.2 Recurso humano.....	25
6.5.3 Operación y mantenimiento del sistema propuesto	26
VII. UBICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE TRATAMIENTO.....	30
VIII.PRESUPUESTO PARA LOS SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.....	31
IX. BIBLIOGRAFÍA.....	36

ii. Índice de figuras

Figura No.	Pág.
1 Ríos en San José La Máquina.	6
2 Límites y colindancias del municipio de San José La Máquina, Suchitepéquez.	7
3 Pre-tratamiento del sistema de tratamiento.	12
4 Fosa Séptica, tratamiento primario.	12
5 Filtro percolador, tratamiento secundario.	13
6 Filtro lento de arena, tratamiento terciario.	14
7 Desinfección, tratamiento terciario.	14
8 Propuesta del sistema de tratamiento para la comunidad Faja 12, Rancho Alegre y Puente A-11 Icán	20
9 Biodigestor, tratamiento primario.	22
10 Sistema Filtrante percoladores, tratamiento secundario.	23
11 Sistema filtro lento de arena, tratamiento terciario.	23
12 Desinfección, tratamiento terciario.	24
13 Propuesta del sistema de tratamiento de las aguas residuales generadas en el Rastro Municipal.	29
14 Mapa de ubicación de los sistemas de tratamiento en el casco urbano del municipio de San José La Máquina, Suchitepéquez.	30

iii. Índice de cuadros

Cuadro No.	Pág.
1 Presupuesto para el sistema de tratamiento de la comunidad Faja 12, Rancho Alegre y puente A-11 Iacán, San José La Máquina.....	32
2 Presupuesto para el sistema de tratamiento de agua residual tipo especial del Rastro Municipal, San José La Máquina.....	34

I. PROPUESTA DE PLAN DE GESTIÓN PARA LAS AGUAS RESIDUALES.

El siguiente plan de gestión está basado en el cumplimiento del Acuerdo Gubernativo 138-2017 el cual en su artículo 2 inciso c indica que todas las Municipalidades deben de cumplir con la implementación de sistemas de tratamientos completos para las descargas de agua residual para el dos de mayo de dos mil diecinueve. Así mismo su estructura fue provista por la Asociación Nacional de Municipalidades de la República de Guatemala -ANAM-.

II. INTRODUCCIÓN

El plan de gestión para el sistema de tratamiento de las aguas residuales generadas en el casco urbano del municipio de San José La Máquina, incluye la determinación de los materiales e insumos necesarios para su construcción, establecimiento del perfil de puestos para la etapa de operación y mantenimiento de los sistemas de tratamientos y las acciones necesarias de cada una de las etapas.

A continuación, se describen los lineamientos que permitan el funcionamiento adecuado de las plantas de tratamiento de aguas residuales de tipo especial y ordinaria generadas en el municipio.

III. OBJETIVOS

3.1 General

Proponer un plan de gestión para el sistema de tratamiento de las aguas residuales generadas en el casco urbano del municipio de San José La Máquina, Suchitepéquez.

3.2 Específicos

*Determinar el tipo de materiales e insumos necesarios para la construcción de los sistemas de tratamiento.

*Establecer los requisitos necesarios que debe tener las personas contratadas para la etapa de operación y mantenimiento de sistema de tratamiento.

*Identificar las actividades de mantenimiento para las etapas de operación y mantenimiento del sistema de tratamiento.

IV. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1 Marco Referencial

4.1.1 Antecedentes históricos de San José La Máquina

San José La Máquina, antiguamente llamado Parcelamiento Uno, cuenta con una extensión aproximada de 147 kilómetros cuadrados, comprenden en alto porcentaje a la antes llamada Hacienda Trapiche Grande, que junto a otras tierras aledañas pertenecían a la Reina Guillermina de Holanda, esta hacienda con una respetable extensión de selva inhóspita, colindaba con el límite del departamento de Escuintla por el lado del municipio Tiquisate. (Morales; 1991)

Después de 30 años de gestiones y trámites, el comité pro municipio de San José La Máquina logró celebrar la creación del municipio 21 de Suchitepéquez y número 338 a nivel de la República de Guatemala mediante el decreto 7-2014, aprobado de urgencia nacional durante la sesión permanente del Congreso de la Republica y da vida al nuevo territorio. (Ixcoy, D; 2016)

El municipio se encuentra dividido en diferentes sectores: “A”, “B”, “Sis e Icán” y “Fajas”. (Ixcoy, D; 2016)

4.1.2 Información de población

En el municipio de San José La Máquina existe un total de 33,000 habitantes de las cuales 8,000 habitantes residen en el área del casco urbano y 25,000 habitantes distribuidos en el área rural del territorio. (Coordinadora Municipal para la Reducción de Desastres; 2017)

4.1.3 Ubicación geográfica

San José La Máquina colinda al norte con Cuyotenango, al nororiente con San Lorenzo, al occidente con San Andrés Villa Seca, Retalhuleu. Ver figura No. 2, página No. 7. (Ixcoy, D; 2016)

4.1.4 Clima

El municipio de San José La Máquina tiene clima cálido y tropical con una temperatura máxima de 32 °C, temperatura media de 25 °C, una temperatura mínima de 18 °C y Los meses de febrero, marzo y abril son los meses con mayor temperatura de 31°C a 32°C. (Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología; 2015)

La humedad relativa de 88% a la vez con una velocidad de viento de 4.2 Kms/hr; El brillo solar del territorio es de 172.5 total/Hrs/promedio por mes. (Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología; 2015)

4.1.5 Servicios básicos

Actualmente, solamente el 12% de la población del área urbana cuenta con servicio de drenaje; por lo que el resto de la población direccionan las aguas residuales a través de zanjas realizadas a flor de tierra. Este municipio, en ninguna de sus áreas (urbana y rural) cuenta con planta de tratamiento de aguas residuales, por lo tanto, estas aguas las direccionan a los ríos, contaminando los mismos. (Quiñonez, Vela, Pérez, Montufar; 2015)

4.1.6 Hidrología

En el municipio de San José La Máquina se han identificados dos ríos principales que son Sis e Icán, así mismo dentro del territorio se ubica el río Jabalí, como se observa en la figura No. 1 página 6. Estos son utilizados para riego, pesca y uso doméstico.

- **Río Icán:** atraviesa desde San Francisco Zapotitlán, Cuyotenango y todo el municipio de San José la Máquina, además sirve de límite entre el municipio de Mazatenango y San Lorenzo, tiene un alto grado de contaminación debido a que recibe la mayor parte de las aguas residuales provenientes de colonias, lotificaciones y varios cantones por donde atraviesa. (Orozco; 2012)

- **Rio Sis:** Nace en las faldas del Volcán Santa María, atraviesa los municipios de Pablo Nuevo, San Francisco Zapotitlán del Departamento de Suchitepéquez; San Felipe, San Andrés Villa Seca de Retalhuleu. El caudal de este es permanente; tiende a crecer en época de invierno, derivado de las fuertes lluvias y de los ríos que desembocan en él. Sirve de línea divisoria entre el municipio de Cuyotenango y el departamento de Retalhuleu. Se consideran de mucha importancia debido a que es utilizado por algunos agricultores y parcelarios para riego de las diferentes cosechas agrícolas que se cultivan, además sirve de fuente de agua a bebederos para el ganado bovino. (García; 2014).
- **Rio Jabalí:** Nace del río Icán a través de una de sus líneas intermitente que atraviesa todo el casco urbano del municipio de San José la Máquina, es utilizado por agricultores para riego de diferentes cosechas agrícolas, sirve de fuente de agua para bebedero para el ganado bovino y además tiene un alto grado de contaminación debido que recibe las aguas residuales generadas del casco urbano provenientes de comercios y viviendas que son descargadas sin previo tratamiento, asimismo las aguas del río Jabalí se unen al del río Icán.

Ríos del municipio de San José La Máquina, Suchitépquez.

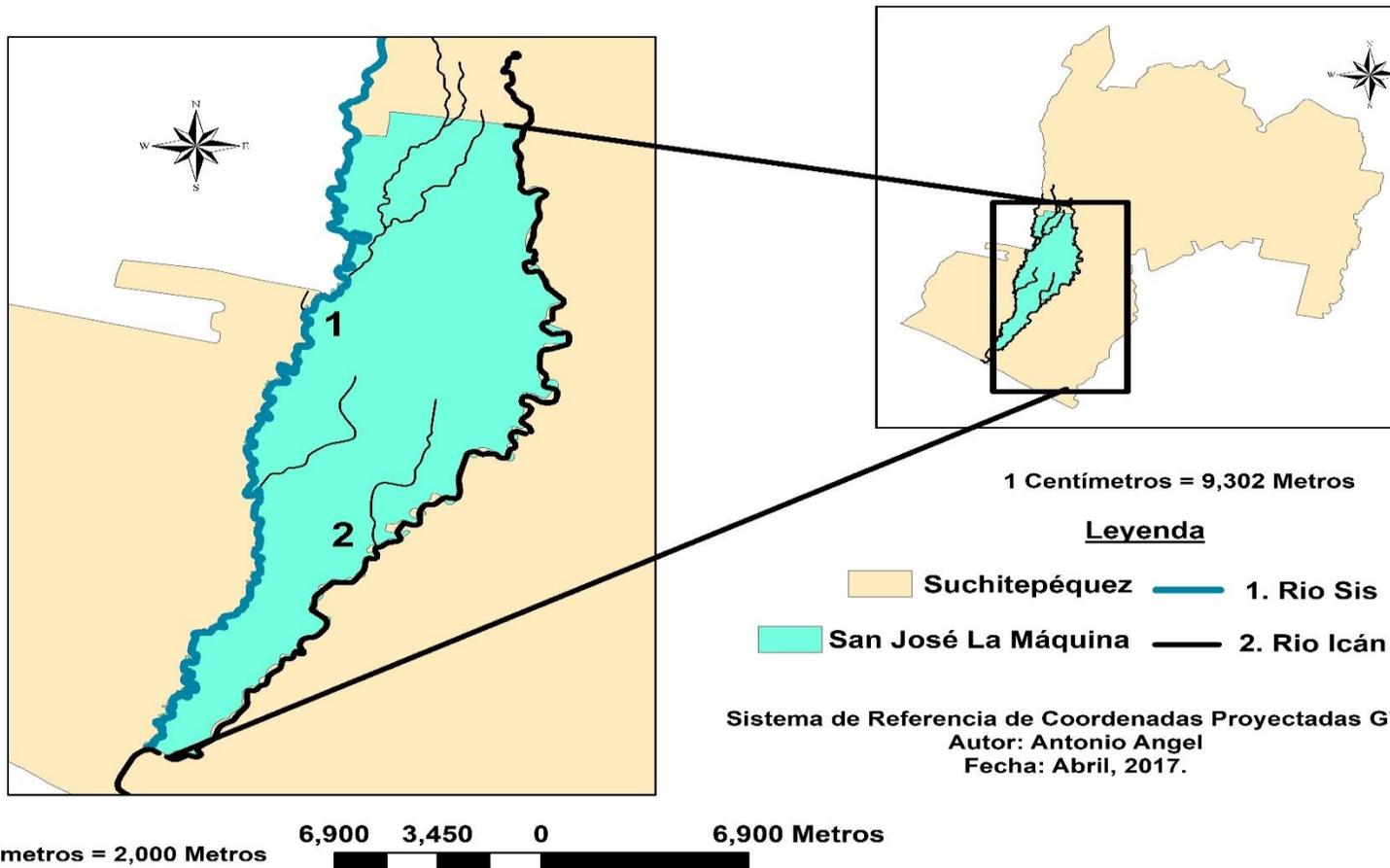
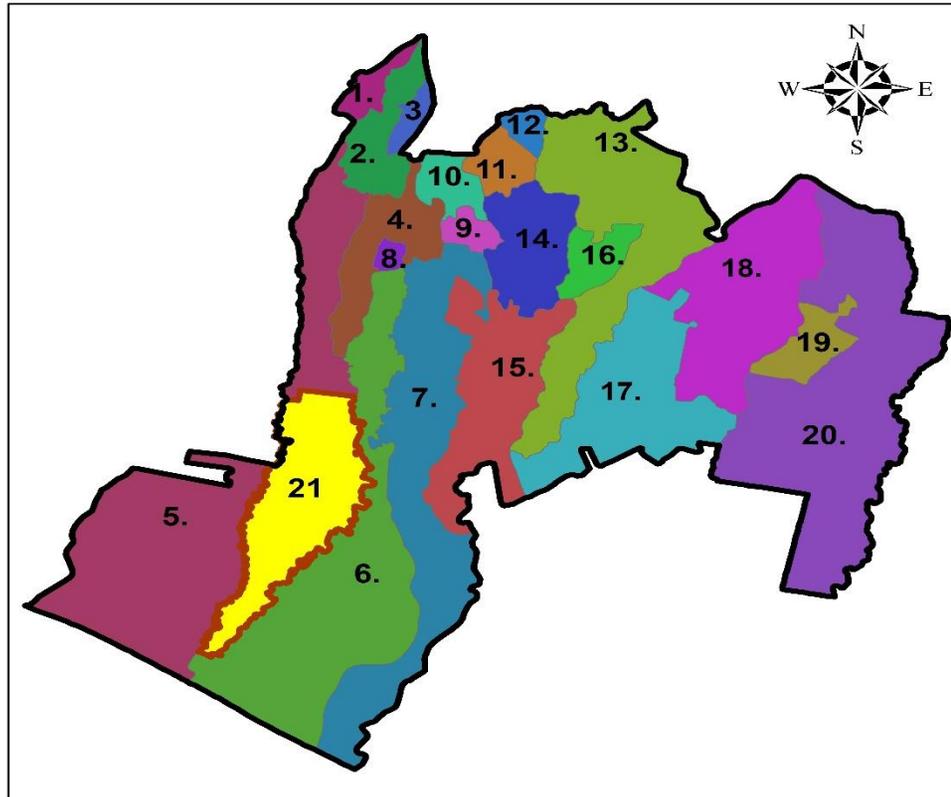


Figura No. 1 Ríos en San José La Máquina.

Nota: Elaborado con base a MAGA, 2006.



Límites y Colindancias del municipio de San José La Máquina, Suchitepéquez.



Leyenda

	Suchitepéquez
	21. San José La Máquina
	1. Pueblo Nuevo
	2. San Francisco Zapotitlán
	3. Zunilito
	4. Mazatenango
	5. Cuyotenango
	6. San Lorenzo
	7. Santo Domingo Suchitepéquez
	8. San Gabriel
	9. San Bernardino
	10. Samayac
	11. San Pablo Jocopilas
	12. Santo Tomas La Unión
	13. Chicacao
	14. San Antonio Suchitepéquez
	15. San José El Ídolo
	16. San Miguel Panám
	17. Río Bravo
	18. Santa Bárbara
	19. San Juan Bautista
	20. Patulul

1 Centímetros = 5,000 Metros



Sistema de Referencias de Coordenas Proyectadas GTM

Autor: Antonio Angel

Fecha: Abril, 2017.

Figura No. 2 Límites y colindancias del municipio de San José La Máquina, Suchitepéquez.

Nota: Elaborado con base a MAGA, 2006.

4.2 Marco teórico

4.2.1 Agua

Es un elemento esencial para la salud, tanto para las plantas como de los animales, es fundamental en la supervivencia del ser humano y el 70% del peso del cuerpo humano es agua. (FAO; 2002)

Es una molécula sencilla formada por tres átomos: uno de oxígeno y dos de hidrógeno, con enlaces polares que permiten establecer puentes de hidrógeno entre moléculas adyacentes. De ahí sus elevados puntos de fusión y ebullición, imprescindibles para que el agua se encuentre en estado líquido a la temperatura de la Tierra. (Carbajal; 2012)

Guatemala como país posee una alta disponibilidad de agua en sus ríos, lagos y demás cuencas. El país posee tres vertientes: Pacífico, Atlántico o Caribe y Golfo de México, siendo este último el de mayor caudal. Además, un 40% de la población en área rural no tiene acceso directo a agua potable, es decir, que de 100 personas que viven en el área rural, 40 no tienen acceso a agua para bañarse, lavar los platos o ropa, esas actividades comunes que muchos hacemos día con día. (Leal; 2013)

4.2.2 Agua potable

Es el agua de superficie tratada y no tratada que proviene de manantiales naturales, pozos y otras fuentes para satisfacer las necesidades metabólicas, higiénicas y domésticas. (Flores; 2010)

El agua potable es el agua que podemos consumir o beber sin que exista peligro para nuestra salud, no debe contener sustancias o microorganismos que puedan provocar enfermedades o perjudicar nuestra salud. Por eso, antes de que el agua llegue a nuestras casas, es necesario que sea tratado en una planta

potabilizadora. En estos lugares se limpia el agua y se trata hasta que está en condiciones adecuadas para el consumo humano. (Guzmán; 2012)

Desde las plantas potabilizadoras, el agua es enviada hacia nuestros hogares a través de una red de distribución de agua. (Guzmán; 2012)

4.2.3 Fuentes de contaminación de las aguas

Los principales contaminantes del agua pueden ser desechos generados por las actividades del ser humano: agrícola ganadero, domésticos, urbanas o industriales, clasificándolas en puntuales y no puntuales. (Korbut; 2006)

4.2.3.1 Fuentes puntuales

Las fuentes puntuales descargan contaminantes a través de tuberías, canales o alcantarillado a cuerpos de agua superficial. Debido a que las fuentes se encuentran en lugares específicos: áreas urbanas son muy fáciles de identificar, monitorear e inclusive regular. (Korbut; 2006)

4.2.4 Aguas residuales

Son aquellas aguas que han sido modificadas por las actividades del ser humano y por su calidad requieren un tratamiento previo para ser vertidas a un cuerpo natural de agua. (Rigola; 2008)

Las aguas residuales provienen de fuentes domésticas, industriales y algunas veces de escorrentía.

4.2.4.1 Aguas residuales domésticas

Son las provenientes de las actividades de la vida diaria como lavado de ropa, baño, preparación de alimentos, limpieza, etc. Estos desechos presentan un alto contenido de materia orgánica, detergentes y grasas. Su composición varía según los hábitos de la población que los genera. (Rigola; 2008)

4.2.4.2 Aguas residuales especiales

Son generadas por servicios públicos municipales, actividades de servicios, industriales, agrícolas, pecuarias, hospitalarias y todas aquellas que no sean de tipo ordinario, así como la mezcla de las mismas. (Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales; 2006).

4.2.4.3 Pluviales

Son originadas por el escurrimiento superficial de las lluvias que fluyen desde los techos, calles, jardines y demás superficies del terreno. Los primeros flujos de las aguas pluviales son generalmente muy contaminados debido al arrastre de basura y demás materiales acumulados en la superficie. (Rigola; 2008)

La naturaleza de esta agua varía según su procedencia: zonas urbanas, rurales, semi rurales y aún dentro de estas zonas se presentan enormes variaciones según el tipo de actividad o uso del suelo que se tenga. (Rigola; 2008)

4.2.5 Sistemas de tratamiento para aguas residuales.

El tratamiento de aguas residuales consiste en una serie de procesos físicos, químicos y biológicos que tienen como fin eliminar los contaminantes en el agua efluente del uso humano. El objetivo del tratamiento es producir agua limpia o reutilizable en el ambiente y un residuo sólido o fango (también llamado biosólido o lodo) convenientes para su disposición o reúso. Es muy común llamarlo depuración de aguas residuales para distinguirlo del tratamiento de aguas potables. (Hernández; 2014.)

Según Hernández (2014) Un sistema de tratamiento de agua residual se divide en:

- Pre-tratamiento
- Tratamiento primario
- Tratamiento secundario
- Tratamiento terciario

V. SISTEMA DE TRATAMIENTO PARA LAS AGUAS RESIDUALES DEL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE SAN JOSÉ LA MÁQUINA.

En la figura propuesta No. 8, pág. 20, se puede observar el esquema del sistema de tratamiento para las aguas residuales del casco urbano, el cual integra las descargas de los puntos: Faja 12, Rancho Alegre y puente A-11 Icán, éstas serán conectadas a través de la red del alcantarillado público.

El sistema de tratamiento de las aguas residuales para la Faja 12, Rancho Alegre y puente A-11 Icán deberá concentrarse en los niveles de contaminación de los parámetros de grasas y aceites, materia flotante, sólidos suspendidos, Demanda Bioquímica de Oxígeno (D.B.O.) y coliformes fecales según los resultados de los análisis físicos, químicos y microbiológicos.

A continuación, se detallan las etapas con las que deberá contar el sistema de tratamiento para las aguas residuales:

5.1 Pre-tratamiento

El pretratamiento busca la remoción de material sólido grueso a continuación se describen sus componentes:

- **Rejillas:** el objetivo es retener los sólidos más gruesos, como piedras, plásticos, papeles, entre otros, los espacios entre las barras no deben ser mayores de 25 mm, con un ángulo de inclinación entre 44 y 60 grados con respecto a la horizontal y con una altura de 5 hasta 15 metros.
- **Desarenador:** el objetivo es depositar en el fondo las arenas y gravas por medio de la gravedad, además es obligatoria su construcción en las plantas que tienen alto nivel de sedimentos.
- **Trampa de grasa:** el objetivo es retener las grasas encontradas en las aguas residuales las cuales provienen de actividades domésticas y de comercio (venta de comida), éstas grasas pueden dañar los procesos biológicos de la planta de tratamiento.



Figura No. 3 Pre-tratamiento del sistema de tratamiento.

Nota: Diseñado con asesoría de Ing. Aldo De León Fernández, 2017.

5.2 Tratamiento primario

Su propósito es remover contaminantes sedimentables como sólidos orgánicos suspendidos. A continuación, se detalla el sistema de tratamiento primario propuesto:

- Fosa séptica: está conformada por dos cámaras separadoras de las aguas, la primera cámara funciona por medio de las bacterias propias de las aguas residuales comenzando con la descomposición de los residuos orgánicos permitiendo que las aguas tratadas continúen a la segunda cámara repitiéndose el proceso anterior finalmente estas aguas tratadas pasan al segundo tratamiento, en todos estos procesos se producen gases y malos olores los cuales son expulsados de la fosa séptica cuando se abren las compuertas.



Figura No. 4 Fosa séptica, tratamiento primario.

Nota: Diseñado con asesoría de Ing. Aldo De León Fernández, 2017.

5.3 Tratamiento secundario

En esta etapa se eliminará la materia orgánica biodegradable contenida en las aguas residuales que contará con lo siguiente:

- Sistema filtrante percolador: su objetivo principal es reducir la carga orgánica presente en las aguas residuales, pueden ser de diferente material: rocas volcánicas, ripio clasificado de concreto, plásticos esféricos, entre otras, consistiendo en verter las aguas de forma continua mediante un mecanismo de distribución fijo con la ayuda de tubos de PVC.

El agua pasa de la parte superior hasta la inferior pasando por una capa viscosa formada por microorganismos aerobios y anaerobios (hongos y algas) que se adhieren en el material filtrante logrando filtrar el agua.

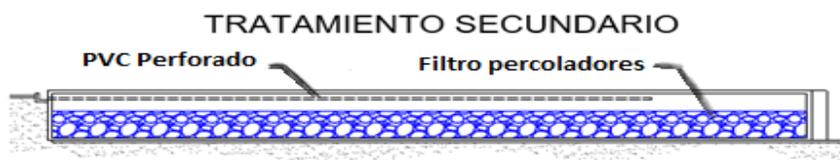


Figura No. 5 Filtro percolador, tratamiento secundario.

Nota: Diseñado con asesoría de Ing. Aldo De León Fernández, 2017.

5.4 Tratamiento terciario

Como propuesta de tratamiento terciario se proponen dos sistemas. El primero busca completar la remoción de sólidos que aún no se han logrado eliminar y el segundo enfocado a la remoción de microorganismos aun presentes. A continuación, se detallan:

- Filtros de lecho: Consisten en un tanque que contiene elementos granulares tales como arena cuya función es capturar los sólidos suspendidos y retenerlos hasta que son eliminados y retro lavados. Funcionan con gravedad y se distinguen de los filtros rápidos por su baja velocidad de filtración, además es un proceso simple y económico.

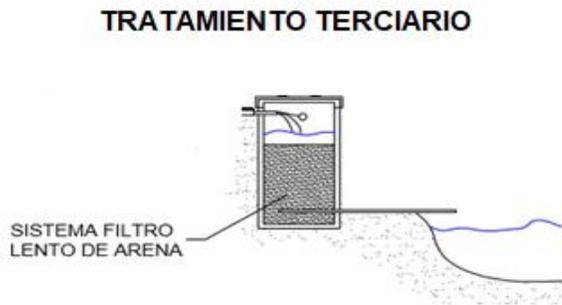


Figura No. 6 Filtro lento de arena, tratamiento terciario.

Nota: Diseñado con asesoría de Ing. Aldo De León Fernández, 2017.

- **Desinfección:** es un sistema fácil de operar con el fin de eliminar bacterias, algas, virus, protozoos y otros microorganismos existentes en el agua, a través de un tratamiento químico, el cual consiste en introducir productos clorados en forma de pastillas en el agua antes de ser descargada al río con el propósito de eliminar de forma sencilla y económica la mayor parte de los microorganismos, (bacterias, virus y hongos presentes).



Figura No. 7 Desinfección, tratamiento terciario.

Nota: Diseñado con asesoría de Ing. Aldo De León Fernández, 2017.

5.5 Disposición final de lodos

La etapa de tratamiento de lodos tiene como objetivo velar por la disposición final de los mismos. Esto conlleva inicialmente la remoción, lo cual permite un adecuado funcionamiento del sistema de tratamiento. Posteriormente el lodo se debe de tratar, buscando disminuir el volumen y peso que el contenido en agua generada. Por último, la disposición final podrá llevarse a cabo.

Los lodos serán extraídos de forma manual y la frecuencia de remoción de los lodos dependerá del volumen del lodo que se produce. Este volumen puede variar debido a las características del agua residual, del grado de tratamiento, el tiempo de sedimentación, la densidad de sólidos y del contenido de humedad.

En cada etapa del sistema de tratamiento, los lodos removidos serán llevados a un lecho de secado al aire. El proceso de secado consistirá en la evaporación del agua por el calor emitido por los rayos del sol, disminuyendo cada vez más el contenido de agua y por ende una reducción del volumen.

Los lodos serán aprovechados en la agricultura, estos se incorporarán al terreno para abastecer de nutrientes y renovar la materia orgánica del terreno.

5.6 Plan de acción

5.6.1 Materiales e insumos básicos para la construcción.

En el siguiente listado se mencionan los materiales e insumos básicos que son necesarios para la construcción del sistema de tratamiento propuesto para el casco urbano:

- ✓ Cemento
- ✓ Hierro
- ✓ Block de concreto
- ✓ Tubería PVC
- ✓ Arena
- ✓ Piedrín
- ✓ Madera
- ✓ Piedra
- ✓ Máquina para remover tierra
- ✓ Compactadora manual
- ✓ Mezcladora

5.6.2 Recurso humano

El sistema de tratamiento no requiere personal especializado, se propone contratar a dos personas encargadas de la operación y mantenimiento del sistema.

Las personas contratadas deberán llenar los siguientes requisitos:

1. Mayor de edad
2. Tener aprobado el nivel de educación básica.
3. Tener conocimientos de fontanería
4. Conocimiento en primeros auxilios

5.6.3 Operación y mantenimiento

Al funcionar el sistema de tratamiento de las aguas residuales es importante conocer las distintas etapas y procesos que realiza la planta, además es necesario que el operador utilice adecuadamente el equipo de protección personal para evitar cualquier accidente especialmente al tener contacto con el agua residual con la piel ojos, nariz y boca.

A continuación, se describe la operación y mantenimiento de cada elemento del sistema propuesto:

A) Pre-tratamiento

a. Rejillas:

- **OPERACIÓN**

1. Remover dos veces diarias el material retenido en las rejillas

- **MANTENIMIENTO**

1. Reparar o sustituir rejillas metálicas cuando se deterioren
2. Pintar las rejillas con anticorrosivo cada seis meses.
3. Reparar fugas en el canal.

b. Desarenador

- **OPERACIÓN**

Plan de gestión para las aguas residuales de San José La Máquina.

4. Hacer limpieza semanal para no dañar los siguientes procesos del sistema de tratamiento.
5. Al momento de la limpieza de uno de los dos canales del desarenador, se debe colocar la compuerta en el canal que se desea limpiar y abrir la compuerta del otro canal para que funcione.
6. La limpieza se hará de forma manual para lo cual el operador utilizará una pala, una carretilla, un par de guantes, una mascarilla, etc.

- **MANTENIMIENTO**

1. Reparar o sustituir las compuertas que están al inicio del canal desarenador cuando se deterioren.
2. Reparar fugas dentro del desarenador.

- c. **Trampa de grasas**

- **OPERACIÓN**

1. No ingresar sólidos a la trampa de grasa.
2. La trampa de grasa solo será descubierta cuando se realice limpieza.

- **MANTENIMIENTO**

1. Remover una vez al día los aceites y las grasas de la trampa.
2. Verificación de su estado físico como paredes, tapas, entre otras.

B) Tratamiento primario

- a. **Fosa séptica**

- **OPERACIÓN**

1. Mantener cerradas las compuertas de la fosa séptica
2. Controlar los niveles de lodos y natas en el tanque; para esto se introducirá una vara en la entrada o salida para que se pueda observar el espesor de la capa de lodos una vez en el día.

- **MANTENIMIENTO**

1. Limpiar la fosa séptica a cada tres meses
2. Extraer los materiales flotantes a cada dos meses
3. Cada año inspeccionar alguna fractura o fuga de agua.
4. Extraer los lodos cuando pasen un $\frac{1}{4}$ de profundidad de la fosa séptica.

C) Tratamiento secundario

a. Sistema filtrante

- **OPERACIÓN**

1. La tubería de PVC siempre debe mantener el paso de flujo del agua.

- **MANTENIMIENTO**

1. Revisar a cada 20 días la consistencia de los tubos que recolectan el agua y observar que no existan obstrucciones.
2. Limpiar a cada tres meses la tubería y extraer los lodos sin que el filtro deje de funcionar.

D) Tratamiento terciario

a. Filtro lecho

- **OPERACIÓN**

1. Se destapará el filtro únicamente cuando se realice el mantenimiento a cada mes.

- **MANTENIMIENTO**

1. Remover cada cuatro meses la arena o cuando requiera el proceso.
2. Limpiar el tubo de salida cada mes utilizando agua y jabón o solución de cloro.

b. Desinfección

- **OPERACIÓN**

1. Mantener las llaves de la desinfección abiertas y cerrarlas cuando se cambien los filtros.

- **MANTENIMIENTO**

1. Cambiar las pastillas de cloro cada 15 días.

E) Disposición final de lodos.

a. Secado de lodos

OPERACIÓN

1. Cuando comience la formación de grietas con los lodos se deberá remover en forma manual con la ayuda de un rastrillo o pala para acelerar el proceso de evaporación.
2. El tiempo de secado va depender directamente de las condiciones climáticas y meteorológicas desde el momento de extraer los lodos de los tratamientos.

MANTENIMIENTO

1. Verificar el estado físico de paredes y plancha del lecho de secado.
2. Almacenar los lodos secados en un tanque metálico.

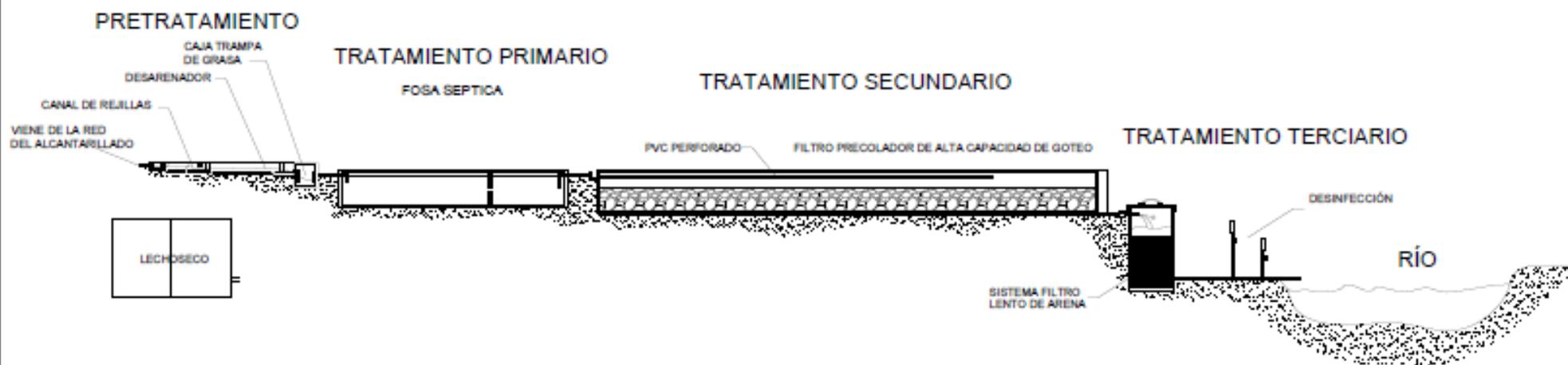


Figura No. 8 Propuesta del sistema de tratamiento para la comunidad de faja 12, puente A-11 Ican y Rancho Alegre.

Fuente: Diseñado con asesoría del Ing. Antonio De León Fernández, 2017.

		UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA CENTRO UNIVERSITARIO DEL SUR OCCIDENTE INGENIERIA EN GESTION AMBIENTAL
MUNICIPIO DE SAN JOSE LA MADRUGA DEL DEPARTAMENTO DE SACATEPEQUEZ		
FECHA:	AGOSTO 2017	PROYECTO DE INVESTIGACION: FUNDACION DE LAS INGENIERIAS DEL CARRIL URBANO DEL CENTRO I DEL MUNICIPIO DE SAN JOSE LA MADRUGA
ESCALA:	1:500	CONTIENE: PLANO GENERAL DEL SISTEMA T.A.R.
NOMBRE: ANTONIO ANGEL CON BASE ING. ANTONIO DE LEÓN FERNÁNDEZ		HOJA 1 / 1

VI. SISTEMA DE TRATAMIENTO PARA LAS AGUAS DEL RASTRO MUNICIPAL

En la figura No. 13, página 29, se observa la propuesta del sistema de tratamiento para las aguas generadas en el Rastro Municipal del municipio de San José La Máquina, para poder disminuir los parámetros grasos y aceites, sólidos suspendidos, potencial de hidrógeno y coliformes fecales.

A continuación, se describen las etapas del sistema de tratamiento:

6.1 Tratamiento primario

Su propósito es remover contaminantes sedimentables como sólidos orgánicos y la formación de biogás. A continuación, se detalla el sistema de tratamiento primario propuesto:

- **Biodigestor:** su propósito es la descomposición de la materia orgánica de las excretas de origen animal sin la presencia de oxígeno mediante bacterias alojadas en el interior con condiciones controladas de humedad y temperatura.

Las bacterias consumen el carbono y el nitrógeno, como resultado se produce una combinación de gases, formado por metano, anhídrido carbónico, monóxido de carbono y anhídrido sulfuroso, entre otros para la formación del biogás como resultado en la fermentación anaerobia de los sustratos orgánicos que será aprovechado en las instalaciones del Rastro Municipal.

Los alimentos de las bacterias anaeróbicas son el carbono (en la forma de carbohidratos) y el nitrógeno (en proteínas, nitratos, entre otros). El carbono se utiliza para obtener energía y el nitrógeno para la construcción de estructuras celulares.

El biodigestor funcionará en cuatro etapas:

Plan de gestión para las aguas residuales de San José La Máquina.

1. El agua ingresa hasta el fondo donde es separada del lodo y agua.
2. Las bacterias comienzan la descomposición para la formación del biogás y el agua pasa a través de la cama de lodos
3. El biogás será almacenado en un tanque de plástico.
4. El agua sube y pasa por el filtro percolador reteniendo otra parte de la contaminación.

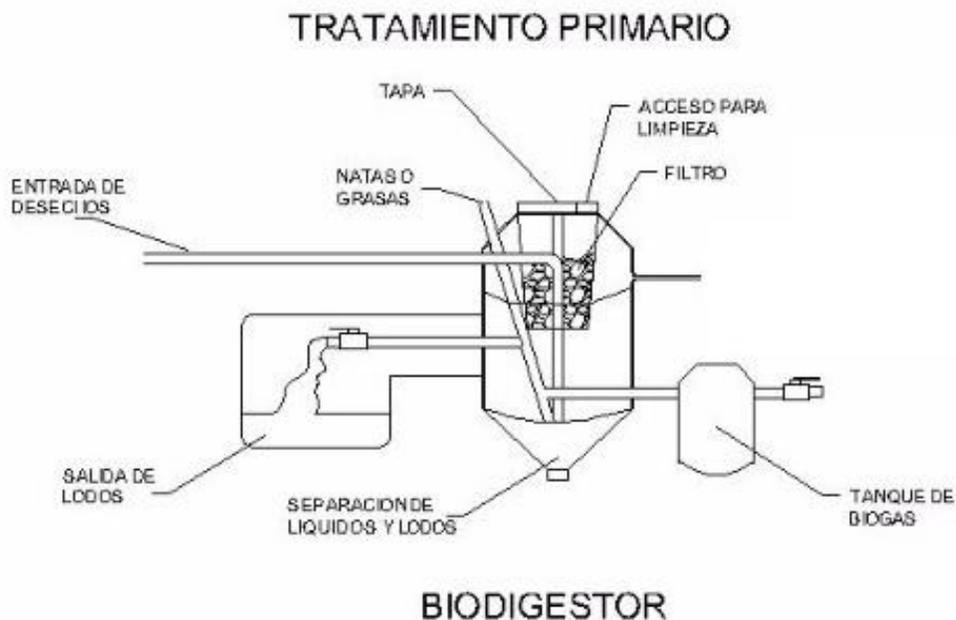


Figura No. 9 Biodigestor, tratamiento primario.

Nota: Diseñado con asesoría de Ing. Aldo De León Fernández, 2017.

6.2 Tratamiento secundario

En esta etapa se eliminará la materia orgánica biodegradable, el tratamiento contará lo siguiente:

- Sistema filtrante percolador: su objetivo principal es reducir la carga orgánica presente en las aguas residuales, pueden ser de diferente material: rocas volcánicas, ripio clasificado de concreto, plásticos esféricos, entre otras, consistiendo en verter las aguas de forma continua mediante un mecanismo de distribución fijo con la ayuda de tubos de PVC.

Plan de gestión para las aguas residuales de San José La Máquina.

El agua pasa de la parte superior hasta la inferior pasando por una capa viscosa formada por microorganismos aerobios y anaerobios (hongos y algas) que se adhieren en el material filtrante logrando filtrar el agua.

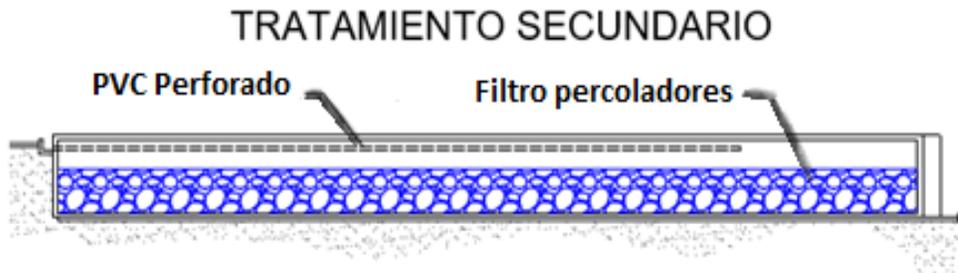


Figura No. 10 Sistema Filtrante percoladores, tratamiento secundario.

Nota: Diseñado con asesoría de Ing. Aldo De León Fernández, 2017.

6.3 Tratamiento terciario

Como propuesta de tratamiento terciario se proponen dos sistemas. El primero busca completar la remoción de sólidos que aún no se han logrado eliminar y el segundo enfocado a la remoción de microorganismos aun presentes. A continuación, se detallan:

- Filtros de lecho: Consisten en un tanque que contiene elementos granulares tales como arena que captura los sólidos suspendidos y los retiene hasta que son eliminados y retro lavados. Funcionan con gravedad impulsada y se distinguen de los filtros rápidos por su baja velocidad de filtración, además es un proceso simple y económico.



Figura No. 11 Sistema filtro lento de arena, tratamiento terciario.

Nota: Diseñado con asesoría de Ing. Aldo De León Fernández, 2017.

Plan de gestión para las aguas residuales de San José La Máquina.

- **Desinfección:** es un sistema fácil de operar con el fin de eliminar bacterias, algas, virus, protozoos y otros microorganismos existentes en el agua, se eliminará a través:

*Tratamiento químico: este proceso consiste en introducir productos clorados en forma de pastillas en el agua antes de ser descargada al río con el propósito de eliminar de forma sencilla y económica la mayor parte de los microbios, bacterias, virus y los gérmenes presentes.



Figura No. 12 Desinfección, tratamiento terciario.

Nota: Diseñado con asesoría de Ing. Aldo De León Fernández, 2017.

6.4 Disposición final de lodos

La etapa de tratamiento de lodos tiene como objetivo velar por la disposición final de los mismos. Esto conlleva inicialmente la remoción, lo cual permite un adecuado funcionamiento del sistema de tratamiento. Posteriormente el lodo se debe de tratar, buscando disminuir el volumen y peso que el contenido en agua genera. Por último, la disposición final podrá llevarse a cabo.

Los lodos serán extraídos de forma manual y la frecuencia de remoción de los lodos dependerá del volumen del lodo que se produce. Este volumen puede variar debido a las características del agua residual, del grado de tratamiento, el tiempo de sedimentación, la densidad de sólidos y del contenido de humedad.

En cada etapa del sistema de tratamiento, los lodos removidos serán llevados a un lecho de secado al aire. El proceso de secado consistirá en la evaporación del

Plan de gestión para las aguas residuales de San José La Máquina.

agua por el calor emitido por los rayos del sol, disminuyendo cada vez más el contenido de agua y por ende una reducción del volumen.

Los lodos serán aprovechados en la agricultura, estos se incorporarán al terreno para abastecer de nutrientes y renovar la materia orgánica del terreno.

6.5 Plan de acción

6.5.1 Materiales e insumos básicos para la construcción del sistema de tratamiento.

En el siguiente listado se mencionan los materiales e insumos básicos necesarios para la construcción del sistema de tratamiento de las aguas del Rastro Municipal del casco urbano:

- ✓ Cemento
- ✓ Hierro
- ✓ Block de concreto
- ✓ Tubería PVC
- ✓ Arena
- ✓ Piedrín
- ✓ Madera
- ✓ Piedra
- ✓ Máquina para remover tierra
- ✓ Compactadora manual
- ✓ Mezcladora

6.5.2 Recurso humano

El sistema de tratamiento no requiere personal especializado, se propone contratar a dos personas para la operación y mantenimiento del sistema.

Las personas contratadas deberán llenar los siguientes requisitos:

1. Ser mayor de edad
2. Tener aprobado el nivel de educación básica.
3. Tener conocimientos de fontanería
4. Tener conocimiento en primeros auxilios

6.5.3 Operación y mantenimiento del sistema propuesto

Al funcionar el sistema de tratamiento de las aguas residuales es importante conocer las distintas etapas y procesos que realiza la planta, además es necesario que el operador utilice adecuadamente el equipo de protección personal para evitar cualquier accidente especialmente al tener contacto con el agua residual el contacto con la piel, ojos, nariz y boca.

A continuación, se describe la operación y mantenimiento de cada fase del sistema propuesto:

A) Tratamiento primario

a. Biodigestor

• OPERACIÓN

1. La tapa del biodigestor debe estar cerrada en todo el proceso.
2. Solo debe ingresar material orgánico.

• MANTENIMIENTO

1. El filtro debe limpiarse cada 6 meses
2. Observar que no existan fugas de agua diariamente.
3. Remover los lodos cada cuatro días.

B) Tratamiento secundario

a. Sistema filtrante

- **OPERACIÓN**

1. La tubería de PVC siempre debe mantener el paso de flujo del agua.

- **MANTENIMIENTO**

1. Revisar a cada 20 días la consistencia de los tubos que recolectan el agua y observar que no existan obstrucciones.
2. Limpiar a cada tres meses la tubería y extraer los lodos sin que el filtro deje de funcionar.

C) Tratamiento terciario

a. Filtro lecho

- **OPERACIÓN**

1. Se destapará el filtro únicamente cuando se realice el mantenimiento a cada mes.

- **MANTENIMIENTO**

1. Remover cada cuatro meses la arena o cuando requiera el proceso.
2. Limpiar el tubo de salida cada mes utilizando agua y jabón o solución de cloro.

b. Desinfección

- **OPERACIÓN**

1. Mantener las llaves de la desinfección abiertas y cerrarlas cuando se cambie los filtros.

- **MANTENIMIENTO**

1. Cambiar las pastillas de cloro cada 15 días.

D) Disposición final de lodos.

a. Lecho secado

- **OPERACIÓN**

1. Cuando comience la formación de grietas con los lodos se deberá remover en forma manual con la ayuda de un rastrillo o pala para acelerar el proceso de evaporación.
2. El tiempo de secado va depender directamente de las condiciones climáticas y meteorológicas desde el momento de extraer los lodos de los tratamientos.

- **MANTENIMIENTO**

1. Verificar el estado físico de paredes y plancha del lecho de secado.
2. Almacenar los lodos secados en un tanque metálico.



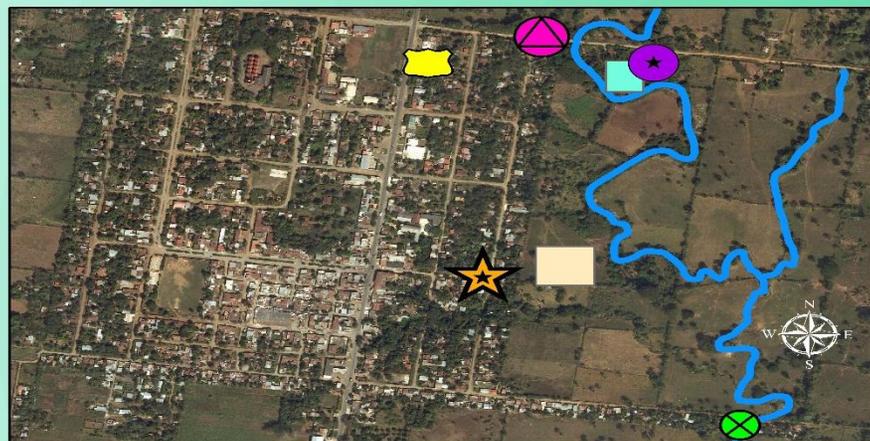
Figura No. 13 Propuesta del sistema de tratamiento de las aguas residuales generadas en el Rastro Municipal.

Fuente: Diseñado con asesoría del Ing. Antonio De León Fernández, 2017.

		UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA CENTRO UNIVERSITARIO DEL SUR OCCIDENTE INGENIERIA EN GESTION AMBIENTAL
<small>MUNICIPIO DE SAN JOSÉ LA SIERRA DEPARTAMENTO DE SUCHITEPEQUE</small>		<small>PROYECTO DE INVESTIGACIÓN: EVALUACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES DEL CASCO URBANO DEL CENTRO DEL MUNICIPIO DE SAN JOSÉ LA SIERRA</small>
<small>FECHA:</small> AGOSTO 2017	<small>ESCALA:</small> 1:00	<small>HOLJA:</small> 1 / 1
<small>NOMBRE:</small> ANTONIO ANGEL CON BASE ING. ANTONIO DE LEÓN FERNÁNDEZ		

VII. UBICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE TRATAMIENTO.

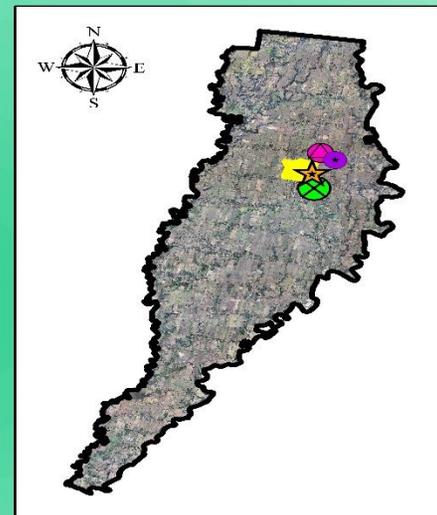
Ubicación de las propuestas del sistema de tratamiento para las aguas residuales y del Rastro Municipal.



1 Centímetros = 95 Metros 450 225 0 450 Metros

Leyenda

- Río Jabalí
- San José La Máquina.
- Municipalidad
- Rastro Municipal
- Rancho Alegre Icán
- Descarga de Aguas Residuales en la Faja 12 Icán
- Línea A 11 Icán puente Jabalí
- Sistema de Tratamiento Faja 12, Rancho Alegre y Puente A-11 Ican
- Sistema de Tratamiento para el Rastro Municipal



1 Centímetros = 2,400 Metros

Sistema de Referencias de Coordenadas Proyectadas GTM

**Autor: Antonio Angel
Fecha: Abril, 2017.**



Figura No. 14 Mapa de ubicación de los sistemas de tratamiento en el casco urbano del municipio de San José La Máquina, Suchitepéquez.

Nota: Elaborado con base a MAGA, 2006.

Plan de gestión para las aguas residuales de San José La Máquina.

En la figura No. 14 se puede observar que el cuadro de color rosado representa la propuesta del sistema de tratamientos para la comunidad Faja 12, Rancho Alegre y del puente A-11 Icán, con coordenadas:

Lado Norte: $14^{\circ} 18' 09.38''$

Lado Oeste: $91^{\circ} 33' 46.87''$

Con una área total de 1089 m^2 para construir.

El cuadro celeste representa la propuesta para el sistema de tratamiento para el Rastro Municipal con coordenadas:

Lado Norte: $14^{\circ} 18' 26.81''$

Lado Oeste: $91^{\circ} 33' 33.22''$

Con una área total de 650 m^2 para construir.

VIII. PRESUPUESTO PARA LOS SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.

A continuación, se presentan los costos directos e indirectos del presupuesto de los proyectos de los sistemas de tratamiento de aguas residuales para el municipio de San José La Máquina, Suchitepéquez.

El presupuesto se calculó estimando un tiempo de ejecución de la obra en 12 meses incluyendo el salario para 16 trabajadores y el personal administrativo.

Plan de gestión para las aguas residuales de San José La Máquina.

Cuadro No. 1 Presupuesto para el sistema de tratamiento de la comunidad Faja 12, Rancho Alegre y puente A-11 Icán, San José La Máquina.

COSTOS DIRECTOS		
Fase de tratamiento	Materiales	Costo
Pretratamiento	Construcción para rejillas, desarenador, muros, cubierta y trampa de grasa.	Q 49,477.25
	Construcción del canal para rejillas, desarenador y trampa de grasa	Q 15,070.00
Primario	Construcción de muros, vigas, columnas y acabados de fosa séptica	Q 31,326.00
	Construcción de losa y tapadera de fosa séptica	Q 37,319.20
Secundario	Construcción de muros, vigas, columnas y acabados	Q 29,690.00
	Relleno del sistema de tratamiento secundario	Q 137,175.00
Terciario	Sistema de desinfección del agua + instalación	Q 10,000.00
	Construcción de muros, vigas, columnas y acabados para el filtro de arena	Q 44,955.00
	Construcción de losa y tapadera de filtro de arena	Q 13,390.00
	Materiales de relleno del filtro de arena	Q 60,500.00

Fuente: Elaborado con base a cotización realizadas en comercios de Mazatenango y Retalhuleu, Guatemala con asesoría del arquitecto Jorge Martínez, 2017.

Plan de gestión para las aguas residuales de San José La Máquina.

Continuación del cuadro No. 1

Fase de tratamiento	Materiales	Costo
Terciario	Construcción de lecho seco de muros y losa de piso.	Q 49,675.00
Total		Q 478,577.45
COSTOS INDIRECTOS		
Descripción		Costo
Trabajadores		Q 336,000.00
Supervisor		Q 66,000.00
Arquitecto		Q 114,000.00
Oficina		Q 45,000.00
Total		Q 561,000.00
RESUMEN DE COSTOS DIRECTO/INDIRECTO		COSTO
Total de costo directo		Q 478,577.45
Total de costo indirecto		Q 561,000.00
Total		Q1,039,577.45

Fuente: Elaborado con base a cotización realizadas en comercios de Mazatenango y Retalhuleu, Guatemala con asesoría del arquitecto Jorge Martínez, 2017.

El costo total para la construcción de la propuesta del sistema de tratamiento de aguas residuales de la comunidad Faja 12, Rancho Alegre, puente A-11 Icán es de Q 1,039,577.45

Plan de gestión para las aguas residuales de San José La Máquina.

Cuadro No. 2 Presupuesto para el sistema de tratamiento de agua residual tipo especial del Rastro Municipal, San José La Máquina.

COSTO DIRECTO		
Fase de tratamiento	Materiales	Costo
Primario	Biodigestor marca Rotoplas + instalación	Q 60,000.00
	Tanque vertical para Biogás	Q 47,500.00
	Área de lecho seco e imprevisto general	Q82,580.00
Secundario	Construcción de muros, vigas, columnas y acabados	Q. 74,810.00
	Relleno del sistema de tratamiento secundario	Q. 77,770.00
Terciario	Sistema de desinfección de agua + instalación	Q 10,000.000
	Construcción de muros, vigas, columnas y acabados del filtro de arena	Q56,955.00
	Construcción de losa y tapadera de filtro de arena	Q13,390.00
	Materiales de relleno del filtro de arena	Q 25,000.00

Fuente: Elaborado con base a cotización realizadas en comercios de Mazatenango y Retalhuleu, Guatemala con asesoría del arquitecto Jorge Martínez, 2017.

Plan de gestión para las aguas residuales de San José La Máquina.

Continuación del cuadro No. 2

Total	Q 448,005.00
COSTOS INDIRECTOS	
Descripción	Costo
Trabajadores	Q 336,000.00
Supervisor	Q 66,000.00
Arquitecto	Q 114,000.00
Oficina	Q 25,000.00
Total	Q 541,000.00
RESUMEN DE COSTOS DIRECTO/INDIRECTO	
Costos directos	Q 448,005.00
Costos indirectos	Q 541,000.00
Total	Q 989,005.00

Fuente: Elaborado con base a cotización realizadas en comercios de Mazatenango y Retalhuleu, Guatemala con asesoría del arquitecto Jorge Martínez, 2017.

El costo total para la construcción de la propuesta del sistema de tratamiento del Rastro Municipal es de Q 989,005.00

IX. BIBLIOGRAFÍA

59. Carbajal, M. 2012. Propiedades y funciones biológicas del agua. (En Línea). Consultado el 21 de abril de 2017. Disponible en: <https://www.ucm.es/data/cont/docs/458-2013-07-24-Carbajal-Gonzalez-2012-ISBN-978-84-00-09572-7.pdf>
60. Coordinadora Municipal para la Reducción de Desastres. 2017. Información de población del municipio de San José La Máquina, Suchitepéquez. Municipalidad de San José La Máquina, Suchitepéquez, Guatemala. 1 p.
61. FAO.2002. Agua y nutrición básica. (En Línea). Consultado el 31 de marzo de 2017. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/006/w0073s/w0073s0c.htm>
62. Flores, C. 2010. Contaminación del agua. (En Línea). Consultado el 31 de marzo de 2017. Disponible en: http://www.ugr.es/~fgarciac/pdf_color/tema4%20%5BModo%20de%20compatibilidad%5D.pdf
63. García, R. 2014. Río Sis, Suchitepéquez. (En Línea). Consultado el 6 de abril de 2017. Disponible en: http://www.deguate.com/artman/publish/georios/rio-sis-suchitepequez.shtml#.WOa9O4g1_IU
64. Guzmán, P. 2012. Agua potable. (En Línea). Consultado el 21 de abril de 2017. Disponible en: <http://www.oocities.org/edrochac/sanitaria/parametros1.pdf>

65. Hernández, J. 2014. Comparación de costos entre una planta de tratamiento de aguas residuales domésticas prefabricada y una construida en sitio. Tesis Ingeniero Civil. Guatemala, Guatemala. USAC. Facultad de ingeniería. 110 p.
66. Instituto Nacional de sismología, vulcanología, meteorología e hidrología. 2015. Datos meteorológicos por departamentos. (En Línea). Consultado el 21 de abril del 2017. Disponible en: www.insivumeh.gob.gt/meteorologia/ESTADISTICAS.htm
67. Ixcoy, D. 2016. Memorias de labores 2016. Municipalidad de San José La Máquina, Suchitepéquez, Guatemala. 41 p.
68. Korbut, S. 2006. contaminación en agua. (En Línea). Consultado el 31 de marzo de 2017. Disponible en: <http://www.ingenieroambiental.com/agua2.pdf>
69. Leal, M. 2013. Agua: un recurso para todos. (En Línea). Consultado el 1 de marzo de 2017. Disponible en: brújula.com.gt/agua-un-recurso-para-todos/
70. Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación. 2006. Shapes y ortofotos. Suchitepéquez, Guatemala.
71. Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. 2006. Acuerdo gubernativo 138-2017. (En Línea). Consultado el 31 de marzo de 2017. Disponible en: <http://www.marn.gt/wp-content/uploads/2016/04/07-Acuerdo-Gubernativo-236-2006.pdf>

72. Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. 2006. Acuerdo gubernativo 236-2006. (En Línea). Consultado el 31 de marzo de 2017. Disponible en: <http://www.marn.gt/wp-content/uploads/2016/04/07-Acuerdo-Gubernativo-236-2006.pdf>
73. Morales, G. 1991. Centro Uno La Máquina. (En Línea). Consultado el 13 de marzo de 2017. Disponible en: <http://gilmorales1991.wixsite.com/centro1/historia>
74. Orozco, I. 2012. Diagnóstico socioeconómico, potencialidades productivas y propuestas de inversión. Tesis Licenciado Contador Público y Auditor. Guatemala, GT. USAC. Facultad de ciencias económicas. 555 p.
75. Quiñónez, S; Vela, L; Pèrez, K; Montùfar, L. 2014. Plan estratégico territorial (PET) del Municipio de San José La Máquina, Suchitepéquez. Planificación del territorio. Guatemala. USAC. Maestría: Ciencia y Tecnología del Recurso Hídrico. 60 p.
76. Rigola, M. 2008. Tratamiento de aguas residuales. (En Línea). Consultado el 31 de marzo de 2017. Disponible en: <http://fluidos.eia.edu.co/hidraulica/articulos/interesantes/tratamiento-residuales/tratamiento-residuales.html>



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala



Mazatenango, Suchitepéquez, 23 de noviembre de 2017.

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

Respetable ingeniera Cárdenas:

Muy respetuosamente me dirijo a usted, para presentarle el Informe Final de Investigación Inferencial titulado **“Evaluación de las aguas residuales generadas en el casco urbano de San José La Máquina, Suchitepéquez”**, realizado por el estudiante Antonio de Jesús Ángel Almaraz, quien se identifica con número de carné 200916257, dentro del programa de Ejercicio Profesional Supervisado de la carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental Local – EPSIGAL-.

Este documento se presenta para que de acuerdo con el artículo 6, inciso 6.4 del Normativo de Trabajo de Graduación, pueda a través de sus buenos oficios darse el procedimiento para poder ser considerado **Trabajo de Graduación**, para la obtención del título de Ingeniero en Gestión Ambiental Local

Sin otro en particular, con mis más altas muestras de estima y respeto.

Atentamente,

Ing. Sharon Ivelisse Frisselene Quiñónez Melgar
Supervisora EPSIGAL
CUNSUROC

Mazatenango 15 de febrero de 2018

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

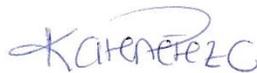
Respetable Ingeniera Cárdenas:

Respetuosamente me dirijo a usted para informarle que de acuerdo al artículo nueve, del Normativo de Trabajo de Graduación de la carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental Local, se realizó la revisión y observaciones de la investigación titulada **“Evaluación de las aguas residuales generadas en el casco urbano de San José La Máquina, Suchitepéquez”** presentado por el estudiante **Antonio de Jesús Angel Almaraz**, quien se identifica con carne **200916257** y CUI **1667783971101**

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

Respetuosamente, se despide de usted.

Atentamente



MSc. Karen Rebeca Pérez Cifuentes
Revisor de Trabajo de Graduación
Ingeniería en Gestión Ambiental Local
CUNSUROC

Mazatenango 12 de mazo 2018

Dr. Guillermo Vinicio Tello Cano
Director
Centro Universitario de Suroccidente

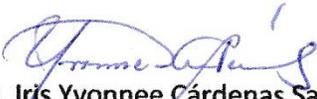
Respetable Señor Director:

De la manera más atenta, me dirijo a usted para referirle el Informe Final de Trabajo de Graduación titulado "**Evaluación de las aguas residuales generadas en el casco urbano de San José La Máquina, Suchitepéquez**", del estudiante **Antonio De Jesús Angel Almaraz**, con carné número **200916257**, de la Carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental Local.

Con base en el dictamen favorable emitido y suscrito por la MSc. Karen Rebeca Pérez de Prera revisora del informe, el cual fue corregido de acuerdo a las recomendaciones indicadas.

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

Sin otro particular


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

Universidad de San Carlos de Guatemala
Centro Universitario de Sur Occidente

INGENIERÍA
EN GESTIÓN AMBIENTAL
LOCAL



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

CUNSUROC/USAC-I-03-2018

DIRECCION DEL CENTRO UNIVERSITARIO DEL SUROCCIDENTE,
Mazatenango, Suchitepéquez, el treinta de abril de dos mil dieciocho-----

Encontrándose agregados al expediente los dictámenes del Asesor y Revisor, se autoriza la impresión del Trabajo de Graduación Titulado: **“EVALUACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES GENERADAS EN EL CASCO URBANO DE SAN JOSÉ LA MÁQUINA, SUCHITEPÉQUE”** del estudiante: Antonio de Jesús Angel Almaraz, Carné 200916257 de la Carrera Ingeniería en Gestión Ambiental Local.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Guillermo Vinicio Tello C.", written over a horizontal line.

Dr. Guillermo Vinicio Tello C.
Director



/gris