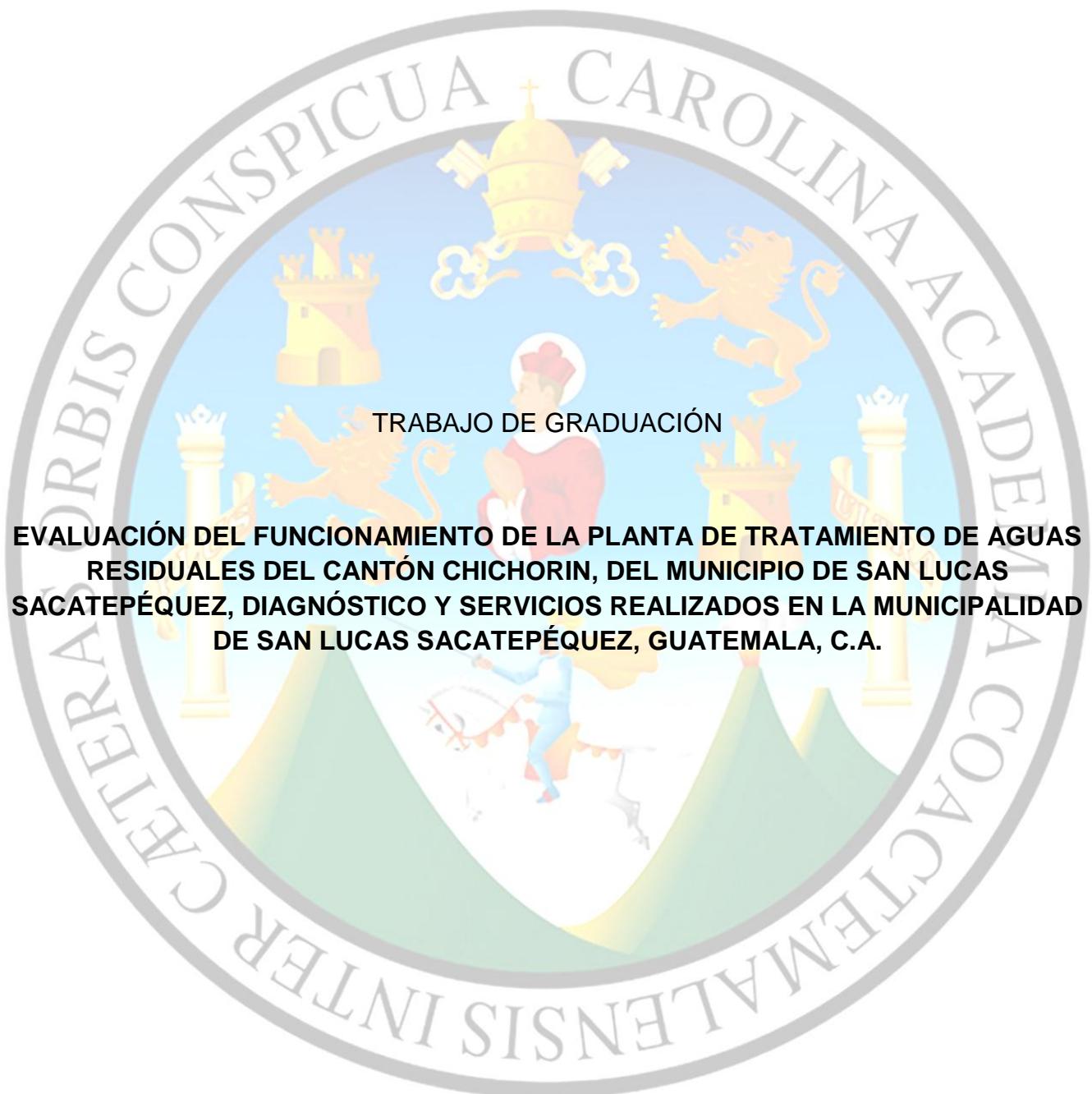


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

ÁREA INTEGRADA



EVALUACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS  
RESIDUALES DEL CANTÓN CHICHORIN, DEL MUNICIPIO DE SAN LUCAS  
SACATEPÉQUEZ, DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS REALIZADOS EN LA MUNICIPALIDAD  
DE SAN LUCAS SACATEPÉQUEZ, GUATEMALA, C.A.

KARINA DESIREÉ RABANALES BRAVO

GUATEMALA, MAYO DE 2,015



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

ÁREA INTEGRADA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

**EVALUACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS  
RESIDUALES DEL CANTÓN CHICORIN, DEL MUNICIPIO DE SAN LUCAS  
SACATEPÉQUEZ, DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS REALIZADOS EN LA MUNICIPALIDAD  
DE SAN LUCAS SACATEPÉQUEZ, GUATEMALA, C.A.**

PRESENTADA A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE  
AGRONOMÍA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

POR

KARINA DESIREÉ RABANALES BRAVO

EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO

INGENIERA AGRÓNOMA

EN

GESTIÓN AMBIENTAL LOCAL

EN EL GRADO ACADÉMICO DE

LICENCIADO

GUATEMALA, MAYO DE 2,015



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA

RECTOR

DR. CARLOS GUILLERMO ALVARADO CEREZO

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

VOCAL I	DR.	ARIEL ABDERRAMÁN ORTIZ DE LÓPEZ
VOCAL II	ING. AGR.	MSC. CÉSAR LINNEO GARCÍA
VOCAL III	ING. AGR.	ERBERTO RAÚL ALFARO ORTIZ
VOCAL IV	P. AGR.	JOSUÉ BENJAMÍN BOCHE LÓPEZ
VOCAL V	BR.	SERGIO ALEXSANDER SOTO ESTRADA
SECRETARIO	DR.	MYNOR RAÚL OTZOY ROSALES

GUATEMALA, MAYO DE 2,015



Guatemala mayo de 2,015

Honorable Junta Directiva  
Honorable Tribunal Examinador  
Facultad de Agronomía  
Universidad de San Carlos de Guatemala

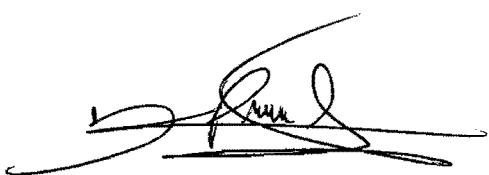
Honorables miembros:

De conformidad con las normas establecidas por la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración, el trabajo de graduación: **EVALUACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL CANTÓN CHICORÍN, DEL MUNICIPIO DE SAN LUCAS SACATEPÉQUEZ, DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS REALIZADOS EN LA MUNICIPALIDAD DE SAN LUCAS SACATEPÉQUEZ, GUATEMALA, C.A.**, como requisito previo a optar al título de Ingeniera Agrónoma en Gestión Ambiental Local, en el grado académico de Licenciado.

Esperando que el mismo llene los requisitos necesarios para su aprobación, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"



KARINA DESIREÉ RABANALES BRAVO



## ACTO QUE DEDICO

A:

DIOS:

Por darme la vida, por ser mi guía en este largo recorrido y brindarme la oportunidad de terminar este ciclo.

MIS PADRES:

Erick Aroldo Rabanales Barrios y Elizabeth Bravo Koppel de Rabanales, por ser mi ejemplo a seguir, por ser mi inspiración día a día, por todo el apoyo incondicional que siempre me brindan y por los consejos que cada vez me hacen una mejor persona. Este triunfo es de ustedes. Gracias por todo, los amo.

MIS HERMANOS:

Erick Aroldo y Ana Elizabeth, por ser un claro ejemplo que lo que se propone, se cumple. Gracias por los consejos, los regaños y por alentarme a cumplir este logro, los amo.

MIS ABUELITOS:

Elizabeth Koppel, por ser una mujer ejemplar, gracias por su sabiduría y todo su cariño. Que Dios derrame muchas bendiciones sobre usted, la amo mami Ely. Armando Bravo (Q.E.P.D), Everarda Barrios (Q.E.P.D.) y Cruz Rabanales (Q.E.P.D), que desde el cielo me cuidan y sé que están felices por este logro.

MIS TÍOS, TÍAS, PRIMAS Y PRIMOS:

A todos gracias por su apoyo. Especialmente a las familias: Santos Bravo, Reyes Bravo, Mejicanos Bravo y Fuentes Bravo. Los quiero.

MIS CUÑADOS:

Ronald Ramírez y Mónica Gularte por sus consejos y cariño. Los quiero.

A MIS SOBRINOS:

Ana Jimena, Ana Valeria, Andrée Sebastián, Valentina Nicolle y Hugo Javier.

MI NOVIO:

José Salvador Franco Rosales, por ser mi apoyo incondicional, por la comprensión y amor. Porque juntos hemos salido adelante y por ser mi mayor motivación. Gracias por ser parte de mi vida. Te amo.

FAMILIA FRANCO ROSALES:

Gracias por abrirme las puertas de su casa, por la confianza que han depositado en mí y por el cariño, los quiero.

TRABAJO DE GRADUACIÓN QUE DEDICO

A:

DIOS

MIS PADRES

MI FAMILIA

JOSÉ SALVADOR FRANCO ROSALES

GUATEMALA

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

COLEGIO MIXTO MONTE CARMELO

MUNICIPALIDAD DE SAN LUCAS SACATEPÉQUEZ

MIS ASESORES



## AGRADECIMIENTOS

A:

MI SUPERVISOR

ING. AGR. HERMÓGENES CASTILLO

Por su apoyo brindado durante el Ejercicio Profesional Supervisado (EPS).

MI ASESOR

DR. EDDI VANEGAS

Por su asesoría profesional en el desarrollo de este documento.

ING. AGR. VIRGILIO BORRAYO

Por el tiempo y apoyo en la realización del Ejercicio Profesional Supervisado (EPS).

MUNICIPALIDAD DE SAN LUCAS SACATEPÉQUEZ

Por darme la oportunidad de realizar el Ejercicio Profesional Supervisado (EPS) y por brindarme los recursos necesarios para la investigación.

OFICINA MUNICIPAL DE AGUAS, ALCANTARILLADO Y PLANTAS DE TRATAMIENTO

Por su apoyo en el transcurso del Ejercicio Profesional Supervisado, en especial a Carlos De León y Wilians Aguilar.



## ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO	PÁGINA
<b>CAPÍTULO I DIAGNÓSTICO DE LA OFICINA MUNICIPAL DE AGUAS, ALCANTARILLADO Y PLANTAS DE TRATAMIENTO DE LA MUNICIPALIDAD DE SAN LUCAS SACATEPÉQUEZ, GUATEMALA, C.A. ....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 PRESENTACIÓN.....</b>	<b>2</b>
<b>1.2 MARCO REFERENCIAL .....</b>	<b>4</b>
1.2.1 Ubicación y localización.....	4
1.2.2 Clima.....	5
1.2.3 Zona de vida .....	5
<b>1.3 OBJETIVOS.....</b>	<b>5</b>
1.3.1 General .....	5
1.3.2 Específicos.....	5
<b>1.4 METODOLOGÍA .....</b>	<b>6</b>
1.4.1 Recopilación de información .....	6
1.4.2 Información primaria .....	6
1.4.3 Información secundaria.....	6
1.4.4 Recursos utilizados.....	7
1.4.5 Sistematización de actividades .....	7
<b>1.5 RESULTADOS.....</b>	<b>7</b>
1.5.1 Situación actual del área.....	7
1.5.2 Descripción del área .....	8
1.5.2.1 Ubicación geográfica .....	8
1.5.2.2 Vías de acceso .....	9
1.5.2.3 Clima .....	9
1.5.3 Organización de la oficina municipal de aguas, alcantarillado y plantas de tratamiento .....	9
1.5.3.1 Servicios de agua potable .....	10
1.5.3.2 Sistemas de cloración a pozos y nacimientos.....	11
1.5.3.3 Control y mantenimiento de pozos y nacimientos .....	11
1.5.3.4 Plantas de Tratamiento de Agua Residual .....	11
1.5.3.5 Certificaciones de calidad del agua potable .....	11
1.5.3.6 Reparación e instalación de drenaje domiciliar .....	12

1.5.4	Problemáticas detectadas .....	13
<b>1.6</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>16</b>
<b>1.7</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>16</b>
<b>CAPÍTULO II EVALUACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL CANTÓN CHICHORIN, MUNICIPIO DE SAN LUCAS SACATEPÉQUEZ, GUATEMALA, C.A.....</b>		<b>17</b>
<b>2.1</b>	<b>PRESENTACIÓN .....</b>	<b>18</b>
<b>2.2</b>	<b>MARCO CONCEPTUAL .....</b>	<b>20</b>
2.2.1	Agua residual .....	20
2.2.2	Calidad del agua residual.....	20
2.2.3	Características físicas .....	21
2.2.3.1	Sólidos .....	21
2.2.3.2	Turbidez.....	21
2.2.3.3	Color .....	22
2.2.3.4	Olor .....	22
2.2.3.5	Temperatura .....	23
2.2.3.6	Densidad.....	23
2.2.4	Características químicas .....	24
2.2.4.1	pH .....	24
2.2.4.2	Nitrógeno .....	24
2.2.4.3	Fósforo.....	24
2.2.4.4	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) .....	25
2.2.4.5	Demanda Química de Oxígeno (DQO) .....	26
2.2.4.6	Grasas y aceites .....	26
2.2.5	Características biológicas .....	27
2.2.6	Tratamiento de aguas residuales .....	27
2.2.6.1	Tratamiento Primario.....	28
2.2.6.2	Tratamiento Secundario.....	29
2.2.6.3	Tratamiento Terciario .....	30
2.2.7	Acuerdo Gubernativo 236-2006 .....	31
2.2.7.1	Límite máximo permisible .....	31
2.2.7.2	Parámetros de agua para reuso .....	32
<b>2.3</b>	<b>MARCO REFERENCIAL.....</b>	<b>33</b>
2.3.1	Ubicación y localización .....	33

2.3.1.1 San Lucas Sacatepéquez.....	33
2.3.1.2 Cantón Chichorin.....	34
2.3.1.3 Planta de tratamiento de aguas residuales cantón Chichorin.....	34
2.3.1.4 Clima .....	36
2.3.1.5 Zona de Vida .....	37
2.3.1.6 Flora .....	37
<b>2.4 OBJETIVOS.....</b>	<b>37</b>
2.4.1 General .....	37
2.4.2 Específicos.....	37
<b>2.5 METODOLOGÍA .....</b>	<b>38</b>
2.5.1 Caracterizar la planta de tratamiento de aguas residuales en función del tipo de tratamiento y subproductos del proceso.....	38
2.5.2 Determinación de la calidad física, química y biológica de los afluentes y efluentes de la planta de tratamiento de aguas residuales.....	38
2.5.2.1 Caudal .....	39
2.5.2.2 Aceites y grasas .....	39
2.5.2.3 Demanda bioquímica de oxígeno (DBO) .....	39
2.5.2.4 Demanda química de oxígeno (DQO).....	39
2.5.2.5 Fósforo total.....	39
2.5.2.6 Nitrógeno total .....	39
2.5.2.7 Materia flotante.....	39
2.5.2.8 pH.....	39
2.5.2.9 Coliformes fecales .....	39
2.5.2.10 Sólidos en suspensión .....	39
2.5.2.11 Color.....	39
2.5.3 Clasificación del tipo de efluente y reuso de acuerdo a la normativa gubernamental 236-2006.....	40
2.5.4 Elaboración de propuesta de mejora continua para el funcionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales.....	40
<b>2.6 RESULTADOS.....</b>	<b>40</b>
2.6.1 Caracterización de la planta de tratamiento de aguas residuales en función del tipo de tratamiento y subproductos del proceso .....	40
2.6.1.1 Ingreso de aguas.....	40
2.6.1.2 Tratamiento Primario .....	41

b.	Desarenador y Sedimentador .....	42
c.	Igualación y Homogenización .....	42
2.6.1.3	Tratamiento Secundario .....	43
a.	Tanque de Aireación .....	43
b.	Tanque de Clarificación .....	44
c.	Digestor de Lodos .....	45
d.	Patios de Secado .....	45
2.6.1.4	Tratamiento Terciario .....	46
a.	Dosificador de cloro .....	46
2.6.2	Determinación de la calidad física, química y biológica de los afluentes y efluentes de la planta de tratamiento de aguas residuales .....	48
2.6.3	Clasificación del tipo de efluente y reuso de acuerdo a la normativa gubernamental 236-2006 .....	51
2.6.4	Elaboración de Propuesta de mejora continua para el funcionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales .....	52
2.7	<b>CONCLUSIONES .....</b>	55
2.8	<b>RECOMENDACIONES .....</b>	56
2.9	<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	57
2.10	<b>ANEXOS .....</b>	59
<b>CAPÍTULO III SERVICIOS REALIZADOS EN LA OFICINA DE AGUAS, ALCANTARILLADO Y PLANTAS DE TRATAMIENTO DE LA MUNICIPALIDAD DE SAN LUCAS SACATEPÉQUEZ, GUATEMALA, C.A.....</b>		79
3.1	<b>PRESENTACIÓN .....</b>	80
3.2	<b>SUPERVISIÓN Y APOYO A LOS ALUMNOS DE PRÁCTICA AMBIENTAL I DE LA CARRERA DE INGENIERIA EN GESTIÓN AMBIENTAL LOCAL DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA DE LA USAC, EN EL PRIMER SEMESTRE DE 2014.....</b>	81
3.2.1	Objetivos .....	81
3.2.1.1	Objetivo general .....	81
3.2.1.2	Objetivo específico .....	81
3.2.2	Metodología .....	81
3.2.3	Resultados .....	83
3.2.4	Evaluación .....	84
3.3	<b>TALLERES DE CAPACITACIÓN SOBRE EL USO Y CUIDADO DEL AGUA, IMPARTIDO A LA ESCUELA URBANA MIXTA REPÚBLICA FEDERAL DE CENTRO AMÉRICA DEL MUNICIPIO DE SAN LUCAS SACATEPÉQUEZ.....</b>	85
3.3.1	Objetivos .....	85

3.3.1.1 Objetivo general .....	85
3.3.1.2 Objetivo específico .....	85
3.3.2 Metodología .....	85
3.3.3 Resultados .....	87
3.3.4 Evaluación .....	87

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>FIGURA</b>	<b>PÁGINA</b>
<b>Figura 1.</b> Municipio de San Lucas Sacatepéquez.....	4
<b>Figura 2.</b> Vista aérea del municipio de San Lucas Sacatepéquez.....	8
<b>Figura 3.</b> Organigrama de la Oficina Municipal de Aguas, Alcantarillado y Plantas de Tratamiento de la municipalidad de San Lucas Sacatepéquez.....	10
<b>Figura 4.</b> Foto aérea del Cantón Chichorin del municipio de San Lucas Sacatepéquez... N 14° 36' 7.79", W 90° 39' 57.79" .....	15
<b>Figura 5.</b> División Política del Departamento de Sacatepéquez, Guatemala.....	33
<b>Figura 6.</b> Sectores que drenan agua residual a la planta de tratamiento.....	35
<b>Figura 7.</b> Climadiagrama, Región San Lucas Sacatepéquez.....	36
<b>Figura 8.</b> Diagrama planta de tratamiento de agua residual de Cantón Chichorin, San Lucas Sacatepéquez. ....	47
<b>Figura 9.</b> Planta de tratamiento de agua residual Cantón Chichorin.....	59
<b>Figura 10.</b> Rejillas de retención de sólidos, PTAR Chichorin.....	59
<b>Figura 11.</b> Tanque de Igualación y Homogenización, PTAR Chichorin. ....	60
<b>Figura 12.</b> Tanque de Digestor de Lodos, PTAR Chichorin.....	60
<b>Figura 13.</b> Tanque de Aireación con base en Lodos Activados, PTAR Chichorin. ....	61
<b>Figura 14.</b> Patios de Secado de Lodos, PTAR Chichorin. ....	61
<b>Figura 15.</b> Bomba aireadora del tanque de aireación, PTAR Chichorin. ....	62
<b>Figura 16.</b> Respiradero de bomba aireadora del tanque de aireación, PTAR Chichorin. ....	62
<b>Figura 17.</b> Tablero de bombas, PTAR Chichorin. ....	63
<b>Figura 18.</b> Efluente de la PTAR Chichorin desembocando al Rio Sacurún. ....	63
<b>Figura 19.</b> Dosificador de cloro en pastillas, PTAR Chichorin.....	64
<b>Figura 20.</b> Bomba para retorno de lodos tipo sumergible. ....	64
<b>Figura 21.</b> Toma de muestra de agua residual, PTAR Chichorin.....	65
<b>Figura 22.</b> Tabla climática San Lucas Sacatepéquez. ....	65
<b>Figura 23.</b> Análisis fisicoquímico del Rio Chichorin, época seca. ....	66
<b>Figura 24.</b> Análisis bacteriológico del Rio Chichorin, época seca.....	67
<b>Figura 25.</b> Análisis fisicoquímico del afluente de la PTAR Chichorin época seca.....	68
<b>Figura 26.</b> Análisis bacteriológico del afluente de la PTAR Chichorin, época seca. ....	69
<b>Figura 27.</b> Análisis fisicoquímico del efluente de la PTAR Chichorin, época seca.....	70
<b>Figura 28.</b> Análisis bacteriológico del efluente de la PTAR Chichorin, época seca. ....	71

<b>Figura 29.</b> Análisis fisicoquímico del Rio Chichorin, época de lluvia .....	72
<b>Figura 30.</b> Análisis bacteriológico del Rio Chichorin, época de lluvia.....	73
<b>Figura 31.</b> Análisis fisicoquímico del afluente de la PTAR Chichorin, época de lluvia. ....	74
<b>Figura 32.</b> Análisis bacteriológico del afluente de la PTAR Chichorin, época de lluvia. ....	75
<b>Figura 33.</b> Análisis fisicoquímico del efluente de la PTAR Chichorin, época de lluvia. ....	76
<b>Figura 34.</b> Análisis bacteriológico del efluente de la PTAR Chichorin, época de lluvia. ....	77
<b>Figura 35.</b> Selección de tema de investigación. ....	82
<b>Figura 36.</b> Toma de coordenadas en nacedero El Perol.....	82
<b>Figura 37.</b> Alumnos realizando encuestas sobre el servicio de agua potable. ....	83
<b>Figura 38.</b> Capacitación impartida a niños de sexto primaria.....	86
<b>Figura 39.</b> Entrega de refacciones. ....	86

## ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO	PÁGINA
<b>Cuadro 1.</b> Divisiones de la municipalidad de San Lucas Sacatepéquez. ....	2
<b>Cuadro 2.</b> Principales problemas detectados en la Oficina Municipal de Aguas, Alcantarillado y Plantas de Tratamiento. ....	13
<b>Cuadro 3.</b> Comparación prioritaria entre las problemáticas de la Oficina Municipal de Aguas, Alcantarillado y Plantas de Tratamiento. ....	14
<b>Cuadro 4.</b> Resumen de la frecuencia en el análisis comparativo. ....	14
<b>Cuadro 5.</b> Art. 27. Parámetros de calidad asociado a la DBO. ....	25
<b>Cuadro 6.</b> Art. 42. Parámetros y límites máximos permisibles para lodos. ....	30
<b>Cuadro 7.</b> Art. 20. Límites máximos permisibles de los parámetros de agua residual. ....	31
<b>Cuadro 8.</b> Art. 35. Parámetros y límite máximos permisibles para Reuso. ....	32
<b>Cuadro 9.</b> Características del sistema de lodos activados .....	44
<b>Cuadro 10.</b> Parámetros de diseño del clarificador .....	44
<b>Cuadro 11.</b> Muestreo de agua residual de planta de tratamiento Chichorin, época seca 2014.....	49
<b>Cuadro 12.</b> Muestreo de agua residual de planta de tratamiento Chichorin, época de lluvia 2014. ....	50
<b>Cuadro 13.</b> Muestreo de agua residual de planta de tratamiento Chichorin para re-uso, época seca. ....	51
<b>Cuadro 14.</b> Muestreo de agua residual de planta de tratamiento Chichorin para re-uso, época de lluvia. ....	52
<b>Cuadro 15.</b> Cumplimiento de indicadores .....	84
<b>Cuadro 16.</b> Cumplimiento de indicadores .....	87

EVALUACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS  
RESIDUALES DEL CANTÓN CHICORIN, DEL MUNICIPIO DE SAN LUCAS  
SACATEPÉQUEZ, DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS REALIZADOS EN LA MUNICIPALIDAD  
DE SAN LUCAS SACATEPÉQUEZ, GUATEMALA, C.A.

## RESUMEN

El desarrollo de la humanidad ha dependido del acceso al agua limpia y de la capacidad de las sociedades para aprovechar el potencial del agua como recurso productivo. El acceso al agua es una necesidad humana básica, al mismo tiempo el agua también preserva los sistemas ecológicos y forma parte de los sistemas de producción en los que se basan los medios de sustento, lo cual es más evidente en los países en desarrollo, como el nuestro.

El diagnóstico se enfatizó en la contextualización de la situación actual de la oficina municipal de aguas, alcantarillado y plantas de tratamiento de la municipalidad e San Lucas Sacatepéquez.

El cantón Chichorin del municipio de San Lucas Sacatepéquez, fue objeto de estudio para llevar a cabo el trabajo de investigación. Éste consistió en la evaluación del funcionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales, ejecutado durante el Ejercicio Profesional Supervisado de la Faculta de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala, comprendido durante el período de febrero a noviembre de 2014, en la oficina municipal de aguas, alcantarillado y plantas de tratamiento de la municipalidad de San Lucas Sacatepéquez.

Los parámetros empleados para la investigación fueron la DBO, DQO, fósforo total, nitrógeno total, color, sólidos en suspensión, sustancias extraíbles con hexano, pH, temperatura, material flotante y coliformes fecales. La investigación se realizó con base a un muestreo en época lluviosa y uno en época seca, tomando 3 puntos de muestreo diferente, afluente, efluente y un punto externo a 30 m. antes de la salida del efluente de la planta de tratamiento sobre el río Chichorin.

La información obtenida se empleó para determinar la eficiencia de la planta de tratamiento de agua residual, haciendo un análisis de los resultados para evaluar y determinar mejoras en alguno de los procesos del tratamiento de las aguas. Según los resultados la planta

reduce su potencial de eficiencia en época de lluvia (46%), comparado con la época seca (59%), esto porque hay más contaminantes y sedimentos, haciendo que los sólidos en suspensión, la temperatura y los coliformes fecales sean los parámetros que más impacto negativo generen.

Durante el Ejercicio Profesional Supervisado, se realizaron servicios de apoyo a la oficina de aguas, los cuales fueron enfocados la supervisión y apoyo a los alumnos de práctica ambiental I de la carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental Local de la facultad de Agronomía de la USAC en del primer semestre de 2014, y talleres de capacitación sobre uso y cuidado del agua, impartidos en la Escuela Urbana Mixta República Federal de Centro América de San Lucas Sacatepéquez.



## 1.1 PRESENTACIÓN

La municipalidad de San Lucas Sacatepéquez, se encuentra en el municipio de San Lucas, en el Departamento de Sacatepéquez. Conformado por un consejo municipal que es presidido por el Alcalde Municipal, el Licenciado Yener Haroldo Plaza Natareno en su segundo período, quien ejercerá el cargo 2012 – 2016. Según el Instituto Nacional de Estadística (INE, 2009), la estimación de la población total del municipio de San Lucas Sacatepéquez en el año 2013 fue de 25,804 habitantes, distribuidos en el casco urbano y las 4 Aldeas del municipio: Zorzoyá, Choacorral, La Embaulada, El Manzanillo

La calidad en los servicios y la participación activa de la comuna, conlleva al desarrollo de algunos programas sociales, culturales, deportivos y otros. Para lograr esto, la municipalidad está organizada por diferentes oficinas municipales, en donde trabajan en conjunto para llevar a cabo todo el proceso de la mejora de los servicios básicos, salud, educación e infraestructura del municipio, estas áreas se muestran en el cuadro 1.

**Cuadro 1.** Divisiones de la municipalidad de San Lucas Sacatepéquez.

<b>Relaciones públicas.</b>	<b>Dirección financiera.</b>
Informática.	<b>Oficina de la mujer.</b>
<b>Recursos humanos.</b>	Oficina de aguas.
Construcción privada.	<b>Oficina del adulto mayor.</b>
<b>Juzgado de asuntos municipales.</b>	Unidad de mercados municipales.
Limpieza y tren de aseo.	<b>Oficina forestal.</b>
<b>Catastro.</b>	Deportes.
Dirección municipal de planificación	<b>Cerro Alux.</b>
<b>PM – PMT.</b>	Guardería de Niños.

Dentro de los servicios que brindan la municipalidad se encuentra la Oficina Municipal de Aguas, Alcantarillado y Plantas de Tratamiento, ubicada en el segundo nivel de la municipalidad de San Lucas Sacatepéquez en el centro del casco urbano, que tiene la función principal de optimizar la red de distribución del servicio de agua potable en toda la población del municipio. Para realizar esta función, la oficina municipal realiza las siguientes tareas:

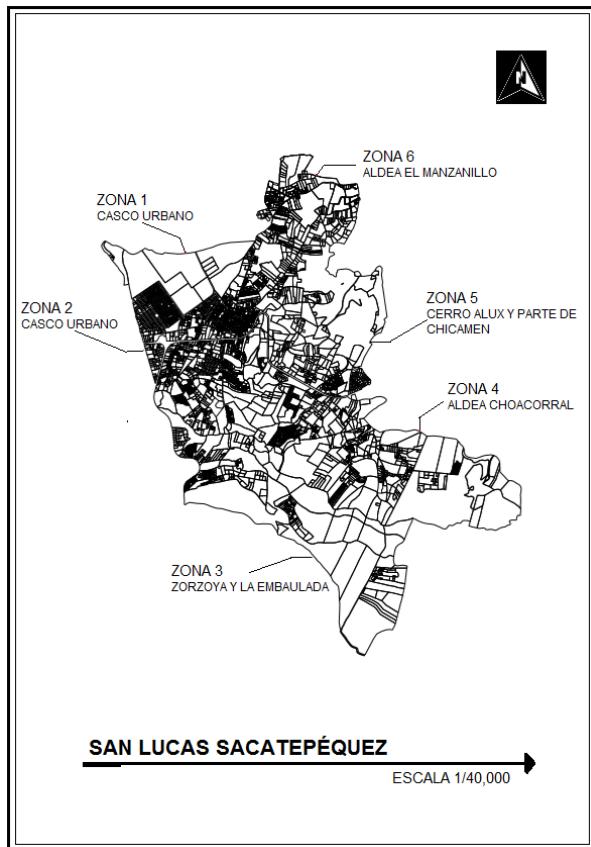
- a. Servicios de agua potable a la población del municipio.
- b. Sistemas de cloración a pozos y nacimientos.
- c. Control y mantenimiento de pozos y nacimientos.
- d. Plantas de Tratamiento de Agua Residual.
- e. Certificaciones de calidad del agua potable.
- f. Reparación e instalación de drenaje domiciliar.

Con el presente diagnóstico se pretende analizar la Oficina Municipal de Aguas, Alcantarillado y Plantas de Tratamiento; para este fin se utilizará la información previamente recabada durante los procesos llevados a cabo en dicha oficina municipal, con el propósito de encontrar alguna debilidad que pueda fortalecerse mediante determinadas estrategias, optimizando así las condiciones que posibiliten el acceso a servicios públicos de saneamiento de agua potable y abastecimiento, a poblaciones rurales y el casco urbano del municipio de San Lucas Sacatepéquez.

## 1.2 MARCO REFERENCIAL

### 1.2.1 UBICACIÓN Y LOCALIZACIÓN

Los servicios que se realizaron tuvieron lugar en el municipio de San Lucas Sacatepéquez, ilustrada en la Figura 1., a 29 kilómetros de la ciudad de Guatemala, y a 16 kilómetros de su cabecera Departamental, Antigua Guatemala. Colinda al Norte, con los municipios de Santiago Sacatepéquez y Mixco, al sur, con Santa Lucia Milpas Altas y Magdalena Milpas Altas de Sacatepéquez; al oriente, con los municipios de Mixco y Villa Nueva; y al poniente, con San Bartolomé Milpas Altas y Santa Lucia Milpas Altas, posee una extensión territorial de aproximadamente 25 km<sup>2</sup>. La municipalidad tiene coordenadas geográficas Latitud Norte 14°36'35.54" y Longitud Oeste 90°39'21.23", su altitud promedio es de 2,081 metros sobre el nivel del mar (msnm) (Sarceño, 2011).



**Figura 1.** Municipio de San Lucas Sacatepéquez. Fuente: Municipalidad de San Lucas Sacatepéquez.

### 1.2.2 CLIMA

Se caracteriza por tener un clima frío en la mayor parte de la época del año, aunque con el cambio climático se comporta templado durante los meses de marzo a junio. Las temperaturas promedio oscilan entre los 7 °C en la mínima, mientras que en 25 °C la máxima. La época lluviosa se presenta de mayo a octubre. Por otro lado, la precipitación anual promedio es de 1,344 mm, evapotranspiración estimada en un 75% y topografía media escarpada (INSIVUMEH, 2014).

### 1.2.3 ZONA DE VIDA

Bosque húmedo montañoso central bajo Sub-tropical (bh-MB) (Cruz, 1982).

## 1.3 OBJETIVOS

### 1.3.1 GENERAL

Diagnosticar la situación actual de la Oficina Municipal de Aguas, Alcantarillado y Plantas de Tratamiento de la municipalidad de San Lucas Sacatepéquez, para identificar debilidades que generen posibles soluciones.

### 1.3.2 ESPECÍFICOS

- a. Describir las diferentes actividades realizadas por Oficina Municipal de Aguas, Alcantarillado y Plantas de Tratamiento de la municipalidad de San Lucas Sacatepéquez.
- b. Identificar problemáticas dentro de la Oficina Municipal de Aguas, Alcantarillado y Plantas de Tratamiento de la municipalidad de San Lucas Sacatepéquez.

## 1.4 METODOLOGÍA

Se realizó un diagnóstico en la Oficina Municipal de Aguas, Alcantarillado y Plantas de Tratamiento de la municipalidad de San Lucas Sacatepéquez con el propósito de analizar los procesos que se llevan a cabo para lograr la optimización de la red de distribución del servicio de agua potable al municipio. Para lograrlo fue necesario los siguientes pasos:

### 1.4.1 RECOPILACIÓN DE INFORMACIÓN

Fue necesario recabar información por medio de fuentes primarias, como entrevistas con el jefe de la oficina municipal de aguas, oficiales encargados del área administrativa de la oficina y personal de campo. Entre las fuentes secundarias consultas fueron revistas municipales electrónicas edición octubre y noviembre 2013 y tesis del mantenimiento del sistema hídrico de San Lucas Sacatepéquez por Luisa Sarceño, 2011. Donde se observan los avances que ha tenido el municipio en temas del recurso hídrico y la continuidad de los diferentes procesos de recolección de agua para abastecer al municipio.

### 1.4.2 INFORMACIÓN PRIMARIA

Se realizó una capacitación a cargo del jefe de la oficina municipal de aguas, abarcando temas de relevancia como problemáticas y proyectos a futuro, además de organizar jerárquicamente dicha oficina.

Luego se efectuaron visitas a los 9 nacimientos, 8 pozos y 15 tanques de captación que funcionan para el servicio del agua potable del municipio de San Lucas Sacatepéquez.

Como complemento, se hicieron entrevistas con personal de las otras oficinas municipales de la municipalidad, para entender la administración, avances y continuidad de procesos en la municipalidad de San Lucas Sacatepéquez a beneficio de la población del municipio, además de conocer los proyectos planificados para el año en curso.

### 1.4.3 INFORMACIÓN SECUNDARIA

Se recopiló información con ayuda de revisión literaria por medio de tesis, artículos, revistas y archivos electrónicos, donde se observaron trabajos, proyectos en cuanto a la mejora de la red de distribución del servicio de agua potable al municipio de San Lucas Sacatepéquez.

Para analizar información secundaria se leyó cuidadosamente contenidos de fuentes disponibles, para seleccionar los datos que ayuden a responder las preguntas. De esta manera los bloques de información extensos se descomponen para extraer de ellos únicamente lo que es útil. Durante todo este proceso, fue importante evaluar la información para tener la seguridad de que los datos fueran verídicos, confiables y congruentes.

#### 1.4.4 RECURSOS UTILIZADOS

Gracias al apoyo de la Oficina Municipal de Aguas, Alcantarillado y Plantas de Tratamiento, fueron facilitados recursos como un vehículo para recorrer los lugares en donde se encuentran los nacimientos, pozos y tanques de captación, principales calles, etc., además del recurso humano dentro de las áreas para la orientación; teniendo presente el recurso más importante que es el tiempo, ya que es necesario administrar este recurso para llevar a cabo las actividades en las diferentes áreas, oficina y campo.

#### 1.4.5 SISTEMATIZACIÓN DE ACTIVIDADES

El diagnóstico fue realizado durante los meses de febrero y marzo, recopilando y organizando información necesaria para su análisis. Luego se tabularon los datos y fueron sometidos a un análisis por medio de una matriz de priorización de actividades, seleccionando las problemáticas a trabajar. Para realizar la sistematización de actividades fue vital contar con ayuda de un sistema de cómputo.

### 1.5 RESULTADOS

#### 1.5.1 SITUACIÓN ACTUAL DEL ÁREA

Se efectuó un diagnóstico específico para la Oficina Municipal de Aguas, Alcantarillado y Plantas de Tratamiento de la municipalidad de San Lucas Sacatepéquez, tomando en cuenta los proyectos planificados para el año 2014, incluyendo los proyectos vigentes.

Uno de los principales objetivos de la Oficina Municipal de Aguas, Alcantarillado y Plantas de Tratamiento para el año en mención, es el funcionamiento correcto de la planta de tratamiento eléctrica de aguas negras del municipio, ya que actualmente no cuentan con el debido proceso que se requiere para que el agua salga sin contaminantes al Río Chichorin.

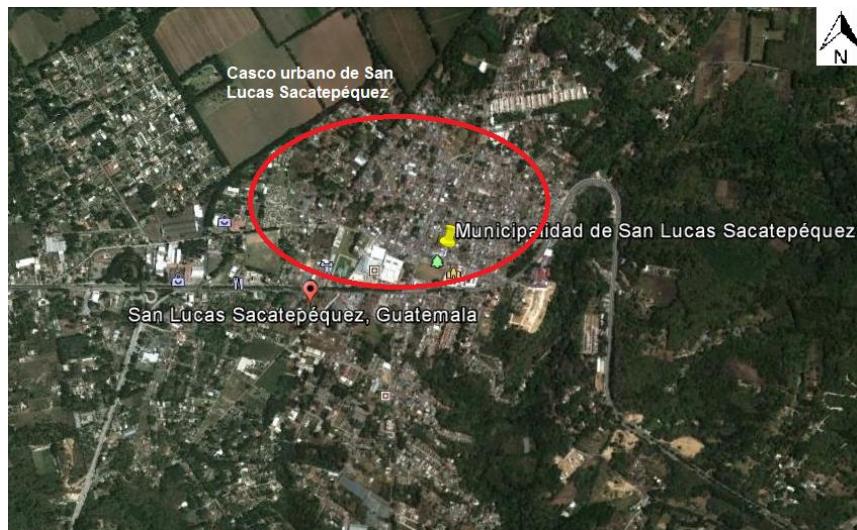
Lejos de una debilidad o problema, es una oportunidad para la municipalidad debido a que esta planta de tratamiento no funciona correctamente, por falta de mantenimiento y de fases dentro del proceso; y realizado correctamente, puede ser capaz de lograr altos rendimientos al mismo tiempo que reduce los costos de la energía eléctrica utilizada para el trabajo de las bombas y motores en el proceso, y así mismo mejorando la calidad del efluente.

## 1.5.2 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA

### 1.5.2.1 Ubicación geográfica

La municipalidad de San Lucas Sacatepéquez se encuentra ubicada en el kilómetro 29 de la Carretera Interamericana, interior casco urbano del municipio de San Lucas Sacatepéquez, departamento de Sacatepéquez, en las coordenadas geográficas Latitud Norte  $14^{\circ}36'35.54''$  y Longitud Oeste  $90^{\circ}39'21.23''$ , con una altitud promedio de 2,081 metros sobre el nivel del mar (msnm). El municipio colinda al Norte, con los municipios de Santiago Sacatepéquez y Mixco, al sur, con Santa Lucia Milpas Altas y Magdalena Milpas Altas de Sacatepéquez; al oriente, con los municipios de Mixco y Villa Nueva; y al poniente, con San Bartolomé Milpas Altas y Santa Lucia Milpas Altas (Santos, 2005).

En el casco urbano del municipio mencionado anteriormente se encuentra la municipalidad de Lucas Sacatepéquez, tal como se muestra en la Figura 2.



**Figura 2.**Vista aérea del municipio de San Lucas Sacatepéquez. Fuente: Google Earth 2014.

#### 1.5.2.2 Vías de acceso

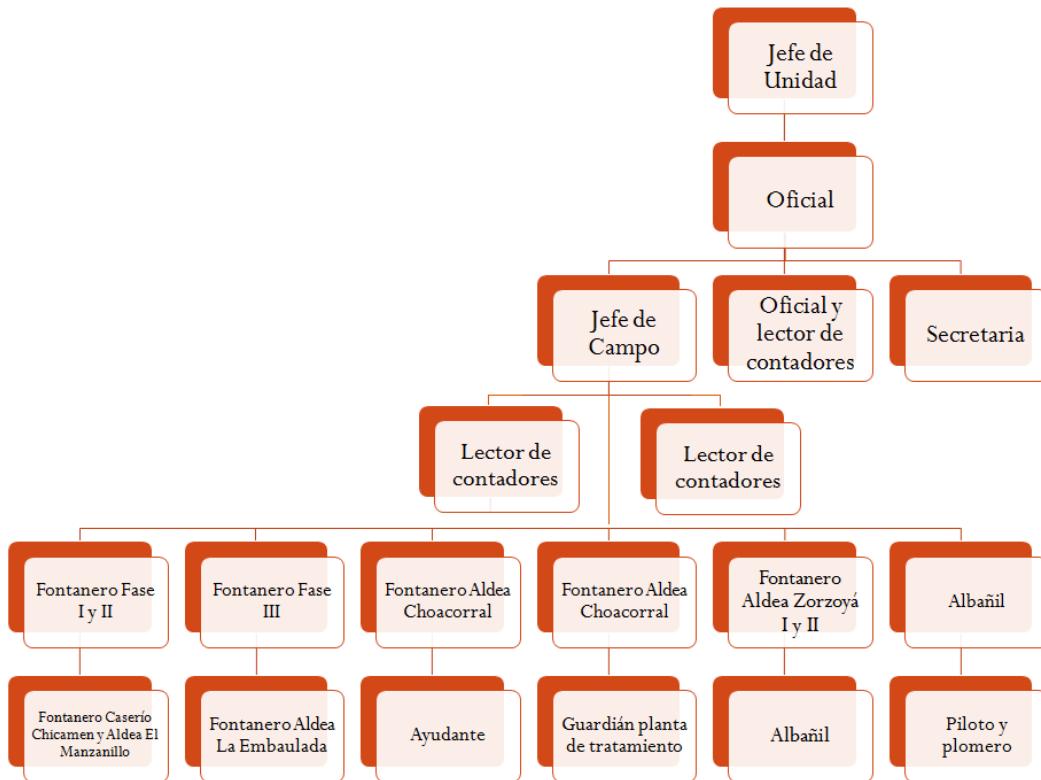
Tiene varias vías de acceso desde la Ciudad Capital, indicando que la principal y más cercana es a través de la Calzada Roosevelt hacia la Carretera Interamericana CA-1 que se encuentra totalmente pavimentada (29 kilómetros). La segunda vía de acceso es por la carretera asfaltada que conduce de la Calzada Aguilar Batres hacia Bárcenas, Villa Nueva pasando frente a la aldea La Embaulada (37.5 kilómetros). La tercera vía es de la Calzada San Juan hacia el municipio de San Pedro Sacatepéquez, pasando por el municipio de Santiago Sacatepéquez, cuya carretera es asfaltada (35 kilómetros) (Santos, 2005).

#### 1.5.2.3 Clima

La municipalidad de San Lucas Sacatepéquez se encuentra en el centro del casco urbano del municipio, la cual está ubicada en la zona de vida que obedece a bosque húmedo montañoso central bajo Sub-tropical(bh-MB), la cual se caracteriza por tener una precipitación anual promedio de 1,344 mm., con temperaturas que oscilan entre 16 y 23 °C (Rivas, 2011).

### 1.5.3 ORGANIZACIÓN DE LA OFICINA MUNICIPAL DE AGUAS, ALCANTARILLADO Y PLANTAS DE TRATAMIENTO

Como se ilustra en la figura 3, dentro de la municipalidad de San Lucas Sacatepéquez, se encuentra la Oficina Municipal de Aguas, Alcantarillado y Plantas de Tratamiento, en donde tiene a su cargo: Servicios de agua potable, sistemas de cloración a pozos y nacimientos, control y mantenimiento de los mismos, mantenimiento de plantas de tratamiento, certificaciones de calidad del agua potable y reparación e instalación de drenaje domiciliar (Borrero, 2014).



**Figura 3.**Organigrama de la Oficina Municipal de Aguas, Alcantarillado y Plantas de Tratamiento de la municipalidad de San Lucas Sacatepéquez.

Cada una de las tareas específicas se describe a continuación:

#### 1.5.3.1 Servicios de Agua Potable

La Oficina Municipal realiza diferentes actividades que tengan que ver con la disponibilidad del sistema de agua en todo el municipio de San Lucas Sacatepéquez. Empezando por atención al cliente, horarios de distribución de agua potable, lectura de contadores, solicitudes de servicio nuevo de agua potable (inspección, autorización, instalación, orden de conexión, creación de cuenta en sistema), estados de cuenta, aviso de cobro a morosos. Este servicio se dedica a la distribución del agua en las mejores condiciones de ser consumida a todos los hogares que cuentan con disponibilidad de pagar este servicio. Se administra, se opera y se les brinda mantenimiento a los sistemas de agua potable.

#### 1.5.3.2 Sistemas de cloración a pozos y nacederos

Los sistemas de cloración son necesarios para proteger el agua en el caso de que algún microorganismo dañino lograra ingresar a la red de agua potable, preservando de esta manera la salud de los pobladores del municipio de San Lucas Sacatepéquez. Los sistemas de cloración varían según sea de pozo o de nacedero, en el caso de los 8 pozos se realiza la cloración diariamente con dosificadores eléctricos y para los 9 diferentes nacederos, la cloración se realiza cada 15 días manualmente.

#### 1.5.3.3 Control y mantenimiento de pozos y nacederos

El buen funcionamiento del sistema de distribución de agua potable al municipio de San Lucas Sacatepéquez se debe al buen control y a la programación de mantenimiento a los diferentes pozos y nacederos en diferentes períodos del año. Se les debe dar un control y mantenimiento a los motores, bombas, dosificadores de cloro para los pozos y los clorinadores para los nacederos.

#### 1.5.3.4 Plantas de Tratamiento de Agua Residual

Los sistemas de tratamiento tienen como objetivo mejorar los servicios en cantidad y calidad del efluente, para esto requieren tener un mantenimiento, mejoramiento o ampliación de la misma. La planta de tratamiento Chichorín siendo eléctrica, se le da un mantenimiento al tablero, limpieza a los motores y aireadores cada 8 - 10 días; para la planta de tratamiento San José se le brinda limpieza y chapeo a los alrededores, ya que no está en funcionamiento y por último, la planta de tratamiento Choacorral, que trabaja por medio de biodigestores, solo se le da monitoreo. Ninguna de las tres plantas de tratamiento funcionan correctamente, por lo que se espera para éste año la mejora del proceso en el tratamiento de las aguas residuales.

#### 1.5.3.5 Certificaciones de calidad del agua potable

El Instituto de Fomento Municipal –INFOM–, es el encargado de los análisis fisicoquímicos y bacteriológicos de los 11 sistemas de agua (urbanos y rurales) que abastecen a San Lucas Sacatepéquez, sus aldeas y caseríos; luego de que dichos sistemas cumplen con la Norma COGUANOR 29001, el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social otorga los CERTIFICADOS DE LA CALIDAD DEL AGUA que cumplen con las normas y criterios

establecidos en el Artículo 7 del Acuerdo Gubernativo 178-2009, “Reglamento para la Certificación del Agua para Consumo Humano en Proyectos de Abastecimiento”, según sean las inspecciones y monitoreos realizados cada 2 meses; dándole un seguimiento a dichas certificaciones que tienen vigencia de 6 meses.

#### 1.5.3.6 Reparación e instalación de drenaje domiciliar

El servicio de drenaje domiciliar, se efectúa a través de una serie de colectores que cubren la gran parte del casco urbano del municipio de San Lucas Sacatepéquez. En general, estos colectores descargan al Río Chichorin, y como destino final es al Lago de Amatitlán, por tal motivo y para evitar que las descargas de todo el municipio fueran directas al lago, se hacen constantes instalaciones de colectores profundos que interceptan el drenaje y algunas tuberías las conducen a las plantas de tratamiento. La Oficina Municipal es la responsable de proveer y operar los sistemas de evacuación de las aguas servidas, creando un mantenimiento preventivo.

#### 1.5.4 PROBLEMAS DETECTADOS

A continuación se enlistan las actividades detectadas durante la realización del presente diagnóstico, el cual se llevó a cabo durante los meses de febrero y marzo, con apoyo del personal de la Oficina Municipal de Aguas, Alcantarillado y Plantas de Tratamiento.

Cabe recalcar que para la elección de las problemáticas a realizar, se utilizó el método de matriz de priorización de actividades, para lo cual fue necesario identificar cada una con un número correlativo y diferente color como se muestra en el cuadro 2.

**Cuadro 2.** Principales problemas detectados en la Oficina Municipal de Aguas, Alcantarillado y Plantas de Tratamiento.

No.	Principales problemas detectados
1	Evaluación del funcionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales del cantón Chichorín, San Lucas Sacatepéquez.
2	Documentación de los sistemas de cloración a pozos y nacederos. Se requieren los análisis de cloración documentada de las fuentes de agua.
3	Gestionar capacitaciones al personal de campo en tema del agua, uso de accesorios y tubería, para tener un conocimiento más específico.
4	Supervisión y apoyo a los alumnos de práctica ambiental I de la carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental Local de la Facultad de Agronomía de la USAC, en el trámite del primer semestre de 2014.
5	Proceso de extracción de agua en los 8 pozos y 9 nacederos en época de verano e invierno que abastecen al municipio de San Lucas Sacatepéquez (sistemas de cloración, tiempo, energía, cantidad de extracción/día).
6	Georeferenciar los pozos y nacederos que abastecen a la población del municipio de San Lucas Sacatepéquez.
7	Talleres de capacitación sobre el uso y cuidado del agua a la Escuela Urbana Mixta República Federal de Centro América del municipio de San Lucas Sacatepéquez.

En el cuadro 3, se muestra la matriz comparativa en donde se presentan las actividades sometidas a comparación entre ellas para seleccionarlas prioritariamente en base a las repeticiones.

**Cuadro 3.** Comparación prioritaria entre las problemáticas de la Oficina Municipal de Aguas, Alcantarillado y Plantas de Tratamiento.

	1	2	3	4	5	6	7
1	-	1	1	1	1	1	1
2		-	3	4	2	6	7
3			-	4	3	3	7
4				-	4	4	7
5					-	6	7
6						-	7
7							-

Haciendo un conteo en base a la frecuencia con la que aparecen las actividades, se realizó un resumen el cual se ilustra a continuación, en el cuadro 4.

**Cuadro 4.** Resumen de la frecuencia en el análisis comparativo.

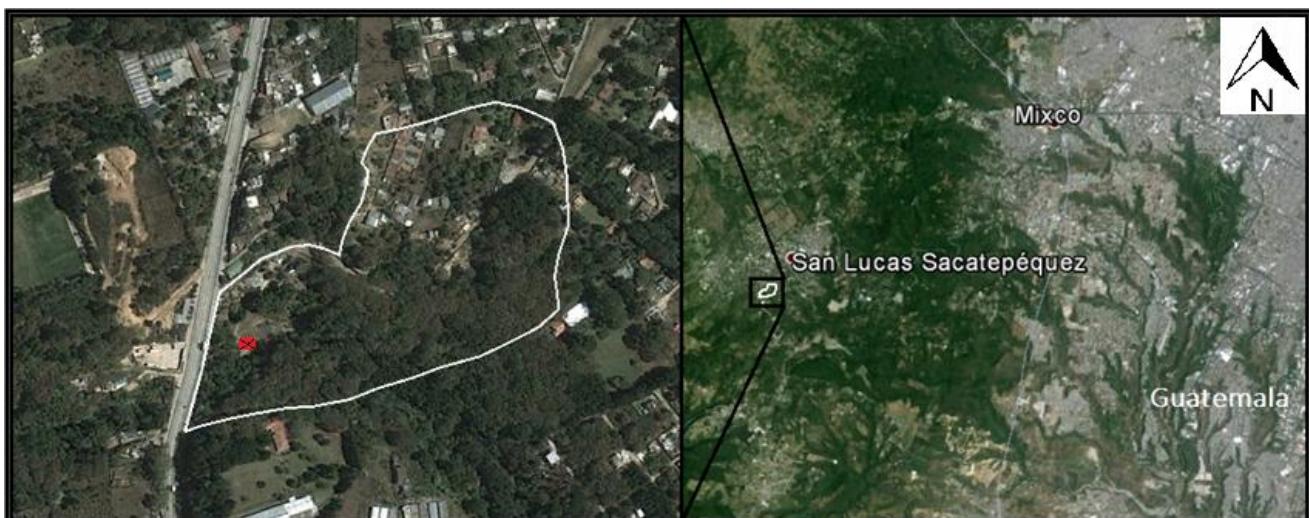
No. Problemática	Repeticiones	%
1	6	28.57
2	1	4.76
3	3	14.29
4	4	19.05
5	0	00.00
6	2	9.52
7	5	23.81

El diagnóstico que se efectuó en la Oficina Municipal de Aguas, Alcantarillado y Plantas de Tratamiento, presentó con un 28.57 %, la problemática de un mal funcionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales del cantón Chichorin, el cual se deberá realizar una evaluación para conocer el proceso y determinar la calidad del efluente de ésta planta de tratamiento.

Se propuso, con un 23.81 %, la ejecución de talleres de capacitación sobre el uso y cuidado del agua a la Escuela Urbana Mixta República Federal de Centro América del municipio de San Lucas Sacatepéquez. También se planteó, con un 19.05 % la supervisión y apoyo a los alumnos de la carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental Local con la práctica ambiental I de la Facultad de Agronomía de la USAC, realizadas en el primer semestre del año 2014 en la municipalidad.

Lejos de una debilidad o problema, la evaluación del funcionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales del cantón Chichorin, San Lucas Sacatepéquez, es una oportunidad para la municipalidad debido a que ésta evaluación será documentada, utilizada correctamente puede ser capaz de lograr altos rendimientos con reducción de costo en la energía eléctrica.

Tomando en cuenta esta información, se sugirió la realización de un documento que describa todos los procesos de la planta de tratamiento de aguas residuales del cantón Chichorin, localizado en el municipio de San Lucas Sacatepéquez, departamento de Sacatepéquez con coordenadas geográficas de Latitud Norte 14°36' 7.79" y Longitud Oeste 90° 39' 57.79", esto para que en futuras ocasiones se facilite el acceso a la información o la implementación de nuevos proceso para el tratamiento de aguas residuales. La figura 4 presenta la ubicación del Cantón Chichorin del municipio de San Lucas Sacatepéquez.



**Figura 4.** Foto aérea del Cantón Chichorin del municipio de San Lucas Sacatepéquez. N 14° 36' 7.79", W 90° 39' 57.79". Fuente: Google Earth 2014.

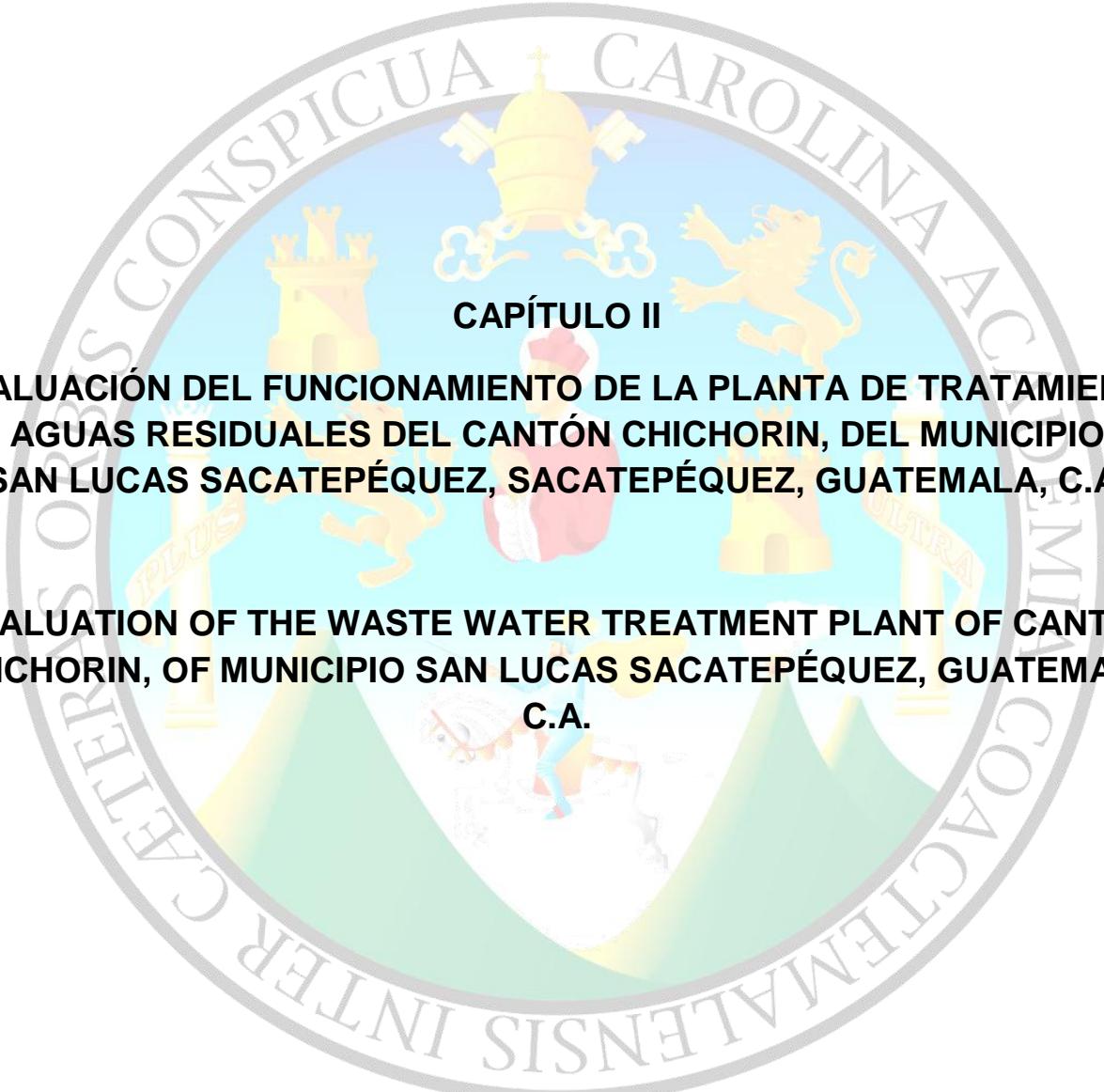
## 1.6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- a. La Oficina Municipal de Aguas, Alcantarillado y Plantas de Tratamiento de la municipalidad de San Lucas Sacatepéquez, realiza 6 tareas específicas, una de las más importantes es velar que la distribución del servicio de agua potable sea regular y llegue a toda la población del municipio.
- b. La evaluación del funcionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales del cantón Chichorin del municipio de San Lucas Sacatepéquez, es una oportunidad para la municipalidad, debido a que este proceso realizado correctamente, puede ser capaz de lograr altos rendimientos con reducción de costos en la energía, y así mismo documentar los procesos por los que pasa el agua, haciendo mejoras para la calidad del efluente.

## 1.7 BIBLIOGRAFÍA

1. Borrayo Castañeda, JV. 2014. Panorama de recurso hídrico del municipio de San Lucas Sacatepéquez, Guatemala (entrevista). Sacatepéquez, Guatemala, Municipalidad de San Lucas Sacatepéquez, Oficina de Aguas.
2. Rivas, A. 2011. Gimnasio polideportivo, San Lucas Sacatepéquez, departamento de Sacatepéquez, Guatemala, C.A. Tesis Ing. Civil, USAC, Facultad de Ingeniería. 19 p.
3. Santos, M. 2005. Propuesta de Diseño Arquitectónico y Planificación para el edificio Municipal de San Lucas Sacatepéquez, Guatemala, C.A. Tesis Ing. Civil, USAC, Facultad de Ingeniería. 22 p.
4. Sarceño, L. 2011. Mantenimiento del sistema hídrico de San Lucas Sacatepéquez, Sacatepéquez. Tesis Lic. Abogado y Notario. Guatemala, UPANA, Facultad de Ciencias Jurídicas, Sociales y de la Justicia. 34p.

V.G. 130 - *Bernardo Barrios*  
DOCUMENTOS  
FAUSAC  
ESTADÍSTICAS  
GRADUACIÓN  
REVISIÓN \*  
TESIS \*



## CAPÍTULO II

**EVALUACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO  
DE AGUAS RESIDUALES DEL CANTÓN CHICORIN, DEL MUNICIPIO DE  
SAN LUCAS SACATEPÉQUEZ, SACATEPÉQUEZ, GUATEMALA, C.A.**

**EVALUATION OF THE WASTE WATER TREATMENT PLANT OF CANTÓN  
CHICORIN, OF MUNICIPIO SAN LUCAS SACATEPÉQUEZ, GUATEMALA,  
C.A.**

## 2.1 PRESENTACIÓN

A través del tiempo en Guatemala han existido problemas para manejar el recurso hídrico, tanto a nivel industrial como municipal y las consecuencias son evidentes. Tal es el caso actual del municipio de San Lucas Sacatepéquez que se encuentra en constante demanda del recurso hídrico debido al crecimiento poblacional, ya que según sea el agua utilizada por la población, así será la cantidad de agua residual que necesite un tipo de tratamiento previo a desembocar al río. Mejorando la calidad física, química y biológica de las aguas residuales para contrarrestar la contaminación sobre flujos de agua.

La evaluación del funcionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales del Cantón Chichorin del municipio de San Lucas Sacatepéquez, surge de la necesidad de prestar un proceso físico, químico o fisiológico a las aguas servidas que llegan a un tratamiento para que no caigan directamente a contaminar el flujo de agua del Río Villalobos, que desemboca en la cuenca del Lago de Amatitlán. Este sitio es el área de interés para el presente estudio, debido al problema creciente para la protección del recurso hídrico.

De conformidad con el Acuerdo Gubernativo 236-2006, existen máximos permisibles de parámetros físicos, químicos y biológicos que los efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales deben cumplir con efecto de reducir la contaminación de cuerpos superficiales y subterráneos de agua. Aunado a esto, este mismo Acuerdo Gubernativo rige que para el año 2017, por lo menos debe existir en funcionamiento, plantas de tratamiento primario para los efluentes de aguas residuales vertidos en cuerpos receptores en general.

Con objeto de verter efluentes a cuerpos de agua con la menor cantidad de contaminantes posible dentro de un marco legal y técnico propuesto para el efecto. Por lo que reviste importancia la evaluación del funcionamiento de la planta de aguas residuales del Cantón Chichorin, San Lucas Sacatepéquez dentro del Marco Legislativo requerido por el Acuerdo Gubernativo 236-2006.

La municipalidad de San Lucas Sacatepéquez reporta para el año 2,013 aproximadamente Q. 20,000 en el costo mensual de energía eléctrica de la planta de tratamiento de aguas residuales del Cantón Chichorin del municipio de San Lucas Sacatepéquez, las cuales presta el servicio de recolección de aguas servidas de los diferentes lugares: Jardines de San Lucas

I, Mercado El Monumento, 2<sup>a</sup> ave. Sur zona 2 Callejón Vivero El Paraíso, Callejón Shell, Callejón Esso, Plan El Mora, Colonia Dos Robles y Cantón Chichorin, con un total 149 servicios.

Lejos de una debilidad o problema, es una oportunidad para la municipalidad de San Lucas Sacatepéquez puesto que este proceso, realizado correctamente, puede ser capaz de lograr altos rendimientos disminuyendo costos en la energía eléctrica, y así mismo mejorar la calidad del efluente.

La investigación forma parte del ejercicio profesional supervisado de Agronomía –EPSA–, de la Universidad de San Carlos de Guatemala, en el período comprendido entre los meses de febrero a noviembre de 2014. Con el apoyo de la municipalidad de San Lucas Sacatepéquez, institución financiante.

## 2.2 MARCO CONCEPTUAL

### 2.2.1 AGUA RESIDUAL

Es el agua que ha recibido uso o que los niveles de calidad han sido modificados, existen dos tipos de clasificación para el agua residual según sea el uso que se le haya dando con anterioridad, están de tipo especial; que son todas las aguas generadas por los servicios públicos municipales y actividades de servicios, industriales, agrícolas, pecuarias, hospitalarias, así como la mezcla de las mismas. Y por otro lado existen las de tipo ordinario, que son las aguas generadas por la actividades domésticas, tales como uso en servicios sanitarios, pilas, lavamanos, lavatrastos, lavado de ropa y otras similares, así como la mezcla de las mismas, que se conduzcan a través de un alcantarillado. Como también puede existir una mezcla de ambos tipos (Duarte, 2002).

### 2.2.2 CALIDAD DEL AGUA RESIDUAL

La calidad del agua se refiere a las condiciones en que se encuentra el agua respecto a características físicas, químicas y biológicas, en su estado natural o después de ser alteradas por la actividad humana. El concepto de calidad del agua ha sido asociado cuando puede ser usada sin causar daño, estando exenta de sustancias y microorganismos. Sin embargo, dependiendo de otros usos que se requieran para el agua, así se puede determinar la calidad del agua para dichos usos. La importancia de la calidad del agua radica en que el agua es uno de los principales medios para la transmisión de muchas enfermedades que afectan a los humanos (URL, Facultad de Ingeniería, 2014).

La calidad del agua se mide por la presencia y cantidad de contaminantes y para conocerse con exactitud es necesario realizar un análisis del agua en un laboratorio especializado mediante el análisis de los datos de un estudio técnico de la planta de tratamiento. Los datos teóricos, de la calidad del agua al salir de la planta de tratamiento, son comparados con las normas nacionales que regulan las descargas y reuso de las aguas residuales (Herrera, 1995).

## 2.2.3 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

La calidad del agua modificada por sustancias puede no ser tóxica, pero cambia el aspecto del agua, entre ellas los sólidos en suspensión, la turbidez, el color, el olor, la temperatura (IRNA, 2006).

### 2.2.3.1 Sólidos

El agua residual contiene una variedad de materiales sólidos que varían desde hilachas hasta materiales coloidales. En la caracterización de las aguas residuales, los materiales gruesos son removidos generalmente antes de analizar sólidos en la muestra. Se presume que los sólidos volátiles (SV) representan la materia orgánica, a pesar de que parte de la materia orgánica no se incinere y de que algunos compuestos inorgánicos se descompongan a altas temperaturas. De manera que tanto los ST como los SST poseen fracciones de sólidos fijos y sólidos volátiles y en forma similar los sólidos disueltos totales (SDT) también están compuestos de sólidos fijos y sólidos volátiles. La prueba estandarizada para determinar los sólidos sedimentables consiste en colocar una muestra de agua residual en un cono Imhoff de 1 L. y anotar el volumen de sólidos en mililitros que sedimenta después de un período de tiempo específico (1 h). Generalmente, cerca del 60% del total de sólidos suspendidos en aguas residuales municipales son sedimentables (Duarte, 2002).

### 2.2.3.2 Turbidez

La turbiedad, como una medida de las propiedades de dispersión de la luz de las aguas, es otro parámetro usado para indicar la calidad de las aguas naturales y las aguas residuales tratadas con relación al material residual en suspensión coloidal. La medición de turbiedad se realiza por comparación entre la intensidad de luz dispersa en una muestra y la luz dispersa por una suspensión de referencia bajo las mismas condiciones. Los resultados de las mediciones de turbiedad se dan en unidades nefelométricas de turbiedad (UNT). El material coloidal impide la transmisión de la luz, ya que la absorbe o dispersa (URL, Facultad de Ingeniería, 2014).

### 2.2.3.3 Color

El color en aguas residuales es causado por sólidos suspendidos, material coloidal y sustancias en solución. El color por sólidos suspendidos se llama color aparente mientras que el color causado por sustancias disueltas y coloidales se denomina color verdadero. El color verdadero se obtiene sobre una muestra filtrada. Dado que la medida depende del tamaño del poro del filtro, se debe especificar el tipo de filtro usado y el tamaño del poro. El color de una muestra de agua residual se determina comparando el color de la muestra y el color producido por soluciones de diferente concentración de Cloroplatinato de potasio ( $K_2PtCl_6$ ). Una unidad de color corresponde al color generado por 1.0 mg/L de platino. Las fuentes de color en aguas residuales incluyen la infiltración y aportes de conexiones erradas en sistemas de recolección, descargas industriales y la descomposición de compuestos orgánicos (Sarceño, 2011).

En forma cualitativa, el color puede ser usado para estimar la condición general del agua residual. Si el color es café claro, el agua residual lleva aproximadamente 6 horas después de su descarga. Un color gris claro es característico de aguas que ha sufrido algún grado de descomposición o que han permanecido un tiempo corto en los sistemas de recolección. Si el color es gris oscuro o negro, se trata en general de aguas sépticas que han sufrido una fuerte descomposición bacterial bajo condiciones anaerobias (en ausencia de oxígeno). El oscurecimiento de las aguas residuales se da con frecuencia debido a la formación de varios sulfuros, en particular sulfuro ferroso ( $FeS$ ). La formación de sulfuros ocurre cuando el ácido sulfhídrico, producido a partir de la reducción de sulfato bajo condiciones anaerobias, se combina con metales divalentes que pueden estar presentes en las aguas residuales, como el hierro (Sarceño, 2011).

### 2.2.3.4 Olor

La determinación de olor es cada vez más importante en la medida en que el público se ha interesado más por la propia operación de las instalaciones de tratamiento de aguas residuales, es decir, el olor de un agua residual fresca es en general inofensivo, pero una gran variedad de compuestos malolientes son liberados cuando se produce la degradación biológica bajo condiciones anaerobias de las aguas residuales. El principal compuesto de olor indeseable es el sulfuro de hidrógeno (olor a huevo podrido). Los olores pueden ser

medidos mediante métodos sensoriales e instrumentales. La medición sensorial de olores empleando el sentido del olfato de los humanos puede generar información importante en niveles de detección muy bajos. Por ello, con frecuencia el método sensorial se usa para medir olores en plantas de tratamiento (Duarte, 2002).

#### 2.2.3.5 Temperatura

La temperatura del agua residual es por lo general mayor que la temperatura del agua para abastecimientos como consecuencia de la incorporación de agua caliente proveniente del uso doméstico e industrial. La medición de la temperatura es importante, ya que muchos de los sistemas de tratamiento de aguas residuales incluyen procesos biológicos que dependen de la temperatura. La temperatura del agua residual varía de estación en estación y también con la posición geográfica.

La temperatura del agua es un parámetro muy importante porque afecta directamente las reacciones químicas y las velocidades de reacción, la vida acuática y la adecuación del agua para fines benéficos. Un incremento en la temperatura puede causar cambios en las especies que existan en un cuerpo receptor. Las instalaciones industriales que usen fuentes de agua superficial para los sistemas de enfriamiento tienen particular interés en la temperatura del agua captada. Además, el oxígeno es menos soluble en agua caliente que en agua fría. El aumento en la velocidad de las reacciones bioquímicas, como consecuencia de incremento en la temperatura de las aguas superficiales, puede ocasionar una drástica disminución en la concentración del oxígeno disuelto durante los meses de verano (Duarte, 2002).

#### 2.2.3.6 Densidad

La densidad del agua residual se define como su masa por unidad de volumen y se expresa como g/L o kg/m<sup>3</sup> en medidas del sistema internacional (SI). La densidad es una característica física para establecer la formación potencial de corrientes de densidad en sedimentadores, humedales artificiales y otras unidades de tratamiento. La densidad del agua residual doméstica que no contiene cantidades significativas de desecho es prácticamente de igual valor a la del agua pura a una misma temperatura (Sarceño, 2014).

## 2.2.4 CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS

Las actividades industriales generan contaminación al agua cuando hay presencia metales pesados tóxicos para los humanos tales como arsénico, plomo, mercurio y cromo. La actividad agrícola contamina cuando emplea fertilizantes que son arrastrados hacia las aguas, especialmente nitratos y nitritos. Además, el uso inadecuado de plaguicidas contribuye a contaminar el agua con sustancias toxicas para los humanos (IRNA, 2006).

### 2.2.4.1 pH

La expresión usual para medir la concentración del ion hidrógeno en una solución está en términos del pH, el cual se define como el logaritmo negativo de la concentración de hidrógeno:

$$\text{pH} = -\log_{10} [\text{H}^+]$$

La concentración del ion hidrógeno se mide generalmente en forma instrumental empleando un potenciómetro. También se emplean soluciones y papeles indicadores que cambian de color a diferentes valores de pH.

### 2.2.4.2 Nitrógeno

Dado que el nitrógeno y el fósforo son esenciales para el crecimiento biológico, reciben acá el nombre de nutrientes o bioestimulantes. Cantidad de otros elementos, como el hierro, también son necesarios para el crecimiento biológico, pero el nitrógeno y el fósforo son en la mayoría de los casos los nutrientes más importantes. Debido a que el nitrógeno es esencial para la síntesis de proteínas, se necesitan conocer datos sobre la presencia de este nutriente a la hora de evaluar la tratabilidad del agua residual mediante procesos biológicos. En casos en los que la concentración de nitrógeno sea insuficiente será necesario adicionarlo para lograr que el agua residual sea tratable. El contenido total de nitrógeno está compuesto por nitrógeno amoniacal, nitritos, nitratos y nitrógeno orgánico (IRNA, 2006).

### 2.2.4.3 Fósforo

El fósforo también es importante en el crecimiento de algas y otros organismos biológicos. Debido al nocivo crecimiento incontrolado de algas en aguas superficiales se han realizado grandes esfuerzos para controlar la cantidad de compuestos del fósforo provenientes de

descargas de aguas residuales domésticas, industriales y de escorrentía natural. Las aguas residuales municipales, por ejemplo, pueden contener entre 4 y 12 mg/L de fósforo expresado como P. Las formas más frecuentes en que se puede encontrar el fósforo en soluciones acuosas incluyen ortofosfatos, polifosfatos y fósforo orgánico. El fósforo enlazado a compuestos orgánicos carece de importancia en muchos residuos domésticos, pero puede ser un constituyente importante de residuos industriales y lodos de aguas residuales (Duarte, 2002).

#### 2.2.4.4 Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)

La DBO es el método usado con mayor frecuencia en el campo de tratamiento de las aguas residuales. Si existe suficiente oxígeno disponible, la descomposición biológica aerobia de un desecho orgánico continuará hasta que el desecho se haya consumido. Tres actividades más o menos diferenciadas pueden ocurrir. Primero, una parte del desecho se oxida a productos finales y con ellos los microorganismos obtienen energía para el mantenimiento de las células y la síntesis de nuevo tejido celular. Simultáneamente, otra fracción del desecho se convierte en tejido celular nuevo empleando la energía liberada durante la oxidación. Por último, cuando se consume la materia orgánica, las nuevas células empiezan a consumir su propio tejido celular con el fin de obtener energía para el mantenimiento celular, este tercer proceso es llamado respiración endógena. El valor calculado de DBO se conoce como la demanda bioquímica de oxígeno a cinco días y 20°C (MARN, 2006). El cuadro 5 presenta los parámetros de calidad asociados a la DBO que muestra cual debe ser el valor en cada una de las etapas.

**Cuadro 5.** Art. 27. Parámetros de calidad asociado a la DBO.

<b>Parámetro</b>	<b>Dimensional</b>	<b>Valor inicial</b>	<b>Fecha máxima de cumplimiento</b>			
			<b>Dos de mayo de dos mil once</b>	<b>Dos de mayo de dos mil quince</b>	<b>Dos de mayo de dos mil veinte</b>	<b>Dos de mayo de dos mil veinticuatro</b>
<b>Etapa</b>						
<b>Uno</b>	<b>Dos</b>	<b>Tres</b>	<b>Cuatro</b>			
<b>Demandra bioquímica de oxígeno</b>	<b>Miligramos por litro</b>	<b>3500</b>	<b>1500</b>	<b>750</b>	<b>450</b>	<b>200</b>

Fuente: Acuerdo Gubernativo 236-2006, (MARN, 2006).

#### 2.2.4.5 Demanda Química de Oxígeno (DQO)

La prueba de la DQO es usada para medir el material orgánico presente en las aguas residuales, susceptible de ser oxidado químicamente con una solución de Dicromato en medio ácido. Aunque se podría esperar que el valor de la DBO última fuera similar al de la DQO, éste sería un caso fortuito (MARN, 2006).

Algunas razones para explicar tal diferencia se enumeran a continuación:

1. Muchas sustancias orgánicas las cuales son difíciles de oxidar biológicamente, tales como la lignina, pueden ser oxidadas químicamente.
2. Las sustancias inorgánicas que se oxidan con Dicromato aumentan evidentemente el contenido orgánico de la muestra.
3. Algunas sustancias orgánicas pueden ser tóxicas para los microorganismos usados en la prueba de la DBO.
4. Valores altos de DQO se pueden obtener por la presencia de sustancias inorgánicas con las cuales el Dicromato puede reaccionar.

#### 2.2.4.6 Grasas y aceites

La expresión “grasas y aceites” es muy usada para referirse a aceites, grasas, ceras y otros constituyentes similares encontrados en las aguas residuales. El contenido de grasas y aceites en aguas residuales se determina por extracción de la muestra de residuo con triclorotrifluoroetano (las grasas y aceites son solubles en triclorotrifluoroetano). Otras sustancias pueden ser extraídas por este método, como algunos derivados del petróleo, entre ellos kerosene, aceites lubricantes y aceites de materiales bituminosos empleados en la construcción de pavimento para carreteras. En términos químicos, las grasas y aceites de origen vegetal o animal son similares, pues básicamente son ésteres compuestos de ácidos grados, alcohol y glicerol (glicerina). De estos triglicéridos, aquellos que se encuentran en estado líquido a temperatura ambiente se denominan aceites, y los que permanecen en estado sólido se llaman grasas (MARN, 2006).

Debido a sus propiedades, la presencia de grasas y aceites en aguas residuales pueden causar muchos problemas en tanques sépticos, en sistemas de recolección y en el

tratamiento de aguas residuales. La formación de natas sobre la superficie de tanques sépticos debe ser removida periódicamente; de no ser así, el espacio comprendido entre la superficie y la zona de lodos se ve reducido, provocando el arrastre de sólidos al segundo compartimiento o a los sistemas de vertimiento como campos de infiltración ocasionando una saturación prematura.

Si las grasas y aceites no se remueven en los procesos de pre tratamiento de aguas residuales, tenderán a acumularse posteriormente en los procesos siguientes. Si las grasas no se remueven antes de descargar las aguas residuales tratadas, podrían interferir con la vida biológica en la superficie de las fuentes receptoras creando películas desagradables a la vista (Duarte, 2002).

## 2.2.5 CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS

Los coliformes representan un indicador biológico de las descargas de materia orgánica. Las coliformes totales no son indicadoras estrictas de contaminación de origen fecal, puesto que existen en el ambiente como organismos libres. Sin embargo, son buenos indicadores microbianos de la calidad de agua. También contaminan el agua virus, algas, protozoos y hongos (Castañeda, 1990).

Existen diversos coliformes que contaminan el agua. Las bacterias coliformes fecales son uno de los principales contaminantes del agua. Este grupo de bacterias coliforme es normalmente encontrado en las heces de animales homeotermos (mamíferos, aves) y del hombre. Cuando se desea conocer la calidad de agua contaminada por descargas domésticas se emplea el grupo coliforme fecal como indicador debido a que estas bacterias generalmente no se multiplican fuera del intestino. La mayor especie en el grupo de coliforme fecal es Escherichiacoli (IARNA, 2006).

## 2.2.6 TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

El tipo de tratamiento de aguas residuales es seleccionado de acuerdo a los objetivos que se fijen al buscar la remoción de los contaminantes, sea tratamiento primario, secundario o terciarios. Estos tratamientos implican cualquier proceso químico, físico o biológico, como también puede ser una combinación de los mismos. Este tratamiento es utilizado para mejorar las características de las aguas residuales (Duarte, 2002).

Con el tratamiento correcto de las aguas residuales, se reducirá el riesgo de que las personas cercanas al río donde se vierten las aguas residuales contraigan enfermedades y también buscar el cuidar del medio ambiente ya que no se seguirá descargando aguas contaminadas al río y en un futuro se podrá rescatar el río. Las plantas de tratamiento de agua residual son conocidas por su abreviatura, PTAR (Sarceño, 2011).

#### 2.2.6.1 Tratamiento Primario

Este tratamiento busca eliminar, reducir o separar del agua los sólidos de gran tamaño, los sólidos inorgánicos pesados, inertes y arenas, como también las cantidades excesivas de aceites y grasas por medio de la precipitación o sedimentación, con o sin reactivos (URL, Facultad de Ingeniería, 2014).

##### a. Remoción de Sólidos

En el tratamiento mecánico, el afluente es filtrado en rejillas para remover todos los objetos grandes que son depositados en el sistema de alcantarillado y tiene que ser removido porque puede dañar el equipo sensible en la PTAR, tal como, trapos, pañales, latas, papel, cubiertos, etc. Además los tratamientos biológicos no están diseñados para tratar sólidos (URL, Facultad de Ingeniería, 2014).

##### b. Remoción de arena:

La arena y las piedras necesitan ser removidas oportunamente en el proceso para prevenir daño en las bombas y otros equipos en las etapas restantes del tratamiento. Algunas veces hay baños de arena (clasificador de la arena) seguidos de un sistema que transporta la arena a un contenedor para la deposición.

##### c. Sedimentación

Los tanques son lo suficientemente grandes que los sólidos fecales pueden situarse y el material flotante como la grasa y plásticos pueden levantarse hacia la superficie y desnatarse. El propósito principal de la etapa primaria es producir generalmente un líquido homogéneo capaz de ser tratado biológicamente y de un lodo que puede ser tratado por separado.

#### 2.2.6.2 Tratamiento Secundario

Este tratamiento está diseñado para degradar sustancialmente el contenido de materia orgánica biológico del agua residual, el cual deriva los desechos orgánicos provenientes de residuos humanos, residuos de alimentos, jabones y detergentes. Las bacterias que provocan la descomposición de la materia orgánica son de dos clases: los formadores de ácidos, en las cuales hidrolizan y fermentan los compuestos orgánicos pasándolos a ácidos orgánicos, principalmente acético; y también los formadores de metano, las cuales convierten a estos ácidos en metano y dióxido de carbono (URL, Facultad de Ingeniería, 2014).

##### a. Lodos Activados

Las plantas de lodos activados usan una variedad de mecanismos y procesos para usar oxígeno disuelto y promover el crecimiento de organismos biológicos que remueven substancialmente materia orgánica. También puede atrapar partículas de material y puede, bajo condiciones ideales, convertir amoniaco en nitrito y nitrato y en última instancia a gas nitrógeno (URL, Facultad de Ingeniería, 2014).

En el proceso de lodos activados, las bacterias son los microorganismos más importantes y responsables de la descomposición de la materia orgánica.

El oxígeno se suministra por varios medios tales como: agitadores o inyección de aire dentro de la mezcla de lodo, causando mezcla turbulenta con burbujas de aire pequeñas. La aireación es seguida de una separación del líquido, sólido y una porción del lodo sedimentado.

En la etapa de aireación, la fracción de orgánicos sujetos a degradación biológica se convierte en fracción de inorgánicos, y el remanente queda como lodo activado adicional (MARN, 2006).

Se permite el tratamiento de los lodos por medio de la tecnología o los sistemas que el ente generador considere más adecuados a sus condiciones particulares, incluyendo la incineración a temperaturas mayores de mil quinientos grados Celsius. Es aceptada efectuar la disposición final de lodos, por cualquiera de las siguientes formas:

- i) Aplicación al suelo: acondicionador, abono o compost;
- ii) Disposición en rellenos sanitarios;

iii) Confinamiento o aislamiento;

El cuadro 6 presenta los parámetros y límites máximos permisibles para lodos según su aplicación, disposición y confinamiento.

**Cuadro 6.** Art. 42. Parámetros y límites máximos permisibles para lodos.

Disposición Final	Dimensionales	Aplicación al suelo	Disposición en rellenos sanitarios	Confinamiento o aislamiento
Arsénico	Miligramos por kilogramo de materia seca a ciento cuatro grados Celsius	50	100	> 100
Cadmio	Miligramos por kilogramo de materia seca a ciento cuatro grados Celsius	50	100	> 100
Cromo	Miligramos por kilogramo de materia seca a ciento cuatro grados Celsius	1500	3000	> 3000
Mercurio	Miligramos por kilogramo de materia seca a ciento cuatro grados Celsius	25	50	> 50
Plomo	Miligramos por kilogramo de materia seca a ciento cuatro grados Celsius	500	1000	> 1000

Fuente: Acuerdo Gubernativo 236-2006, (MARN, 2006).

#### 2.2.6.3 Tratamiento Terciario

El tratamiento terciario proporciona una etapa final de tratamiento para llevar la calidad del efluente al estándar requerido antes de que sea descargado al ambiente; mar, río, lago, etc. Es la etapa de desinfección. (URL, Facultad de Ingeniería, 2014).

##### a. Desinfección

La desinfección en el tratamiento de aguas residuales es reducir substancialmente el número de organismos vivos en el agua que se descargarán nuevamente dentro del ambiente. La efectividad de la desinfección depende de la calidad del agua tratada, del tipo de desinfección utilizada, de la dosis de desinfectante. Generalmente, tiempos de contacto cortos, dosis bajas y altos flujos influyen en contra de una desinfección eficaz. Los métodos comunes de desinfección incluyen el ozono, cloro, o la luz UV (IARNA, 2006).

La desinfección con cloro sigue siendo la forma más común de desinfección de las aguas residuales en gran parte del mundo debido a su bajo costo y del largo plazo de la eficacia. Una desventaja es que puede generar compuestos orgánicamente clorados que pueden ser carcinógenos o dañinos al ambiente. Además, porque el cloro residual es tóxico para especies acuáticas, el efluente tratado debe ser químicamente desclorado, agregándose complejidad y costo del tratamiento (Borrero, 2014).

## 2.2.7 ACUERDO GUBERNATIVO 236-2006

El Reglamento establece los criterios y requisitos que deben cumplirse para la descarga y reuso de aguas residuales, así como para la disposición de lodos en toda Guatemala. Para que a través del mejoramiento de las características del agua, se logre establecer un proceso continuo que permita (MARN, 2006):

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

### 2.2.7.1 Límite máximo permisible

Los límites máximos permisibles de los parámetros para las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores son:

El cuadro 7 muestra los parámetros de agua residual con sus límites máximos permisibles en cada una de las diferentes etapas.

**Cuadro 7.** Art. 20. Límites máximos permisibles de los parámetros de agua residual.

Parámetros	Dimensionales	Valores iniciales	Fecha máxima de cumplimiento			
			Dos de mayo de dos mil once	Dos de mayo de dos mil quince	Dos de mayo de dos mil veinte	Dos de mayo de dos mil veinticuatro
			Etapa			
Temperatura	Grados Celsius	TCR +/- 7	TCR +/- 7	TCR +/- 7	TCR +/- 7	TCR +/- 7
Grasas y aceites	Miligramos por litro	1500	100	50	25	10
Materia flotante	Ausencia/presencia	Presente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
Sólidos suspendidos	Miligramos por litro	3500	600	400	150	100
Nitrógeno total	Miligramos por litro	1400	100	50	25	20
Fósforo total	Miligramos por litro	700	75	30	15	10
Potencial de hidrógeno	Unidades de potencial de hidrógeno	6 a 9	6 a 9	6 a 9	6 a 9	6 a 9
Coliformes fecales	Número más probable en cien mililitros	< 1x10 <sup>8</sup>	< 1x10 <sup>5</sup>	< 1x10 <sup>5</sup>	< 1x10 <sup>4</sup>	< 1x10 <sup>4</sup>
Arsénico	Miligramos por litro	1	0.5	0.1	0.1	0.1
Cadmio	Miligramos por litro	1	0.4	0.1	0.1	0.1
Cianuro total	Miligramos por litro	6	3	1	1	1
Cobre	Miligramos por litro	4	4	3	3	3
Cromo hexavalente	Miligramos por litro	1	0.5	0.1	0.1	0.1
Mercurio	Miligramos por litro	0.1	0.1	0.02	0.02	0.01
Níquel	Miligramos por litro	6	4	2	2	2
Plomo	Miligramos por litro	4	1	0.4	0.4	0.4
Zinc	Miligramos por litro	10	10	10	10	10
Color	Unidades platino cobalto	1500	1300	1000	750	500

TCR = temperatura del cuerpo receptor, en grados Celsius.

Fuente: Acuerdo Gubernativo 236-2006, (MARN, 2006).

#### 2.2.7.2 Parámetros de agua para reuso

**TIPO I:** REUSO PARA RIEGO AGRÍCOLA EN GENERAL: uso de un efluente que debido a los nutrientes que posee se puede utilizar en el riego extensivo e intensivo, a manera de fertiriego, para recuperación y mejoramiento de suelos y como fertilizante en plantaciones de cultivos que, previamente a su consumo, requieren de un proceso industrial, de conformidad con los límites máximos permisibles establecidos en el artículo 35 (MARN, 2006).

**TIPO II:** REUSO PARA CULTIVOS COMESTIBLES: con restricciones en el riego de áreas con cultivos comestibles que se consumen crudos o precocidos, como hortalizas y frutas, de conformidad con los límites máximos permisibles del artículo 35 (MARN, 2006).

**TIPO III:** REUSO PARA ACUACULTURA: uso de un efluente para la piscicultura y camaronicultura, de conformidad con los límites máximos permisibles establecidos en el artículo 35 (MARN, 2006).

**TIPO IV:** REUSO PARA PASTOS Y OTROS CULTIVOS: con restricciones en el riego de áreas de cultivos no alimenticios para el ser humano como pastos, forrajes, fibras, semillas y otros, de conformidad con los límites máximos permisibles establecidos en el artículo 35 (MARN, 2006).

**TIPO V:** REUSO RECREATIVO: con restricciones en el aprovechamiento para fines recreativos en estanques artificiales donde el ser humano sólo puede tener contacto incidental, incluido el riego en áreas verdes, de conformidad con los límites máximos permisibles establecidos en el artículo 35 (MARN, 2006).

El cuadro 8 presenta los parámetros y sus límites máximos permisibles para el tipo de reuso del agua tratada.

**Cuadro 8.** Art. 35. Parámetros y límite máximos permisibles para Reuso.

Tipo de reuso	Demanda bioquímica de oxígeno, miligramos por litro	Coliformes fecales, número más probable por cien mililitros
Tipo I	No aplica	No aplica
Tipo II	No aplica	$< 2 \times 10^2$
Tipo III	200	No aplica
Tipo IV	No aplica	$< 1 \times 10^3$
Tipo V	200	$< 1 \times 10^3$

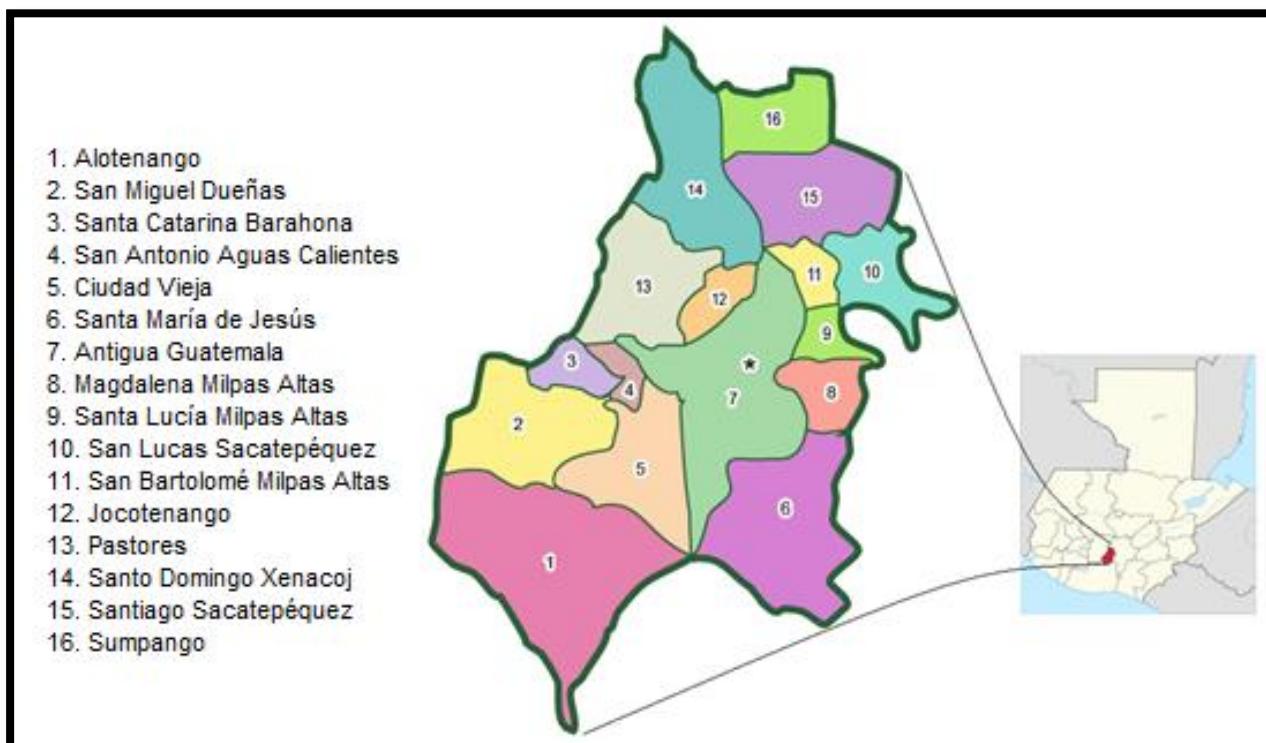
Fuente: Acuerdo Gubernativo 236-2006, (MARN, 2006).

## 2.3 MARCO REFERENCIAL

### 2.3.1 UBICACIÓN Y LOCALIZACIÓN

#### 2.3.1.1 San Lucas Sacatepéquez

El municipio de San Lucas Sacatepéquez se localiza a 29 kilómetros de la ciudad de Guatemala, y a 14 kilómetros de su cabecera departamental, Antigua Guatemala, en las coordenadas geográficas Latitud Norte 14°36'35.54" y Longitud Oeste 90°39'21.23", con una altitud promedio de 2,081 metros sobre el nivel del mar (msnm). Es la cabecera municipal del municipio del mismo nombre y dentro de la división político-administrativa pertenece al departamento de Sacatepéquez. Como se muestra en la figura 5, este municipio colinda al Norte, con los municipios de Santiago Sacatepéquez y Mixco, al sur, con Santa Lucia Milpas Altas y Magdalena Milpas Altas de Sacatepéquez; al oriente, con los municipios de Mixco y Villa Nueva; y al poniente, con San Bartolomé Milpas Altas y Santa Lucia Milpas Altas. Posee una extensión territorial de aproximadamente 27.35 km<sup>2</sup> (INE, 2009).



**Figura 5.** División Política del Departamento de Sacatepéquez, Guatemala.

### 2.3.1.2 Cantón Chichorin

El Cantón Chichorin está localizado en el municipio de San Lucas Sacatepéquez, departamento de Sacatepéquez con coordenadas geográficas de Latitud Norte 14° 36' 7.79" y Longitud Oeste 90° 39' 57.79". Su altitud es de aproximadamente 2,063 metros sobre el nivel del mar (msnm) (Aguilar, 2014).

### 2.3.1.3 Planta de tratamiento de aguas residuales cantón Chichorin

Ubicada en el km. 30.5 Cantón Chichorin, municipio de San Lucas Sacatepéquez, dio inicio en el año 2,010 y está basada en un sistema de tratamiento de tipo biológico aeróbico con base en Lodos Activados con Aireación Extendida. Actualmente se recolectan las aguas servidas de los diferentes lugares: Jardines de San Lucas I, Mercado El Monumento, 2<sup>a</sup> ave. Sur zona 2 Callejón Vivero El Paraíso, Callejón Shell, Callejón Esso, Plan El Mora, Colonia Dos Robles y Cantón Chichorin, con un total 149 servicios (De León, 2014).

La PTAR funciona a través de energía eléctrica, cuenta con dos motores aireadores, dos motores extractores de lodos y dos patios de secado, un sistema de cloración por medio de pastillas y un separador de grasas (rejillas); cuenta con una persona permanente responsable del mantenimiento y limpieza de la PTAR. El costo mensual de energía eléctrica es de aproximadamente Q. 20,000.<sup>00</sup> (Borrero, 2014).

La figura 6 muestra los sectores que se encuentran conectados a la red de alcantarillado que deposita directamente sus aguas servidas a la planta de tratamiento de agua residual ubicada en el cantón Chichorin, San Lucas Sacatepéquez.

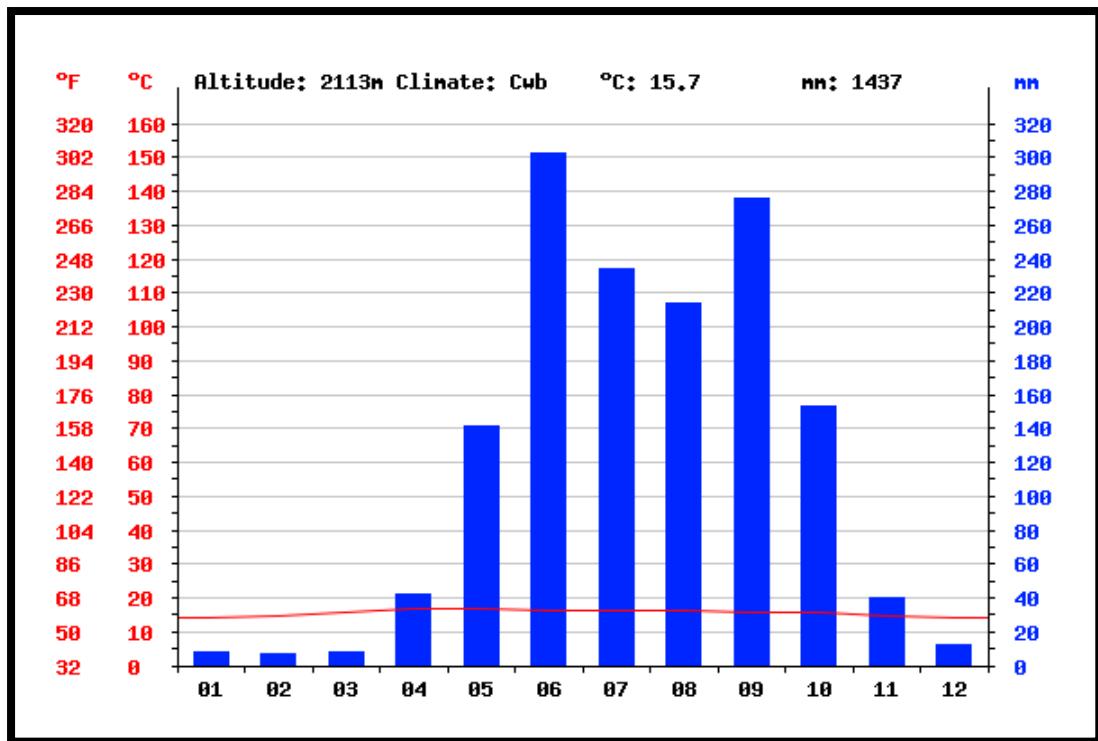


**Figura 6.** Sectores que drenan agua residual a la planta de tratamiento. Fuente: Municipalidad San Lucas Sacatepéquez (2014).

#### 2.3.1.4 Clima

Se caracteriza por tener un clima frío en la mayor parte de la época del año. Las temperaturas promedio oscilan entre los 7 °C en la mínima, mientras que en 25 °C la máxima. La época lluviosa se presenta de mayo a octubre. Por otro lado, la precipitación anual promedio es de 1,344 mm, evapotranspiración estimada en un 75% y topografía media escarpada (INSIVUMEH, 2014).

En la figura 7 se presenta el climadiagrama de la región de San Lucas Sacatepéquez, donde se puede observar el comportamiento de la temperatura y la precipitación en los doce meses del año, obtenidos de la tabla climática que se encuentra en la Figura No.18 de los anexos.



**Figura 7.** Climadiagrama, Región San Lucas Sacatepéquez.

Fuente: INSIVUMEH (2014).

El mes más seco es febrero, con 7 mm., mientras que la caída media es en el mes de junio con 302 mm, siendo el mes que tiene las mayores precipitaciones del año. La diferencia en la precipitación entre el mes más seco y el mes más lluvioso es de 295 mm. Las temperaturas medias varían durante el año en un 2.9 °C.

### 2.3.1.5 Zona de Vida

Bosque húmedo montañoso central bajo Sub-tropical (bh-MB) (Cruz, 1982).

### 2.3.1.6 Flora

La vegetación natural, típica de la parte central del altiplano, está representada por rodales de encino o roble (*Quercus* spp.) asociados generalmente con pino, pino de ocote (*Pinus pseudostrubos* Lindl. y *P. montezumae* Lamb.), aliso (*Alnus jorullensis* Kunth), duraznillo o aliso blanco (*Ostrya virginiana* Mill.), cerezo o capulín (*Prunus serotina* Ehrh.), madroño, guayabo, guayabillo, pulca (*Arbutus xalapensis* Kunth) (Castañeda, 2014).

## 2.4 OBJETIVOS

### 2.4.1 GENERAL

Evaluar el funcionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales del Cantón Chichorin del municipio de San Lucas Sacatepéquez.

### 2.4.2 ESPECÍFICOS

- a. Caracterizar la planta de tratamiento de aguas residuales en función del tipo de tratamiento y subproductos del proceso.
- b. Determinar la calidad física, química y biológica de los afluentes y efluentes de la planta de tratamiento de aguas residuales.
- c. Clasificar el tipo de efluente y reuso de acuerdo a la normativa gubernamental 236-2006.
- d. Implementar lineamientos de mejora continua para el funcionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales.

## 2.5 METODOLOGÍA

La evaluación del funcionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales del Cantón Chichorin, se basará en fases establecidas de la siguiente manera:

### 2.5.1 CARACTERIZACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN FUNCIÓN DEL TIPO DE TRATAMIENTO Y SUBPRODUCTOS DEL PROCESO.

En esta fase, se realizó la descripción general del área de estudio, tales como la topografía del terreno, calidad del agua, clima, y en términos de infraestructura física, tipo de tratamiento y subproductos del proceso de purificación del agua, así mismo como capacidades volumétricas de recepción de afluentes y efluentes hacia cuerpos receptores, midiendo el caudal.

Se caracterizó el medio físico del origen de los afluentes a la PTAR, para definir la naturaleza de la calidad según el Acuerdo Gubernativo 236-2006 en aguas tipo especial, como lo son las procedentes del Mercado El Monumento y las de tipo ordinario, procedentes de Jardines de San Lucas I, Callejón Vivero El Paraíso, Callejón Shell, Plan El Mora y Cantón Chichorin, Callejón Esso.

### 2.5.2 DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD FÍSICA, QUÍMICA Y BIOLÓGICA DE LOS AFLUENTES Y EFLUENTES DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.

Se realizó un muestreo en época lluviosa y uno en época seca, tomando 3 puntos de muestreo diferente, siendo la entrada de agua a la planta de tratamiento, la salida del agua de la planta de tratamiento y por último, un punto externo a 30 m. antes de la salida del efluente de la planta de tratamiento sobre el río Chichorin. Se realizó un análisis de los resultados de la toma de muestra, esto para evaluar si el río trae contaminantes o para determinar si se tendrá que realizar mejoras en algunos de los procesos del tratamiento de las aguas que entran a la planta. Dichos análisis fisicoquímicos y bacteriológicos del agua residual los realizó el laboratorio de agua del Instituto de Fomento Municipal –INFOM–.

Según el Acuerdo Gubernativo 236-2006 se clasifican para su reuso de conformidad a lo que dicta dicho acuerdo. Las variables son:

#### 2.5.2.1 Caudal

Medición de los litros por segundo del efluente.

#### 2.5.2.2 Aceites y grasas

Medición de miligramos presentes de grasas y aceites por litro de agua residual (mg/L).

#### 2.5.2.3 Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)

Medición de miligramos de DBO por cada litro de efluente (mg/L).

#### 2.5.2.4 Demanda química de oxígeno (DQO)

Medición de miligramos de DQO por cada litro de efluente (mg/L).

#### 2.5.2.5 Fósforo total

Medición de los miligramos de fosforo total presente por cada litro de efluente (mg/L).

#### 2.5.2.6 Nitrógeno total

Medición de miligramos de nitrógeno total presente por cada litro de efluente (mg/L).

#### 2.5.2.7 Materia flotante

Presencia/ausencia en el efluente.

#### 2.5.2.8 pH

Medición de la concentración de iones hidrógeno presente en el efluente.

#### 2.5.2.9 Coliformes fecales

Medición del número más probable en 100 mililitros de muestra (NMP/100 mL).

#### 2.5.2.10 Sólidos en suspensión

Medición de los miligramos de sólidos suspendidos presente por cada litro de efluente (mg/L).

#### 2.5.2.11 Color

Medición de las unidades platino cobalto (Pt-Co) presentes en el efluente.

### 2.5.3 CLASIFICACIÓN DEL TIPO DE EFLUENTE Y REUSO DE ACUERDO A LA NORMATIVA GUBERNAMENTAL 236-2006.

En esta etapa se clasificó la calidad física, química y biológica del afluente y efluente de la planta de tratamiento según sea el reuso de los indicadores establecidos por el Acuerdo Gubernativo 236-2006 que son temperatura, potencial de hidrógeno, grasas y aceites, material flotante, DBO, DQO, sólidos suspendidos totales, nitrógeno total, fósforo total, color y coliformes fecales.

### 2.5.4 ELABORACIÓN DE PROPUESTA DE MEJORA CONTINUA PARA EL FUNCIONAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.

En esta última fase, con base en todo lo anterior, se propone un lineamiento de mejora continua para el funcionamiento correcto de la planta de tratamiento de aguas residuales del Cantón Chichorin del municipio de San Lucas Sacatepéquez.

## 2.6 RESULTADOS

### 2.6.1 CARACTERIZACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN FUNCIÓN DEL TIPO DE TRATAMIENTO Y SUBPRODUCTOS DEL PROCESO

#### 2.6.1.1 Ingreso de aguas

Las fuentes de agua residual que ingresan a la planta de tratamiento son aguas domésticas o urbanas, que son vertidos que se generan en los núcleos de población urbana como consecuencia de las actividades propias de éstos. Los aportes que genera esta agua son las aguas negras o fecales y las aguas de lavado doméstico.

Las aguas residuales urbanas presentan una cierta homogeneidad en cuanto a composición y carga contaminante, ya que sus aportes serán siempre los mismos. Pero esta homogeneidad tiene unos márgenes muy amplios, ya que las características de cada vertido urbano van a depender del núcleo de población en el que se genere, influyendo parámetros tales como el número de habitantes, la existencia de industrias dentro del núcleo, tipo de industria, etc.

Las aguas pluviales provienen del sistema de drenaje de calles y avenidas, producto de lluvias o lixiviados (a menudo se les ve como parte de aguas domésticas), entra al

alcantarillado del agua residual, dando como resultado un alcantarillado combinado hasta llegar a su disposición final que es la planta de tratamiento.

El sistema de tratamiento se inicia con la llegada por gravedad de toda el agua residual a un tanque de bombeo, la PTAR maneja un caudal de 3 L/seg, equivalente a los 260 m<sup>3</sup>/d aportados por el alcantarillado combinado, causando problemas a la planta de tratamiento, por lo que provoca picos en el caudal de entrada hasta 3-5 veces el caudal normal del tiempo seco. Estos picos perturban el funcionamiento normal de la planta.

Por esta razón, el sistema de alcantarillado combinado hace que el funcionamiento de la planta de tratamiento se vea más afectado por los picos hidráulicos y de carga orgánica durante la temporada de lluvia, así como el mantenimiento que se le debe dar con el aumento de la capacidad sobre el diseño de la planta.

El agua pluvial urbana a menudo está contaminada con emisiones de tránsito como grasas, hidrocarburos y metales pesados.

Actualmente el sistema de alcantarillado combinado recolecta las aguas de los diferentes lugares, Jardines de San Lucas I, Mercado El Monumento, 2<sup>a</sup> ave. Sur zona 2 Callejón Vivero El Paraíso, Callejón Shell, Callejón Esso, Plan El Mora, Colonia Dos Robles y Cantón Chichorin, con un total de 149 servicios registrados en el Sistema de Servicios de Gobiernos Locales "GL"(De León, 2014).

En el 2010 la planta de tratamiento de agua residual de Cantón Chichorin fue diseñada y estructurada por el Grupo Durman Esquivel, S.A., de acuerdo a las especificaciones del manual de operación y mantenimiento de dicha planta. La planta de tratamiento de agua residual, está basada en un sistema de tratamiento de tipo biológico aeróbico con base en lodos activados con aireación extendida.

#### 2.6.1.2 Tratamiento Primario

El tratamiento primario de agua residual se refiere a procesos mecánicos para remover basura flotable y sólidos suspendidos en orden de preparar el caudal para ser tratado en las operaciones subsiguientes. Es por eso que el tratamiento primario a veces lo llaman tratamiento mecánico y este incluye: rejillas, desarenador y sedimentador, igualación y homogenización.

### a. Rejillas

A la entrada de las aguas residuales al tanque de bombeo se encuentra una canasta de rejillas, dos de plástico y una de metal que sirven para atrapar partículas contaminantes gruesas no biodegradables (como papeles, bolsas plásticas y otra materia flotante) para evitar daños en las bombas, aireadores y vertederos. Es por esto que los sólidos que se detengan en la canastilla son removidos manualmente tres veces al día y dispuestos con otros residuos sólidos en el patio de secado.

La distancia entre las barras de las rejillas, depende del tamaño de los sólidos que se retienen, aunque eso no impida que con frecuencia se atasque, siempre se logra un nivel muy alto de remoción de sólidos de gran tamaño.

### b. Desarenador y Sedimentador

La remoción de sólidos inorgánicos como arenas, cenizas y grava de las aguas residuales en la primera etapa del tratamiento es necesaria por varias razones:

- Prevenir el desgaste y rayado de los equipos mecánicos como bombas, aireadores.
- Reducir la formación de las deposiciones de material arenoso y consecuentemente atascamiento en las unidades de operación subsiguientes y tubos de transporte.
- Evitar que la acumulación de los sólidos perjudicara el funcionamiento del digestor de lodos.

El objetivo es remover las pesadas partículas de sólidos inorgánicos (arena, ceniza y grava) con el diámetro mayor de 0.2 mm. Al mismo tiempo, las partículas de materia orgánica (de bajo peso) tienen que permanecer en la suspensión para ser tratadas en las subsiguientes etapas.

Las eficiencias son del 55% de los sólidos y se obtienen concentraciones de grasas y aceites menores a los 30 mg/L.

### c. Igualación y Homogenización

La salida del tratamiento primario descarga directamente por gravedad dentro de un tanque con 18.75 m<sup>3</sup> de capacidad, en el cual se buscan varios objetivos:

- Amortiguar variaciones en flujo procedente de las viviendas: igualación de flujo.
- Homogenizar el contenido del tanque, mediante la mezcla de su contenido, de forma que se disminuya las variaciones en concentraciones de las aguas residuales que entran al proceso biológico siguiente: Homogenización de cargas orgánicas.
- Servir como punto de contacto entre el lodo reciclado del Clarificador Final y el agua cruda que llega a la planta, acelerando el proceso de biodegradación disminuyendo el potencial de crecimiento de bacterias filamentosas.

#### 2.6.1.3 Tratamiento Secundario

Este tratamiento está diseñado para degradar sustancialmente el contenido de materia orgánica biológico del agua residual, el cual deriva los desechos orgánicos provenientes de residuos humanos, residuos de alimentos, jabones y detergentes. Las bacterias que provocan la descomposición de la materia orgánica son de dos clases: los formadores de ácidos, en las cuales hidrolizan y fermentan los compuestos orgánicos pasándolos a ácidos orgánicos, principalmente acético; y también los formadores de metano, las cuales convierten a estos ácidos en metano y dióxido de carbono.

##### a. Tanque de Aireación

Para el sistema de lodos activados se ha optado por trabajar con un sistema de Aireación Extendida con el fin de minimizar la producción de lodos (biomasa) en exceso y de dotar al sistema con una capacidad para manejar variaciones hidráulicas y orgánicas en el agua de llegada.

El proceso de tratamiento aeróbico de aguas residuales, por medio de lodos activados es un proceso intensivo, significa que requiere de muy poca área; no produce malos olores, ya que el biogás producido es ventilado rápidamente a la atmósfera; también es un proceso altamente eficiente, capaz de entregar un efluente con menos de 150 mg/L de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) y de Sólidos Suspensos Totales (SST).

Las características más importantes se muestran en el cuadro 9.

**Cuadro 9.** Características del sistema de lodos activados

Volumen total del tanque de aireación.	119 m <sup>3</sup>
Tiempo de retención celular	24 d.
Rata de recirculación de lodos	55 %
Tiempo de residencia hidráulico	12 horas
Requerimiento de oxígeno	74.8 kg/d
Carga Volumétrica	0.3 kg DBO <sub>5</sub> /m <sup>3</sup>

Fuente: Manual de Operación y Mantenimiento PTAR, Durman Esquivel (2010).

El tanque de aireación está dotado con un sistema de aireación tipo sumergidos, marca TSURUMI, modelo 37 BER4. El motor del equipo tiene una potencia nominal de 3.7 Kw y uno de 2.2 Kw.

El equipo de aireación suministrado por el GRUPO DURMAN ESQUIVEL pertenece a la categoría de “aireadores de tercera generación”, que son equipos de aspiración de aire, totalmente sumergidos dentro del tanque de aireación.

Debido a esto, los equipos no presentan ningún tipo de ruido y utilizan de manera óptima la energía eléctrica que es suministrada al equipo, no solo para transferir al agua el oxígeno requerido sino para mezclar de manera continua el contenido del tanque de aireación.

#### b. Tanque de Clarificación

El clarificador ha sido diseñado con base en los siguientes parámetros de diseño que se muestran en el cuadro 10.

**Cuadro 10.** Parámetros de diseño del clarificador

Caudal a tratar	3 L/s a 6.2 L/s
Concentración de SST a la entrada	2,850 mg/L
Altura hidráulica	1,87 m
Área efectiva de sedimentación	23.44 m <sup>2</sup>
Carga de sólidos al clarificador	638 kg/d
Carga específica de sólidos	27.2 kg/m <sup>2</sup> /d

Fuente: Manual de Operación y Mantenimiento PTAR, Durman Esquivel (2010).

El clarificador es del tipo Lamella (o de alta tasa), de flujo ascendente, con placas inclinadas a 60° con respecto a la horizontal. El Clarificador cuenta con 31 placas planas de PVC, de 6 mm de espesor, de 1,22 cm de largo y 1,24 cm de ancho, igualmente espaciadas cada 12 cm.

La alimentación al clarificador se hace por la parte inferior de la unidad, el agua atraviesa de manera ascendente las placas, y es recolectada en la parte superior de la unidad en una canaleta de sección rectangular, con 20 cm de ancho, 20 cm de alto y 4,05 cm de largo: la carga diaria en vertederos es de 27.65 m<sup>3</sup> por cada metro lineal de vertederos.

Con el fin de mantener la concentración de biomasa deseada dentro del tanque de aireación, los lodos retenidos en el clarificador serán retornados de manera continua al contador anóxico. Para ello, el clarificador cuenta con una bomba para retorno de lodos, de tipo sumergible marca MONARCH, con motor de ½ HP a 115 Voltios. La bomba para retorno de lodos está ubicada en un pozo de bombeo de lodos construido junto al clarificador, desde donde periódicamente se evacúan lodos hacia el tanque digestor.

#### c. Digestor de Lodos

Cuando se alcance la concentración de biomasa deseada dentro del sistema (cerca de 400 ml/L, en una hora, en el tanque de aireación) se deberá proceder a enviar los lodos en exceso hacia el digestor, desde el fondo del clarificador. Se recomienda que el tanque digestor de lodos permanezca siempre tapado, para disminuir la salida libre de los gases, producto de la digestión anaerobia de los lodos. Se recomienda que los lodos se mantengan dentro del digestor por un período superior a 21 días, con el fin de lograr una buena estabilización. Una vez lleno este tanque digestor, con una bomba sumergible de lodos, marca MONARCH con motor de ½ HP a 115 Voltios, la bomba envía periódicamente los lodos digeridos hacia los Patios de Secado.

#### d. Patios de Secado

Luego de digeridos o estabilizados, los lodos serán deshidratados en un patio para secado de lodos, mediante el accionamiento de la bomba que existe en el digestor de lodos. La idea es utilizarlo como abono de áreas verdes, en suelos agrícolas o forestales cercanos al mismo.

Los patios tienen un área útil de 24.5 m<sup>2</sup> conformados por dos celdas iguales con el fin de usarlos en forma alternativa, mientras los lodos se están secando en una de ellas, la otra celda está siendo limpiada y se encuentra lista para el próximo descarte de lodos. El tiempo de secado varía según las condiciones climáticas, por lo que el criterio del operador es muy importante para determinar cuándo retirarlos.

Los lodos secos se retiran mediante la acción de raspado de la capa superior de los ladrillos de barro, una vez desprendidos los lodos se procede a limpiar los ladrillos. Los lixiviados generados en los patios de secado de lodos regresan por gravedad a la planta de tratamiento para su procesamiento.

#### 2.6.1.4 Tratamiento Terciario

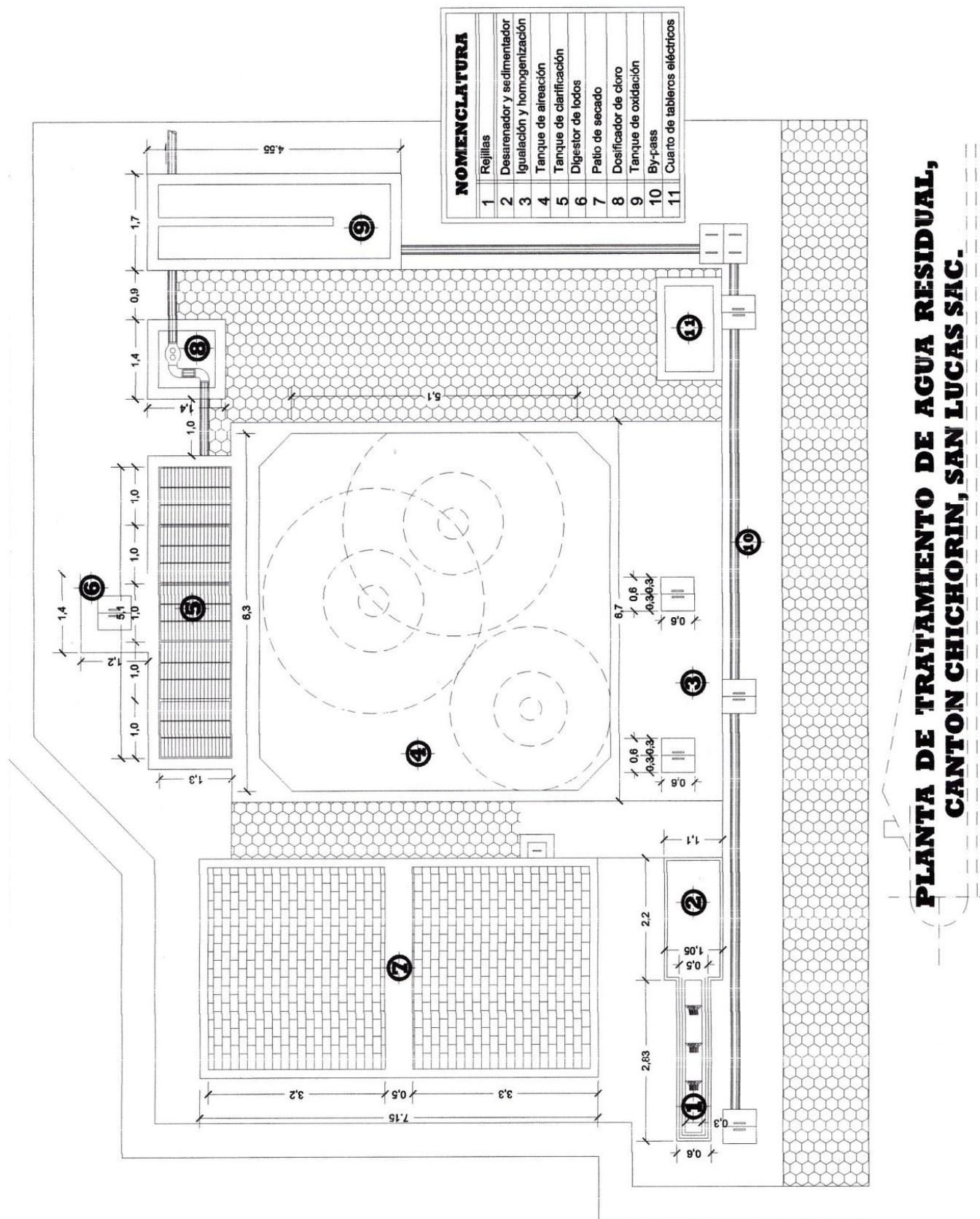
Este es el grado de tratamiento necesario para alcanzar una calidad físico- químico-biológico adecuado para el uso al que se destina el agua residual, sin que se tenga riesgo alguno. En este proceso se termina de pulir el agua de acuerdo al reuso que se le pretenda dar a las aguas residuales renovadas.

##### a. Dosificador de cloro

Los dosificadores de cloro en pastillas están diseñados para disolver una cantidad fija de cloro en pastilla mediante el contacto directo con el agua. Los dosificadores Bio-Dynamics serie LF 2000 representan la forma más confiable, de fácil instalación y económica de dosificar tabletas de químicos para el tratamiento de agua en unidades de tratamiento aeróbico. Con una capacidad de diseño de hasta 10000 GPM de flujo máximo, el diámetro de entrada y salida aceptan de 4" a 8" de tuberías. El LF 2000 está construido con PVC resistente y puede ser instalado a nivel del suelo o por debajo.

##### b. Tanque de oxidación

Este tanque está diseñando para recibir toda el agua ya tratada y mantener estable el caudal del efluente al momento de la descarga final con relaciones de presiones variables. Sin embargo, también para reforzar el proceso de tratamiento, volviendo a oxigenar el agua residual y con esto minimizar el contenido de patógenos que aún se encontrarían presentes. En la figura 8 se muestran los diferentes procesos del tratamiento del agua residual.



**Figura 8.** Diagrama planta de tratamiento de agua residual de Cantón Chichorin, San Lucas Sacatepéquez.

## 2.6.2 DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD FÍSICA, QUÍMICA Y BIOLÓGICA DE LOS AFLUENTES Y EFLUENTES DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.

Para determinar la calidad de agua residual que entra y sale de la planta de tratamiento Chichorín, se realizó un muestreo respectivo en época seca y otro en época de lluvia, tomando en cuenta que para no alterar los valores de los diferentes parámetros a evaluar por el Instituto de Fomento Municipal, INFOM, fue necesario realizarlo a primeras horas de la mañana.

El cuadro 11 y 12 presentan el monitoreo semestral de los principales parámetros establecidos en el Acuerdo Gubernativo 236-2006 para la determinación de la calidad del afluente y efluente de la planta de tratamiento de agua residual del Cantón Chichorin, San Lucas Sacatepéquez.

**Cuadro 11.** Muestreo de agua residual de planta de tratamiento Chichorin, época seca 2014.

Item	Parámetro	Unidad	Entrada	Salida	Eficiencia %	Acuerdo Gubernativo 236-2006	Legalmente Contaminante Si/No	Río Chichorín	Contaminante Si/No
1	Demanda bioquímica de oxígeno DBO <sub>5</sub>	mg/L DBO <sub>5</sub>	540	140	74.07	100	Si	<10	Si
2	Demanda química de oxígeno, DQO	mg/L DQO	1300	490	62.30	--	--	34	--
3	Fósforo total	mg/L P	9.9	7.4	25.25	20	No	0.2	Si
4	Nitrógeno total	mg/L N	68	60	11.76	70	No	0.3	Si
5	Color	Unidades Pt-Co	1100	680	38.18	750	No	97	Si
6	Sólidos en suspensión	mg/L	440	170	61.36	200	No	76	Si
7	Sustancias extraíbles con hexano (aceites y grasas)	mg/L	67	1.6	97.61	10	No	4.2	No
8	pH	mg/L	6.8	7.1	-4.4	6 a 9	No	7.8	No
9	Temperatura	°C	24	24	0	22 + - 7	No	22	Si
10	Materia flotante	Presente/ Ausente	Ausente	Ausente		Ausente	No	Ausente	No
11	Grupo coliforme fecal	NMP/100 mL	9.3x10 <sup>8</sup>	2.3x10 <sup>7</sup>	97.52	1 x 10 <sup>4</sup>	Si	2.8x10 <sup>6</sup>	Si
12	Grupo coliforme total	NMP/100 mL	9.3x10 <sup>8</sup>	2.3x10 <sup>7</sup>	97.52			2.8x10 <sup>6</sup>	

**Cuadro 12.** Muestreo de agua residual de planta de tratamiento Chichorín, época de lluvia 2014.

Item	Parámetro	Unidad	Entrada	Salida	Eficiencia %	Acuerdo Gubernativo 236-2006	Legalmente Contamina Si/No	Río Chichorín	Contamina Si/No
1	Demanda bioquímica de oxígeno DBO <sub>5</sub>	mg/L DBO <sub>5</sub>	400	120	70.00	100	Sí	<10	Sí
2	Demandा química de oxígeno, DQO	mg/L DQO	760	390	48.68	--	--	40	--
3	Fósforo total	mg/L P	7.3	5.9	19.18	20	No	0.06	Sí
4	Nitrógeno total	mg/L N	42	33	21.43	70	No	2.6	Sí
5	Color	Unidades Pt-Co	630	570	9.53	750	No	240	Sí
6	Sólidos en suspensión	mg/L	160	87	45.63	200	No	200	No
7	Sustancias extraíbles con hexano (aceites y grasas)	mg/L	76	33	56.58	10	Sí	2.7	Sí
8	pH	mg/L	7.0	7.1	-1.43	6 a 9	No	8.0	No
9	Temperatura	°C	22	22	0	22 + - 7	No	22	No
10	Materia flotante	Presente/Ausente	Ausente	Ausente		Ausente	No	Ausente	No
11	Grupo coliforme fecal	NMP/100 mL	4.3x10 <sup>8</sup>	2.3x10 <sup>6</sup>	99.47	1 x 10 <sup>4</sup>	Sí	4.6x10 <sup>7</sup>	No
12	Grupo coliforme total	NMP/100 mL	4.3x10 <sup>8</sup>	2.3x10 <sup>6</sup>				4.6x10 <sup>7</sup>	

Con fines de evaluar la eficacia de la planta de tratamiento de agua residual del Cantón Chichorin, los cuadros anteriores presentan el porcentaje de la eficiencia de la época seca en relación a las eficiencias de la época de lluvia. Se muestra una comparación con los límites máximos permisibles del Acuerdo Gubernativo 236-2006, donde se determina si legalmente el efluente contamina o comparado con los datos del Rio, realmente se contamina o no.

La eficiencia de la planta de agua residual en época seca esta funcionando en un 59%, mientras que en época de lluvia baja a un 46%, habiendo una diferencia de 12% entre los dos muestreos en las épocas del año.

La eficiencia en época seca del DBO<sub>5</sub> es de un 74% y en época de lluvia un 70%, bajando el rendimiento de la planta en época lluviosa. Así mismo en el DQO, con una eficiencia de 62.30% época seca y un 48.68% en época de lluvia.

La planta reduce su potencial de eficiencia en época de lluvia, porque hay más contaminantes y sedimentos generados por el alcantarillado pluvial que se encuentra combinado y automáticamente aumenta el caudal, haciendo que los sólidos en suspensión, la temperatura y los coliformes fecales sean los parámetros que más impacto negativo generen.

#### 2.6.3 CLASIFICACIÓN DEL TIPO DE EFLUENTE Y REUSO DE ACUERDO A LA NORMATIVA GUBERNAMENTAL 236-2006.

Para el caso de Guatemala, el reuso de las aguas se rige por lo establecido en el Acuerdo Gubernativo 236-2006 de acuerdo a los cuadros 13 y 14.

**Cuadro 13.** Muestreo de agua residual de planta de tratamiento Chichorin para re-uso, época seca.

Parámetro	Unidad	Salida	Acuerdo Gubernativo 236-2006					Se recomienda para
			Tipo I	Tipo II	Tipo III	Tipo IV	Tipo V	
Demandra bioquímica de oxígeno DBO <sub>5</sub>	mg/L DBO <sub>5</sub>	140	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Re-usos del Tipo I y III
Grupo coliforme fecal	NMP/100 mL	2.3x10 <sup>7</sup>	Sí	No	Sí	No	No	

**Cuadro 14.** Muestreo de agua residual de planta de tratamiento Chichorin para re-uso, época de lluvia.

Parámetro	Unidad	Salida	Acuerdo Gubernativo 236-2006					Se recomienda para
			Tipo I	Tipo II	Tipo III	Tipo IV	Tipo V	
Demandra bioquímica de oxígeno DBO <sub>5</sub>	mg/L DBO <sub>5</sub>	120	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Re-usos del Tipo I y III
Grupo coliforme fecal	NMP/100 mL	2.3x10 <sup>6</sup>	Sí	No	Sí	No	No	

El agua se caracteriza por ser de reuso del tipo I y III, independientemente de la época del año. En el tipo I, el agua se puede utilizar en el riego extensivo e intensivo, a manera de fertiriego, para recuperación y mejoramiento de suelos y como fertilizante en plantaciones de cultivos que, previamente a su consumo, requieren de un proceso industrial.

En el caso del tipo III que el agua de reuso es para la piscicultura y la camaronicultura, no aplica en esta región de San Lucas Sacatepéquez, ya que las principales características de la región son los granos básicos como el maíz y el frijol, lo cual para el consumo de estos granos es necesario que pasen por un proceso.

El efluente de la planta de tratamiento tiene como destino final el Lago de Amatitlán, donde existe vida acuática. Por lo tanto, el efluente si repercute al momento de entrar en contacto con el Rio, sin embargo no produce grandes daños, ya que los pocos contaminantes que lleva el efluente son biológicos y no químicos.

#### 2.6.4 ELABORACIÓN DE PROPUESTA DE MEJORA CONTINUA PARA EL FUNCIONAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.

Los cambios recomendados se basan en agregar las bombas sumergibles que faltan en el tanque de aireación, permitiría una mejor homogenización de las aguas residuales, oxigenarlas para una exitosa oxidación de los nutrientes, además de la ya mencionada reducción en el tiempo de retención. Poner a funcionar las bombas de expulsión de lodos a los patios de secado, ya que en la actualidad no se aprovechan los lodos generados, así como también la implementación de un techo en los patios de secado, esto porque en época

lluviosa no es posible que se lleguen a secar los lodos por tanta lluvia, con esto se estarán reduciendo los tiempos de secado de diez días como mínimo, a un rango de 5 días. También se recomienda circular el tanque de aireación, ya que el acceso está abierto a todo público y en cualquier momento puede ocurrir un percance, el cual está así desde el inicio de operación de la planta en el 2010.

a. La propuesta consiste en:

- Hacer funcionar los 4 motores con las que cuenta la planta de tratamiento, para que siempre esté operando un motor mientras el otro se encuentra en limpieza o mantenimiento.
- En lugar de la rejilla para sólidos colocar una caja de rejas (canasta), esto con el fin de facilitarle la limpieza al operador.
- En donde actualmente se tiene el desarenador se colocaría la trampa de grasas, para que ésta sea parte del tratamiento.
- En los patios de secado se debe de cambiar el relleno de piedrín y ladrillos, ya que el que se tiene actualmente no se le ha dado mantenimiento desde inicio de operaciones.

b. Capacitar y concientizar al personal de limpieza de la planta acerca de los riesgos que existen en una planta de tratamiento entre los que se pueden mencionar:

- Heridas corporales, resbalones o caídas.
- Enfermedades contagiosas.
- Gases o vapores tóxicos.

c. Para reducir estos riesgos es importante:

- Tener cercado el sitio y restringir el ingreso sólo a personal autorizado.
- Contar con vacunas, estar inmunizado como mínimo contra tifoideo y tétano.
- Lavarse las manos con jabón antes de comer, después de tomar muestras de las aguas residuales o al estar en contacto directo con las aguas residuales.

- Comer o tomar cualquier alimento o bebida en áreas separadas del lugar de trabajo.
  - Utilizar traje especial, mascarilla, guantes de hule como protectores.
  - Ducharse al terminar la jornada de trabajo.
  - Brindarle todas las herramientas necesarias para realizar una adecuada limpieza al sistema.
- d. Crear un manual de operación y mantenimiento, no obstante el sistema de tratamiento está diseñado para trabajar con flujo continuo, se debe de describir la forma de realizar la limpieza tanto en operación como en mantenimiento.
- e. Hacer un estudio de los hogares conectados a la planta de tratamiento, para asegurarse que sólo estén conectadas los 149 servicios de drenaje que están registrados en la municipalidad de San Lucas Sacatepéquez.
- f. Realizar análisis de la calidad del agua dos veces por año como mínimo.

## 2.7 CONCLUSIONES

1. En respuesta a su capacidad de diseño, la planta de tratamiento de agua residual del Cantón Chichorin funciona durante todo el año alrededor del 52% de su eficiencia, siendo esto suficiente para el cumplimiento de los requerimientos legales. Ésta planta en época seca está funcionando en un 58.50% de su capacidad, mientras que en época lluviosa baja a 46.29%, habiendo una diferencia de 12%. Además la etapa de tratamiento primario opera con una eficiencia promedio del 53.49% para los parámetros analizados, mientras que el tratamiento secundario es eficiente para la mejora de DBO (72.03%) y DQO (55.49%).
2. El funcionamiento de la planta de tratamiento en época seca es eficiente en la mejora de DBO (74.07%), DQO (62.30%), remoción de nutrientes, grasas y aceites (97.61%), e inefficiente para la remoción de nitrógeno total (11.76%); mientras que en época de lluvia es eficiente para la mejora de DBO (70%), remoción de nutrientes, grasas y aceites (56.58%), e inefficiente para la remoción de fósforo total (19.18%). Mostrando así que la mayoría de parámetros encontrados en la salida de la planta cumplen con los límites máximos permisibles del “Reglamento de las descargas y reuso de aguas residuales y de la disposición de lodos” de la República de Guatemala.
3. Las aguas residuales, una vez tratadas son aptas para reuso del tipo I y III, según lo que establece el Acuerdo Gubernativo 236-2006.
4. Al evaluar un punto externo a 30 m. antes de la salida del efluente de la planta de tratamiento sobre el río Chichorin, se determinó que si existe contaminación ambiental, excepto pH, materia flotante, aceites y grasas en época seca, y sólidos en suspensión, materia flotante, coliformes, pH y temperatura en época lluviosa. Es importante mencionar que, la puesta en operación en su totalidad de los motores de aireación, expulsores de lodos e implementar medidas para el perfeccionamiento del proceso secundario, es fundamental para el incremento de la eficiencia de funcionamiento de la planta, evitando que ésta genera más contaminación sobre el río.

## 2.8 RECOMENDACIONES

1. Aun cuando no existe contaminación legal, si existe contaminación real (ambiental), por lo tanto la oficina municipal de agua, alcantarillado y plantas de tratamiento de la Municipalidad de San Lucas Sacatepéquez deberá promover a mediano plazo el incremento de la eficiencia de funcionamiento de la planta de tratamiento.
2. Que la oficina municipal de agua, alcantarillado y plantas de tratamiento de dicha municipalidad combine la dosificación de cloro con alguna sustancia aditiva como las cloraminas ( $\text{NH}_2\text{Cl}$ ), son una opción de tratamiento de bajo costo y proporcionan protección residual duradera.
3. La municipalidad de San Lucas Sacatepéquez deberá hacer funcionar los 4 motores con las que cuenta la planta de tratamiento, para que siempre esté operando un motor mientras el otro se encuentra en limpieza o mantenimiento.
4. Capacitar a los vendedores del Mercado El Monumento de no depositar la basura en los drenajes, ya que a la planta de tratamiento han llegado cubiertos, servilletas de tela, poliestireno (duroport), etc., el cual arruinarían las bombas que se encuentran específicamente para el proceso del tratamiento de las aguas residuales.
5. La municipalidad deberá separar el alcantarillado pluvial del alcantarillado combinado que existe en dicho sector, ya que se encuentran conectados directamente hacia la planta y esto hace que el rendimiento de la planta en época de lluvia se reduzca por el aumento del caudal.
6. Que la municipalidad de San Lucas Sacatepéquez implemente la propuesta de mejora continua, antes mencionada, para la eficiencia de todos los procesos de la planta de tratamiento de agua residual del Cantón Chichorin.

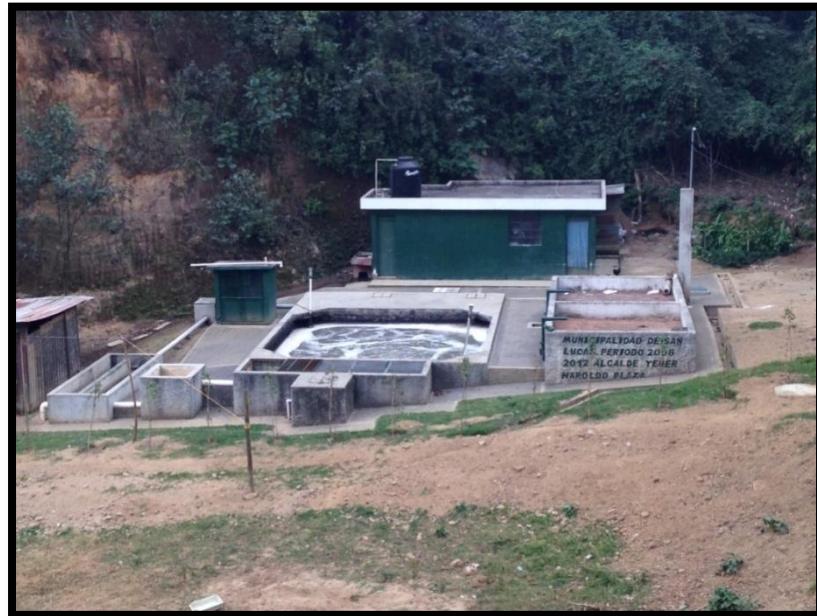
## 2.9 BIBLIOGRAFÍA

1. Aguilar Carrera, FAD. 2008. Estudio técnico de una planta de tratamiento de agua residual del campus central de la Universidad Rafael Landívar(entrevista). Guatemala, URL / Inversiones Ambientales de Guatemala. 132 p.
2. Aguilar Castro, WD. 2014. Generalidades cantón Chichorin del municipio de San Lucas Sacatepéquez (entrevista). Sacatepéquez, Guatemala, Municipalidad de San Lucas Sacatepéquez, Oficina de Aguas.
3. Borrayo Castañeda, JV. 2014. Panorama de recurso hídrico del municipio de San Lucas Sacatepéquez, Guatemala (entrevista). Sacatepéquez, Guatemala, Municipalidad de San Lucas Sacatepéquez, Oficina de Aguas.
4. Budowski, G. 1974. La conservación del medio ambiente, ¿conflicto o instrumento para el desarrollo?. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 140 p.
5. Castañeda, CA. 1990. Interacción naturaleza y sociedad guatemalteca: introducción a su conocimiento. Guatemala, USAC, Editorial Universitaria. 123 p.
6. Cruz S, JR De la. 1982. Clasificación de zonas de vida de Guatemala a nivel de reconocimiento. Guatemala, Instituto Nacional Forestal. 42 p.
7. Duarte Segura, ME. 2002. Diseño de una planta de tratamiento para las aguas negras de la Universidad Rafael Landívar, ciudad de Guatemala, Guatemala. Tesis Ing. Civil. Guatemala, URL, Facultad de Ingeniería. 81 p.
8. Gálvez Fernández, JR. 2007. Diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales sector Cuatro Caminos y diseño del mercado de la aldea El Pajón, municipio de Santa Catarina Pinula, Guatemala, C.A. Tesis Ing. Civil. Guatemala, USAC, Facultad de Ingeniería. 20 p.
9. Herrera Ibáñez, IR. 1995. Manual de hidrología. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 345 p.
10. IARNA (Universidad Rafael Landívar, Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente, GT). 2012. Perfil ambiental de Guatemala 2010- 2012: recursos hídricos, mucha agua y poca gestión. Guatemala. 131 p.
11. INE (Instituto Nacional de Estadística, GT). 2009. Censo poblacional. Guatemala. 45 p.
12. INSIVUMEH (Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología, GT). 2000. Boletines hidrológicos 1982-1988. Guatemala.
13. León Abad, C De. 2014. Generalidades de planta de tratamiento de aguas residuales cantón Chichorin del municipio de San Lucas Sacatepéquez (entrevista). Sacatepéquez, Guatemala, Municipalidad de San Lucas Sacatepéquez, Oficina de Aguas.

14. MARN (Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales y Renovables, GT). 2006. Reglamento de las descargas y reuso de aguas residuales y de la disposición de lodos, acuerdo gubernativo 236-2006. Guatemala. 24 p.
15. Mérida Caceres, CA. 2009. Evaluación para la optimización de la planta de tratamiento de aguas residuales del municipio de Santa Cruz La Laguna, Sololá, Guatemala, C.A. Tesis Ing. Químico. Guatemala, USAC, Facultad de Ingeniería. 21 p.
16. Sarceño, L. 2011. Mantenimiento del sistema hídrico de San Lucas Sacatepéquez, Sacatepéquez. Tesis Lic. Abogado y Notario. Guatemala, UPANA, Facultad de Ciencias Jurídicas, Sociales y de la Justicia. 34p.
17. SEGEPLAN (Secretaría de Planificación y Programación, GT). 2011. Caracterización del municipio de San Lucas Sacatepéquez. Guatemala. 23 p.
18. TNC (The Nature Conservancy, GT). 2000. Manual de planificación para la conservación de sitios. Guatemala. 62 p.
19. UNED (Universidad Estatal a Distancia, Programa de Educación Ambiental, CR). 1988. Los recursos naturales y su conservación. San José, Costa Rica. 140 p.
20. URL (Universidad Rafael Landívar, Facultad de Ingeniería, GT). 2014. Reuso del efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales del campus central de la Universidad Rafael Landívar para el riego de los jardines del campus. Ciudad de Guatemala, Guatemala. 69p.

*Polando Barrios*  
SIS Y DOCUMENTOS DE  
BO. GRADUACION  
USAC

## 2.10 ANEXOS



**Figura 9.** Planta de tratamiento de agua residual Cantón Chichorin.

N 14° 36' 3.79", W 90° 40' 4.40"



**Figura 10.** Rejillas de retención de sólidos, PTAR Chichorin.



**Figura 11.** Tanque de Igualación y Homogenización, PTAR Chichorin.



**Figura 12.** Tanque de Digestor de Lodos, PTAR Chichorin.



**Figura 13.** Tanque de Aireación con base en Lodos Activados, PTAR Chichorin.



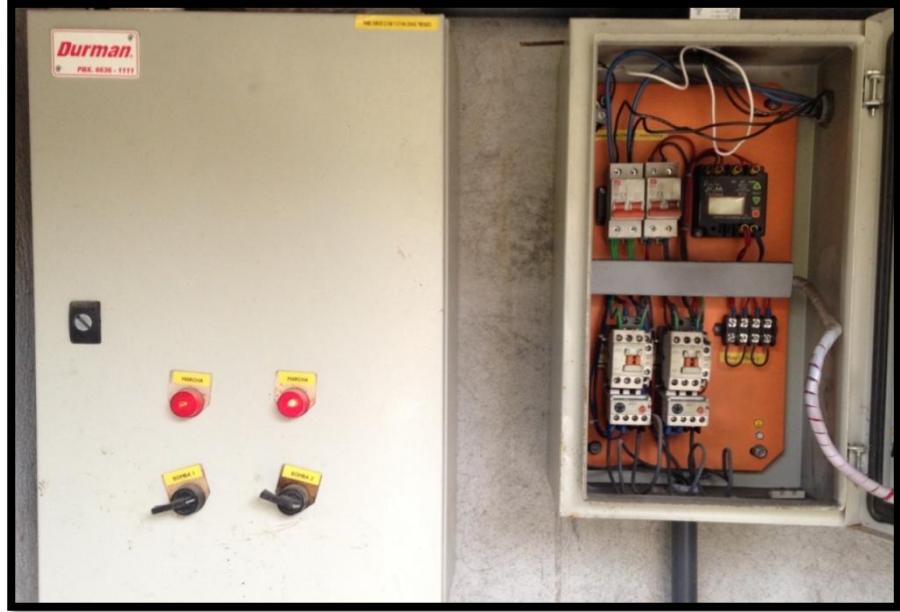
**Figura 14.** Patios de Secado de Lodos, PTAR Chichorin.



**Figura 15.** Bomba aireadora del tanque de aireación, PTAR Chichorin.



**Figura 16.** Respiradero de bomba aireadora del tanque de aireación, PTAR Chichorin.



**Figura 17.** Tablero de bombas, PTAR Chichorin.



**Figura 18.** Efluente de la PTAR Chichorin desembocando al Rio Sacurún.



**Figura 19.** Dosificador de cloro en pastillas, PTAR Chichorin.



**Figura 20.** Bomba para retorno de lodos tipo sumergible.



**Figura 21.** Toma de muestra de agua residual, PTAR Chichorin.

Month	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
mm	8	7	8	42	141	302	234	214	276	153	48	12
°C	14.1	14.6	15.9	16.9	17	16.4	16.1	16.3	16	15.5	14.7	14.3
°C (min)	8.7	8.9	10	11.2	12.2	12.5	12	11.8	11.8	11.4	10	9.1
°C (max)	19.5	20.4	21.8	22.7	21.8	20.3	20.3	20.9	20.2	19.6	19.5	19.5
°F	57.4	58.3	60.6	62.4	62.6	61.5	61	61.3	60.8	59.9	58.5	57.7
°F (min)	47.7	48	50	52.2	54	54.5	53.6	53.2	53.2	52.5	50	48.4
°F (max)	67.1	68.7	71.2	72.9	71.2	68.5	68.5	69.6	68.4	67.3	67.1	67.1

**Figura 22.** Tabla climática San Lucas Sacatepéquez.



## INSTITUTO DE FOMENTO MUNICIPAL - INFOM-

### LABORATORIO DE AGUA

11 Avenida "A" 11-67, zona 7, La Verbenal, Guatemala

Teléfono/fax: 2472-3499

laboratorio@infom.gt

www.infom.gob.gt

**Laboratorio  
de Agua**

Un vital elemento de apoyo

## INFORME DE ANÁLISIS FISICOQUÍMICO DE AGUAS RESIDUALES

### MUESTRA No. 2215-14

#### INFORMACIÓN DE LA MUESTRA<sup>(1)</sup>

Interesado:	MUNICIPALIDAD DE SAN LUCAS SACATEPÉQUEZ		
Punto de muestreo:	Río Chichorín	pH in situ (unidades):	----
Fuente:	Cantón Chichorín	Temperatura in situ (°C):	----
Municipio:	San Lucas Sacatepéquez	Técnica de preservación:	Refrigeración
Departamento:	Sacatepéquez	Fecha de recepción:	23-Abril-2014
Fecha de captación:	23-Abril-2014	Hora de recepción:	15:46
Hora de captación:	10:11		
Responsable de captación:	Karina Rabanales (Personal ajena al Laboratorio INFOM)		

(1) Los datos fueron copiados textualmente de la tarjeta de identificación de la muestra.

#### RESULTADOS

ITEM	PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS	UNIDADES	RESULTADO
1	Demanda bioquímica de oxígeno, DBO <sub>5</sub>	mg/L DBO <sub>5</sub>	<10
2	Demanda química de oxígeno, DQO	mg/L DQO	34
3	Fósforo total	mg/L P	0.2
4	Nitrógeno Total	mg/L N	0.3
5	Color	Unidades Pt-Co	97
6	Sólidos en suspensión	mg/L	76
7	Sustancias extraíbles con hexano (aceites y grasas)	mg/L	4.2
8	pH	Unidades pH	7.8
9	Temperatura	°C	22
10	Materia Flotante	Presente / Ausente	Ausente

#### OBSERVACIONES

- El responsable de la captación no informó sobre los resultados de temperatura y pH in situ, por lo tanto, los resultados de dichos parámetros corresponden a los medidos en el Laboratorio.



Ing. Jorge Mario Estrada Asturias  
Ingeniero Químico, Colegiado 685  
Director del Laboratorio de Agua

Figura 23. Análisis fisicoquímico del Río Chichorín, época seca.



## INSTITUTO DE FOMENTO MUNICIPAL -INFOM-

LABORATORIO DE AGUA

11 Avenida "A" 11-67, zona 7, La Verbena, Guatemala  
Teléfono/fax: 2472-3499



### INFORME DE ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO DE AGUA RESIDUAL MUESTRA No. 2216-14

#### INFORMACIÓN DE LA MUESTRA <sup>(1)</sup>

Interesado:	<b>MUNICIPALIDAD DE SAN LUCAS SACATEPEQUEZ</b>		
Punto de muestreo:	Río Chichorín	Cloro residual in situ (mg/L)	.....
Fuente:	Cantón Chichorín	pH in situ (unidades)	.....
Municipio:	San Lucas Sacatepéquez	Temperatura in situ	.....
Departamento:	Sacatepéquez	Técnica de preservación:	Refrigeración
Fecha de captación:	23-Abril-2014	Fecha de recepción:	23-Abril-2014
Hora de captación:	09:58	Hora de recepción:	15:46
Responsable de captación:	Karina Rabanalés (Personal ajeno al Laboratorio INFOM)		

(1) Los datos fueron copiados textualmente de la tarjeta de identificación de la muestra.

#### RESULTADOS

ITEM	PARÁMETRO BACTERIOLÓGICO	RESULTADO	UNIDADES
1	Grupo Coliforme Fecal	$2.8 \times 10^6$	NMP/100 mL <sup>(2)</sup>
2	Grupo Coliforme Total	$2.8 \times 10^6$	NMP/100 mL <sup>(2)</sup>

(2) Número más probable en 100 ml de muestra

#### OBSERVACIONES

- El examen de los grupos Coliforme Total y Coliforme Fecal se realizó a través del Método de Fermentación en tubos por diluciones múltiples.



William Estrada Vargas  
Químico Biólogo, Colegiado 2241  
Supervisor Microbiológico



Jorge Mario Estrada Asturias  
Ingeniero Químico, Colegiado 685  
Director del Laboratorio

Figura 24. Análisis bacteriológico del Río Chichorín, época seca.



## INSTITUTO DE FOMENTO MUNICIPAL -INFOM-

### LABORATORIO DE AGUA

11 Avenida "A" 11-67, zona 7, La Verbena, Guatemala

Teléfono/fax: 2472-3499

[laboratorio@infom.gt](mailto:laboratorio@infom.gt)

[www.infom.gob.gt](http://www.infom.gob.gt)

Laboratorio  
de Agua

Un vital elemento de apoyo

## INFORME DE ANÁLISIS FISICOQUÍMICO DE AGUAS RESIDUALES MUESTRA No. 784-14

### INFORMACIÓN DE LA MUESTRA<sup>(1)</sup>

Interesado:	<b>MUNICIPALIDAD DE SAN LUCAS SAC.</b>		
Punto de muestreo:	<i>Planta de tratamiento Chichorín Entrada</i>	pH in situ (unidades):	----
Fuente:	<i>Planta de tratamiento Cantón Chichorín</i>	Temperatura in situ (°C):	----
Municipio:	<i>San Lucas Sac.</i>	Técnica de preservación:	<i>Refrigeración</i>
Departamento:	<i>Sacatepéquez</i>	Fecha de recepción:	<i>03-Abril-2014</i>
Fecha de captación:	<i>03-Abril-2014</i>	Hora de recepción:	<i>11:50</i>
Hora de captación:	<i>10:15</i>		
Responsable de captación:	<i>Karina Rabanales ( Personal ajeno al Laboratorio INFOM )</i>		

(1) Los datos fueron copiados textualmente de la tarjeta de identificación de la muestra.

### RESULTADOS

ITEM	PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS	UNIDADES	RESULTADO
1	Demanda bioquímica de oxígeno, DBO <sub>5</sub>	mg/l. DBO <sub>5</sub>	<b>540</b>
2	Demanda química de oxígeno, DQO	mg/l. DQO	<b>1300</b>
3	Fósforo total	mg/L P	<b>9.9</b>
4	Nitrógeno Total	mg/L N	<b>68</b>
5	Color	Unidades Pt-Co	<b>1100</b>
6	Sólidos en suspensión	mg/L	<b>440</b>
7	Sustancias extraíbles con hexano (aceites y grasas)	mg/L	<b>67</b>
8	pH	Unidades pH	<b>6.8</b>
9	Temperatura	°C	<b>24</b>
10	Materia Flotante	Presente / Ausente	<b>Ausente</b>

### OBSERVACIONES

- El responsable de la captación no informó sobre los resultados de temperatura y pH in situ, por lo tanto, los resultados de dichos parámetros corresponden a los medidos en el laboratorio.



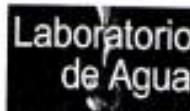
Ing. Jorge Mario Estrada Asturias  
Ingeniero Químico, Colegiado 685  
Director del Laboratorio de Agua

Figura 25. Análisis fisicoquímico del afluente de la PTAR Chichorín época seca.



**INSTITUTO DE FOMENTO MUNICIPAL -INFOM-**  
**LABORATORIO DE AGUA**

11 Avenida "A" 11-67, zona 7, La Verbena, Guatemala  
 Teléfono/fax: 2472-3499



**INFORME DE ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO DE AGUA RESIDUAL**  
**MUESTRA No. 785-14**

**INFORMACIÓN DE LA MUESTRA<sup>(1)</sup>**

Interesado:	<b>MUNICIPALIDAD SAN LUCAS SACATEPEQUEZ</b>	Cloro residual in situ (mg/L):	-----
Punto de muestreo:	<b>Planta de Tratamiento Chichorin Entrada</b>	pH in situ (unidades):	-----
Fuente:	<b>Planta de Tratamiento Cantón Chichorin</b>	Temperatura in situ:	-----
Municipio:	<b>San Lucas Sacatepéquez</b>	Técnica de preservación:	<b>Refrigeración</b>
Departamento:	<b>Sacatepéquez</b>	Fecha de recepción:	<b>03-Abril-2014</b>
Fecha de captación:	<b>03-Abril-2014</b>	Hora de recepción:	<b>11:50</b>
Hora de captación:	<b>10:15</b>		
Responsable de captación:	<b>Karina Rabanalas (Personal ajeno al Laboratorio INFOM)</b>		

(1) Los datos fueron copiados textualmente de la tarjeta de identificación de la muestra.

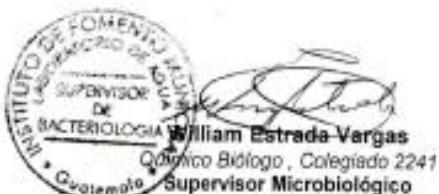
**RESULTADOS**

ITEM	PARÁMETRO BACTERIOLÓGICO	RESULTADO	UNIDADES
1	Grupo Coliforme Fecal	$9.3 \times 10^8$	NMP/100 mL <sup>(2)</sup>
2	Grupo Coliforme Total	$9.3 \times 10^8$	NMP/100 mL <sup>(2)</sup>

(2) Número más probable en 100 mL de muestra

**OBSERVACIONES**

- El examen de los grupos Coliforme Total y Coliforme Fecal se realizó a través del Método de Fermentación en tubos por diluciones múltiples.



**William Estrada Vargas**  
 Químico Biólogo, Colegiado 2241  
 Supervisor Microbiológico



**Jorge Mario Estrada Asturias**  
 Ingeniero Químico, Colegiado 685  
 Director del Laboratorio

**Figura 26.** Análisis bacteriológico del afluente de la PTAR Chichorin, época seca.



## INSTITUTO DE FOMENTO MUNICIPAL -INFOM-

### LABORATORIO DE AGUA

11 Avenida "A" 11-67, zona 7, La Verbena, Guatemala  
Teléfono/fax: 2472-3499  
laboratorio@infom.gt      www.infom.gob.gt



## INFORME DE ANÁLISIS FISICOQUÍMICO DE AGUAS RESIDUALES MUESTRA No. 786-14

### INFORMACIÓN DE LA MUESTRA <sup>(f)</sup>

Interesado:	MUNICIPALIDAD DE SAN LUCAS SAC.		
Punto de muestreo:	Planta de tratamiento Chichorín Salida		
Fuente:	Planta de tratamiento Cantón Chichorín	pH in situ (unidades):	----
Municipio:	San Lucas Sac.	Temperatura in situ (°C):	----
Departamento:	Sacatepéquez	Técnica de preservación:	Refrigeración
Fecha de captación:	03-Abril-2014	Fecha de recepción:	03-Abril-2014
Hora de captación:	10:15	Hora de recepción:	11:50
Responsable de captación:	Karina Rabanales ( Personal ajeno al Laboratorio INFOM )		

(f) Los datos fueron copiados textualmente de la tarjeta de identificación de la muestra.

### RESULTADOS

ITEM	PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS	UNIDADES	RESULTADO
1	Demanda bioquímica de oxígeno, DBO <sub>5</sub>	mg/L DBO <sub>5</sub>	140
2	Demanda química de oxígeno, DQO	mg/L DQO	490
3	Fósforo total	mg/L P	7.4
4	Nitrógeno Total	mg/L N	60
5	Color	Unidades Pt-Co	680
6	Sólidos en suspensión	mg/L	170
7	Sustancias extraíbles con hexano (aceites y grasas)	mg/L	1.6
8	pH	Unidades pH	7.1
9	Temperatura	°C	24
10	Materia Flotante	Presente / Ausente	Ausente

### OBSERVACIONES

- El responsable de la captación no informó sobre los resultados de temperatura y pH in situ, por lo tanto, los resultados de dichos parámetros corresponden a los medidos en el laboratorio.



Ing. Jorge Mario Estrada Asturias  
Ingeniero Químico, Colegiado 665  
Director del Laboratorio de Agua

Figura 27. Análisis fisicoquímico del efluente de la PTAR Chichorín, época seca.



**INSTITUTO DE FOMENTO MUNICIPAL -INFOM-**  
**LABORATORIO DE AGUA**  
 11 Avenida "A" 11-67, zona 7, La Verbenal, Guatemala  
 Teléfono/fax: 2472-3499



## **INFORME DE ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO DE AGUA RESIDUAL** **MUESTRA No. 787-14**

### **INFORMACIÓN DE LA MUESTRA** <sup>(1)</sup>

Interesado:	<b>MUNICIPALIDAD SAN LUCAS SACATEPEQUEZ</b>		
Punto de muestreo:	Planta de Tratamiento Chichorin Salida	Oxígeno residual in situ (mg/L):	.....
Fuente:	Planta de Tratamiento Cantón Chichorin	pH in situ (unidades):	.....
Municipio:	San Lucas Sacatepéquez	Temperatura in situ:	.....
Departamento:	Sacatepéquez	Técnica de preservación:	Refrigeración
Fecha de captación:	03-Abril-2014	Fecha de recepción:	03-Abril-2014
Hora de captación:	10:15	Hora de recepción:	11:50
Responsable de captación:	Karina Rabanales (Personal ajeno al Laboratorio INFOM)		

(1) Los datos fueron copiados textualmente de la tarjeta de identificación de la muestra.

### **RESULTADOS**

ITEM	PARÁMETRO BACTERIOLÓGICO	RESULTADO	UNIDADES
1	Grupo Coliforme Fecal	$2.3 \times 10^7$	NMP/100 mL <sup>(2)</sup>
2	Grupo Coliforme Total	$2.3 \times 10^7$	NMP/100 mL <sup>(2)</sup>

(2) Número más probable en 100 mL de muestra.

### **OBSERVACIONES**

- El examen de los grupos Coliforme Total y Coliforme Fecal se realizó a través del Método de Fermentación en tubos por diluciones múltiples.



*Jorge Mario Estrada Asturias*  
 Jorge Mario Estrada Asturias  
 Ingeniero Químico, Colegiado 685  
 Director del Laboratorio

**Figura 28.** Análisis bacteriológico del efluente de la PTAR Chichorin, época seca.



## INSTITUTO DE FOMENTO MUNICIPAL -INFOM-

### LABORATORIO DE AGUA

11 Avenida "A" 11-67, zona 7, La Verbena, Guatemala

Teléfono/fax: 2472-3499

laboratorio@infom.gt

www.infom.gob.gt

**Laboratorio  
de Agua**

Un vital elemento de nuestro desarrollo

### INFORME DE ANÁLISIS FISICOQUÍMICO DE AGUAS RESIDUALES MUESTRA No. 2458-14

#### INFORMACIÓN DE LA MUESTRA<sup>(1)</sup>

Interesado:	<b>MUNICIPALIDAD DE SAN LUCAS SACATEPÉQUEZ</b>		
Punto de muestreo:	Río Chichorín	pH <i>in situ</i> (unidades):	----
Fuente:	Cantón Chichorín	Temperatura <i>in situ</i> (°C):	----
Municipio:	San Lucas Sacatepéquez	Técnica de preservación:	Refrigeración
Departamento:	Sacatepéquez	Fecha de recepción:	01-Octubre-2014
Fecha de captación:	01-Octubre-2014	Hora de recepción:	14:24
Hora de captación:	10:00		
Responsable de captación:	Karina Rabanales ( Persona ajena al Laboratorio INFOM )		

(1) Los datos fueron copiados textualmente de la tarjeta de identificación de la muestra.

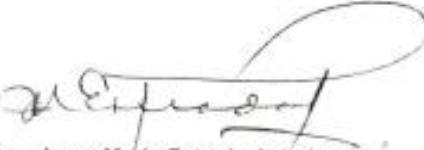
#### RESULTADOS

ITEM	PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS	UNIDADES	RESULTADO
1	Demanda bioquímica de oxígeno, DBO <sub>5</sub>	mg/L DBO <sub>5</sub>	<10
2	Demanda química de oxígeno, DQO	mg/L DQO	40
3	Fósforo total	mg/L P	0.06
4	Nitrógeno Total	mg/L N	2.6
5	Color	Unidades Pt-Co	240
6	Sólidos en suspensión	mg/L	200
7	Sustancias extraíbles con hexano (aceites y grasas)	mg/L	2.7
8	pH	Unidades pH	8.0
9	Temperatura	°C	22
10	Materia Flotante	Presente / Ausente	Ausente

#### OBSERVACIONES

- El responsable de la captación no informó sobre los resultados de temperatura y pH *in situ*, por lo tanto, los resultados de dichos parámetros corresponden a los medidas en el Laboratorio.



  
**Ing. Jorge Mario Estrada Asturias**  
*Ingeniero Químico, Colegiado 685*  
*Director del Laboratorio de Agua*

**Figura 29.** Análisis fisicoquímico del Río Chichorín, época de lluvia.



**INSTITUTO DE FOMENTO MUNICIPAL -INFOM-**  
**LABORATORIO DE AGUA**

11 Avenida "A" 11-67, zona 7, La Verbena, Guatemala  
 Teléfono/fax: 2472-3499



**INFORME DE ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO DE AGUA RESIDUAL**  
**MUESTRA No. 2459-14**

**INFORMACIÓN DE LA MUESTRA** <sup>(1)</sup>

Interesado:	<b>MUNICIPALIDAD DE SAN LUCAS SACATEPEQUEZ</b>		
Punto de muestreo:	Río Chichorín	Cloro residual <i>in situ</i> (mg/L):	----
Fuente:	Cantón Chichorín	pH <i>in situ</i> (unidades):	----
Municipio:	San Lucas Sacatepéquez	Temperatura <i>in situ</i> :	----
Departamento:	Sacatepéquez	Técnica de preservación:	Refrigeración
Fecha de captación:	01-Octubre-2014	Fecha de recepción:	01-Octubre-2014
Hora de captación:	09:59	Hora de recepción:	14:24
Responsable de captación:	Karina Rabanales (Personal ajeno al Laboratorio INFOM)		

(1) Los datos fueron copiados textualmente de la tarjeta de identificación de la muestra.

**RESULTADOS**

ITEM	PARÁMETRO BACTERIOLÓGICO	RESULTADO	UNIDADES
1	Grupo Coliforme Fecal	$4.6 \times 10^7$	NMP/100 mL <sup>(2)</sup>
2	Grupo Coliforme Total	$4.6 \times 10^7$	NMP/100 mL <sup>(2)</sup>

(2) Número más probable en 100 mL de muestra

**OBSERVACIONES**

- El examen de los grupos Coliforme Total y Coliforme Fecal se realizó a través del Método de Fermentación en tubos por diluciones múltiples.



William Estrada Vargas  
 Químico Biólogo, Colegiado 2241  
 Supervisor Microbiológico



Vo.Bo. Jorge Mario Estrada Asturias  
 Ingeniero Químico, Colegiado 685  
 Director del Laboratorio

**Figura 30.** Análisis bacteriológico del Río Chichorín, época de lluvia.



## INSTITUTO DE FOMENTO MUNICIPAL -INFOM-

### LABORATORIO DE AGUA

11 Avenida "A" 11-67, zona 7, La Verbena, Guatemala

Teléfono/fax: 2472-3499

laboratorio@infom.gob.gt

[www.infom.gob.gt](http://www.infom.gob.gt)



Un vital elemento de apoyo

### INFORME DE ANÁLISIS FISICOQUÍMICO DE AGUAS RESIDUALES MUESTRA No. 2460-14

#### INFORMACIÓN DE LA MUESTRA (\*)

Interesado:	<b>MUNICIPALIDAD DE SAN LUCAS SACATEPÉQUEZ</b>		
Punto de muestreo:	Planta de tratamiento Chichorín, entrada		
Fuente:	Planta de tratamiento Cantón Chichorín	pH in situ (unidades):	—
Municipio:	San Lucas Sacatepéquez	Temperatura in situ (°C):	—
Departamento:	Sacatepéquez	Técnica de preservación:	Refrigeración
Fecha de captación:	01-Octubre-2014	Fecha de recepción:	01-Octubre-2014
Hora de captación:	10:09	Hora de recepción:	14:24
Responsable de captación:	Karina Rabanales ( Persona ajena al Laboratorio INFOM )		

(2) Los datos fueron copiados textualmente de la tarjeta de identificación de la muestra.

#### RESULTADOS

ITEM	PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS	UNIDADES	RESULTADO
1	Demanda bioquímica de oxígeno, DBO <sub>5</sub>	mg/L DBO <sub>5</sub>	400
2	Demanda química de oxígeno, DQO	mg/L DQO	760
3	Fósforo total	mg/L P	5.9
4	Nitrógeno Total	mg/L N	33
5	Color	Unidades Pt-Co	570
6	Sólidos en suspensión	mg/L	160
7	Sustancias extraíbles con hexano (aceites y grasas)	mg/L	76
8	pH	Unidades pH	7.0
9	Temperatura	°C	22
10	Materia Flotante	Presente / Ausente	Ausente

#### OBSERVACIONES

- El responsable de la captación no informó sobre los resultados de temperatura y pH in situ, por lo tanto, los resultados de dichos parámetros corresponden a los medidos en el Laboratorio.



Vo.Bo.

Ing. Jorge Mario Estrada Asturias  
Ingeniero Químico, Colegio de ETS  
Director del Laboratorio de Agua

Figura 31. Análisis fisicoquímico del afluente de la PTAR Chichorin, época de lluvia.



**INSTITUTO DE FOMENTO MUNICIPAL -INFOM-**  
**LABORATORIO DE AGUA**  
 11 Avenida "A" 11-67, zona 7, La Verbena, Guatemala  
 Teléfono/fax: 2472-3499



## **INFORME DE ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO DE AGUA RESIDUAL** **MUESTRA No. 2461-14**

### **INFORMACIÓN DE LA MUESTRA<sup>(1)</sup>**

Interesado:	<b>MUNICIPALIDAD DE SAN LUCAS SACATEPEQUEZ</b>		
Punto de muestreo:	Planta de Tratamiento Chichorín Entrada	Cloro residual <i>in situ</i> (mg/L):	-----
Fuente:	Planta de Tratamiento Cantón Chichorín	pH <i>in situ</i> (unidades):	-----
Municipio:	San Lucas Sacatepéquez	Temperatura <i>in situ</i> :	-----
Departamento:	Sacatepéquez	Técnica de preservación:	Refrigeración
Fecha de captación:	01-Octubre-2014	Fecha de recepción:	01-Octubre-2014
Hora de captación:	10:07	Hora de recepción:	14:24
Responsable de captación:	Karina Rabanales (Personal ajeno al Laboratorio INFOM)		

(1) Los datos fueron copiados textualmente de la tarjeta de identificación de la muestra.

### **RESULTADOS**

ITEM	PARÁMETRO BACTERIOLÓGICO	RESULTADO	UNIDADES
1	Grupo Coliforme Fecal	$4.3 \times 10^3$	NMP/100 mL <sup>(2)</sup>
2	Grupo Coliforme Total	$4.3 \times 10^3$	NMP/100 mL <sup>(2)</sup>

(2) Número más probable en 100 mL de muestra

### **OBSERVACIONES**

- El examen de los grupos Coliforme Total y Coliforme Fecal se realizó a través del Método de Fermentación en tubos por diluciones múltiples.



**Figura 32.** Análisis bacteriológico del afluente de la PTAR Chichorín, época de lluvia.



## INSTITUTO DE FOMENTO MUNICIPAL -INFOM-

### LABORATORIO DE AGUA

11 Avenida "A" 11-67, zona 7, La Verbena, Guatemala

Teléfono/fax: 2472-3499

[laboratorio@infom.gt](mailto:laboratorio@infom.gt)

[www.infom.gob.gt](http://www.infom.gob.gt)

Laboratorio  
de Agua

Un vital elemento de agua

## INFORME DE ANÁLISIS FISICOQUÍMICO DE AGUAS RESIDUALES

### MUESTRA No. 2462-14

#### INFORMACIÓN DE LA MUESTRA <sup>(1)</sup>

Interesado:	<b>MUNICIPALIDAD DE SAN LUCAS SACATEPÉQUEZ</b>		
Punto de muestreo:	Planta de tratamiento Chichorín, salida		
Fuente:	Planta de tratamiento Cantón Chichorín	pH <i>in situ</i> (unidades)	----
Municipio:	San Lucas Sacatepéquez	Temperatura <i>in situ</i> (°C)	----
Departamento:	Sacatepéquez	Técnica de preservación:	Refrigeración
Fecha de captación:	01-Octubre-2014	Fecha de recepción:	01-Octubre-2014
Hora de captación:	10:16	Hora de recepción:	14:24
Responsable de captación:	Karina Rabanales ( Persona ajena al Laboratorio INFOM )		

(3) Los datos fueron copiados textualmente de la tarjeta de identificación de la muestra.

#### RESULTADOS

ITEM	PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS	UNIDADES	RESULTADO
1	Demanda bioquímica de oxígeno, DBO <sub>5</sub>	mg/L DBO <sub>5</sub>	120
2	Demanda química de oxígeno, DQO	mg/L DQO	390
3	Fósforo total	mg/L P	7.3
4	Nitrógeno Total	mg/L N	42
5	Color	Unidades Pt-Co	630
6	Sólidos en suspensión	mg/L	87
7	Sustancias extraíbles con hexano (aceites y grasas)	mg/L	33
8	pH	Unidades pH	7.1
9	Temperatura	°C	22
10	Materia Flotante	Presente / Ausente	Ausente

#### OBSERVACIONES

- El responsable de la captación no informó sobre los resultados de temperatura y pH *in situ*, por lo tanto, los resultados de dichos parámetros corresponden a los medidos en el Laboratorio.



*J. Estrada*  
Ing. Jorge Mario Estrada Asturias  
Ingeniero Químico, Colegiado 685  
Director del Laboratorio de Agua

Figura 33. Análisis fisicoquímico del efluente de la PTAR Chichorín, época de lluvia.



## INSTITUTO DE FOMENTO MUNICIPAL -INFOM-

### LABORATORIO DE AGUA

11 Avenida "A" 11-67, zona 7, La Verbena, Guatemala

Teléfono/fax: 2472-3499



## INFORME DE ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO DE AGUA RESIDUAL MUESTRA No. 2463-14

### INFORMACIÓN DE LA MUESTRA <sup>(1)</sup>

Interesado:	MUNICIPALIDAD DE SAN LUCAS SACATEPEQUEZ		
Punto de muestreo:	Planta de Tratamiento Chichorín Salida	Cloro residual in situ (mg/L):	.....
Fuente:	Planta de Tratamiento Cantón Chichorín	pH in situ (unidades):	.....
Municipio:	San Lucas Sacatepéquez	Temperatura in situ:	.....
Departamento:	Sacatepéquez	Técnica de preservación:	Refrigeración
Fecha de captación:	01-Octubre-2014	Fecha de recepción:	01-Octubre-2014
Hora de captación:	10:15	Hora de recepción:	14:24
Responsable de captación:	Karina Rabanales (Personal ajeno al Laboratorio INFOM)		

(1) Los datos fueron copiados textualmente de la tarjeta de identificación de la muestra.

### RESULTADOS

ITEM	PARÁMETRO BACTERIOLÓGICO	RESULTADO	UNIDADES
1	Grupo Coliforme Fecal	$2.3 \times 10^5$	NMP/100 mL (2)
2	Grupo Coliforme Total	$2.3 \times 10^5$	NMP/100 mL (2)

(2) Número más probable en 100 mL de muestra

### OBSERVACIONES

- El examen de los grupos Coliforme Total y Coliforme Fecal se realizó a través del Método de Fermentación en tubos por diluciones múltiples.



William Estrada Vargas  
Químico Biólogo, Colegiado 2241  
Supervisor Microbiológico



Jorge Mario Estrada Asturias  
Ingeniero Químico, Colegiado 685  
Director del Laboratorio

Figura 34. Análisis bacteriológico del efluente de la PTAR Chichorín, época de lluvia.





### CAPÍTULO III

**SERVICIOS REALIZADOS EN LA OFICINA DE AGUAS, ALCANTARILLADO  
Y PLANTAS DE TRATAMIENTO DE LA MUNICIPALIDAD DE SAN LUCAS  
SACATEPÉQUEZ, GUATEMALA, C.A.**

### **3.1 PRESENTACIÓN**

El presente documento describe los servicios efectuados durante el Ejercicio Profesional Supervisado (EPS), que se llevó a cabo en los meses de febrero a noviembre de 2014, en la Oficina Municipal de Aguas, Alcantarillado y Plantas de Tratamiento de la municipalidad de San Lucas Sacatepéquez, ubicado en el casco urbano de la zona 1 del municipio de San Lucas Sacatepéquez, Sacatepéquez.

Los servicios fueron propuestos con el objetivo de colaborar en la ejecución de actividades en el diagnóstico y priorizadas por la Oficina Municipal de Aguas, Alcantarillado y Plantas de Tratamiento.

Se ejecutaron talleres de capacitación sobre el Uso y Cuidado del Agua, a los 179 alumnos de sexto primaria, distribuidos en 5 secciones de la Escuela Urbana Mixta República Federal de Centroamérica del municipio de San Lucas Sacatepéquez. Generando resultados positivos para todas las partes involucradas en el funcionamiento de una buena comunidad.

También se les brindó la supervisión y apoyo a los alumnos de la carrera de Ingeniera en Gestión Ambiental Local con la práctica ambiental I de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala, realizadas en el primer semestre del año en curso en la Oficina Municipal de Aguas, Alcantarillado y Plantas de Tratamiento de la municipalidad de San Lucas Sacatepéquez.

Y por último se tomó la responsabilidad de supervisar el funcionamiento y mantenimiento de las tres plantas de tratamiento de agua residual del municipio de San Lucas Sacatepéquez.

### **3.2 SUPERVISIÓN Y APOYO A LOS ALUMNOS DE PRÁCTICA AMBIENTAL I DE LA CARRERA DE INGENIERIA EN GESTIÓN AMBIENTAL LOCAL DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA DE LA USAC, EN EL PRIMER SEMESTRE DE 2014.**

#### **3.2.1 OBJETIVOS**

##### **3.2.1.1 Objetivo general**

- Colaborar con la Oficina de Aguas, Alcantarillado y Plantas de Tratamiento, de la municipalidad de San Lucas Sacatepéquez, en la ejecución de las actividades identificadas en el diagnóstico.

##### **3.2.1.2 Objetivo específico**

- Brindar el conocimiento y apoyo necesario a los alumnos para que lleven a cabo su práctica ambiental I de la carrera de Ingeniera en Gestión Ambiental Local de la Facultad de Agronomía de la USAC.
- Guiarlos en la elaboración de encuestas sobre la calidad del agua potable para conocer las opiniones de los habitantes del municipio de San Lucas Sacatepéquez.

#### **3.2.2 METODOLOGÍA**

1. Presentación de los alumnos del curso de Práctica Ambiental I de la carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental Local a las autoridades de la Oficina de Aguas, Alcantarillado y Plantas de Tratamiento de la municipalidad de San Lucas Sacatepéquez.
2. Se presentaron varias propuestas de investigación a realizar, seleccionando la identificación de las zonas de recarga hídrica del municipio de San Lucas Sacatepéquez.



**Figura 35.** Selección de tema de investigación.

3. Se realizó un recorrido en los diferentes pozos y nacimientos que abastecen agua al municipio de San Lucas Sacatepéquez, identificando coordenadas de cada pozo y nacimiento.



**Figura 36.** Toma de coordenadas en nacimiento El Perol.

4. Se supervisó que se efectuaran encuestas en viviendas distribuidas en las diferentes áreas en la que los pozos y nacimientos distribuyen agua potable.



**Figura 37.** Alumnos realizando encuestas sobre el servicio de agua potable.

5. Por último, se presentó el informe final a las autoridades de la municipalidad de San Lucas Sacatepéquez Con ayuda del plano de la finca, se establecieron los puntos para ejecutar cuatro muestreos de suelos, a razón de una muestra por cada 100 hectáreas, como se muestra en la Figura 67. Los puntos fueron seleccionados estratégicamente tomando en cuenta aspectos topográficos, pendientes, ríos, entre otros. Además de evitar cualquier alteración artificial de la fertilidad del suelo, sectores de desagüe, acumulación de residuos de cosechas, etc.

### 3.2.3 RESULTADOS

Se supervisó la realización de un informe de las zonas de recarga hídrica del municipio de San Lucas Sacatepéquez por parte de los 6 integrantes del grupo de práctica ambiental I de la carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental Local de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala en el período del primer semestre del año en curso.

Teniendo como resultado un informe en la cual se detallan las actividades realizadas que se describen a continuación; toma de muestras de agua potable, así como la interpretación de los resultados de los análisis fisicoquímicos y bacteriológicos de los 4 pozos y 2 nacimientos que abastecen agua al casco urbano del municipio, realización de encuestas en el casco urbano del municipio y representación gráfica y por último la identificación de las zonas de recarga hídrica del municipio.

Dicha información será de beneficio en la comunidad y usuarios, conjuntamente con las instituciones estatales para desarrollar acciones dirigidas a la sensibilización de todos los sectores sociales, sobre la importancia de la protección, manejo, uso y conservación del agua de sus áreas de recarga.

### 3.2.4 EVALUACIÓN

En el cumplimiento y logro del objetivo antes planteado, se presentan indicadores de eficacia para evaluar hasta qué punto o medida se logró la evolución del servicio prestado en la municipalidad.

**Cuadro 15.**Cumplimiento de indicadores

INDICADORES	META	RESULTADOS	% EJECUCIÓN
Cantidad de horas supervisadas	100 horas	105 horas	105%
Alumnos aprobados	6	4	67%

Con la ayuda de un instrumento de evaluación del desempeño del grupo de práctica ambiental integrado por 6 estudiantes, se determinó que se tenía que alcanzar un máximo de 61 puntos para la aprobación, logrando un 67% de ejecución del indicadores de los alumnos que aprobaron dicha práctica. Igualmente con la cantidad de horas cumplida en un 105% de ejecución.

### **3.3 TALLERES DE CAPACITACIÓN SOBRE EL USO Y CUIDADO DEL AGUA, IMPARTIDO EN LA ESCUELA URBANA MIXTA REPÚBLICA FEDERAL DE CENTRO AMÉRICA DEL MUNICIPIO DE SAN LUCAS SACATEPÉQUEZ**

#### **3.3.1 OBJETIVOS**

##### **3.3.1.1 Objetivo general**

- Colaborar con la Oficina de Aguas, Alcantarillado y Plantas de Tratamiento, de la municipalidad de San Lucas Sacatepéquez, en la ejecución de las actividades identificadas en el diagnóstico.

##### **3.3.1.2 Objetivo específico**

- Brindar el conocimiento como educador ambiental a las nuevas generaciones dentro de las instalaciones de la Escuela Urbana Mixta República Federal de Centro América sobre el cuidado y uso correcto del recurso hídrico.
- Desarrollar el sentido de la responsabilidad hacia la institución a través de conocimientos apropiados y lograr cambios de mejora en el manejo del recurso hídrico.

#### **3.3.2 METODOLOGÍA**

1. Con el apoyo del personal de la Oficina de Aguas, Alcantarillado y Plantas de Tratamiento se seleccionó la Escuela Urbana Mixta República Federal de Centro América, por la cercanía y se seleccionó el tema a impartir.
2. Se realizó una visita preliminar en la Escuela Urbana Mixta República Federal de Centro América para seleccionar el grupo de participantes.
3. Se sugirió al Director de la Escuela Urbana Mixta República Federal de Centro América impartir los talleres de capacitación de “Uso y Cuidado del Agua” a los alumnos de las 5 secciones de 6to. Primaria.

4. Se preparó el material y equipo utilizado con el objetivo de proyectar el contenido audiovisual para hacer más dinámica y eficiente la capacitación.
5. Ejecución del taller de capacitación con una duración de 30 minutos en cada sección.



**Figura 38.** Capacitación impartida a niños de sexto primaria.

6. Se realizó una dinámica basado en una serie de preguntas sobre el tema, así como entregas de refacciones a los alumnos.



**Figura 39.** Entrega de refacciones.

### 3.3.3 RESULTADOS

Se impartió la capacitación en la Escuela Urbana Mixta República Federal de Centro América, en donde se logró capacitar a 5 aulas de 40 niños, haciendo un total de 200 niños capacitados sobre el tema del uso y cuidado del agua. Logrando la transformación de actitudes y prácticas de quienes participaron, de manera que se mejoren o realicen nuevos objetivos y formas de actuar con los recursos naturales que nos rodean.

La participación, como proceso es la condición más importante para que efectivamente se produzca el aprendizaje y la visualización es el medio que lo hace posible, con la ayuda de medios audiovisuales y diferentes dinámicas se pudo transmitir el mensaje deseado, la importancia del cuidado del agua.

Impartir el taller del “Uso y Cuidado del Agua” forma parte del desarrollo de la educación ambiental como proceso educativo para la formación y construcción de valores de la población del municipio de San Lucas Sacatepéquez, seleccionadas a favor de la protección del medio ambiente.

### 3.3.4 EVALUACIÓN

Se presentan los indicadores de eficacia para evaluar la ejecución del servicio prestado en la municipalidad.

**Cuadro 16.** Cumplimiento de indicadores

INDICADORES	META	RESULTADOS	% EJECUCIÓN
Duración del taller	30 min.	30 min.	100%
Niños capacitados	200	200	100%

Se logró un 100% de ejecución de los indicadores presentados, con una duración de 30 minutos por cada una de las 5 sección se capacitaron 200 niños en el tema del uso y cuidado el agua.





UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA -FAUSAC-  
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONÓMICAS  
Y AMBIENTALES -IIA-



REF. Sem. 12/2015

LA TESIS TITULADA:

"EVALUACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE LA  
PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS  
RESIDUALES DEL CANTÓN CHICORÍN, DEL  
MUNICIPIO DE SAN LUCAS SACATEPÉQUEZ,  
SACATEPÉQUEZ, GUATEMALA, C.A."

DESARROLLADA POR LA ESTUDIANTE:

KARINA DESIREÉ RABANALES BRAVO

CARNE:

200816796

HA SIDO EVALUADO POR LOS PROFESIONALES:

Dr. Tomás Padilla  
Dr. Eddi Vanegas  
Ing. Agr. Hermógenes Castillo

Los Asesores y la Dirección del Instituto de Investigaciones Agronómicas y Ambientales de la Facultad de Agronomía, hace constar que ha cumplido con las Normas Universitarias y el Reglamento de este Instituto. En tal sentido pase a la Dirección del Área Integrada para lo procedente.

Dr. Eddi Vanegas  
ASESOR

Profesor Doctor  
Eddi Vanegas Chacón  
Universidad de San Carlos de  
Guatemala  
Facultad de Agronomía

Ing. Agr. Hermógenes Castillo  
SUPERVISOR-ASESOR

MSc. Manuel de Jesús Martínez Ovalle  
DIRECTOR DEL IIA

FACULTAD DE AGRONOMÍA  
INSTITUTO  
DE INVESTIGACIONES AGRONÓMICAS  
DIRECCIÓN  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

MDJM/nm  
c.c. Archivo





Guatemala, 04 de mayo de 2015

Ref. SAIEPSA: Trabajo de Graduación 22-2015

TRABAJO DE GRADUACIÓN:

EVALUACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL CANTÓN CHICHORÍN, DEL MUNICIPIO DE SAN LUCAS SACATEPÉQUEZ, DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS REALIZADOS EN LA MUNICIPALIDAD DE SAN LUCAS SACATEPÉQUEZ, GUATEMALA, C.A.

ESTUDIANTE:

KARINA DESIREÉ RABANALES BRAVO

No. CARNÉ

200816796

Dentro del Trabajo de Graduación se presenta el Capítulo II que se refiere a la Investigación Titulada:

"EVALUACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL CANTÓN CHICHORÍN, DEL MUNICIPIO DE SAN LUCAS SACATEPÉQUEZ, SACATEPÉQUEZ, GUATEMALA, C.A."

LA CUAL HA SIDO EVALUADA POR LOS PROFESIONALES:

Dr. Tomás Padilla  
Dr. Eddi Vanegas  
Ing. Agr. Hermógenes Castillo

Los Asesores de Investigación, Docente Asesor de EPSA y la Coordinación del Área Integrada, hacen constar que ha cumplido con las normas universitarias y Reglamento de la Facultad de Agronomía. En tal sentido, pase a Decanatura.

"ID YENSEÑAD A TODOS"



Ing. Agr. Hermógenes Castillo  
Docente – Asesor de EPS

Vo.Bo. Ing. Agr. Alfredo Itzep Manuel  
Coordinador Área Integrada



c.c. Control Académico, Estudiante, Archivo,



No.25.2015

Trabajo de Graduación:

“EVALUACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL CANTÓN CHICHORIN, DEL MUNICIPIO DE SAN LUCAS SACATEPÉQUEZ, DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS REALIZADOS EN LA MUNICIPALIDAD DE SAN LUCAS, GUATEMALA, C.A.”

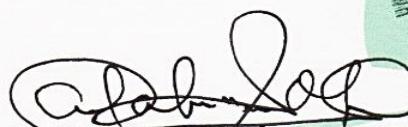
Estudiante:

Karina Desireé Rabanales Bravo

Carné:

200816796

**“IMPRIMASE”**

  
**Dr. Ariel Abderramán Ortiz López**  
**DECANO EN FUNCIONES**