



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Civil

**CARACTERIZACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES DEL CASCO URBANO DEL  
MUNICIPIO DE SAN MANUEL CHAPARRÓN, DEPARTAMENTO DE JALAPA**

**Herbert Osiel Ramos Alfaro**

Asesorado por el Ing. Wuillian Ricardo Yon Chavarría

Guatemala, febrero de 2020

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**CARACTERIZACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES DEL CASCO URBANO DEL  
MUNICIPIO DE SAN MANUEL CHAPARRÓN, DEPARTAMENTO DE JALAPA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

**HERBERT OSIEL RAMOS ALFARO**

ASESORADO POR EL ING. WUILLIAN RICARDO YON CHAVARRÍA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO CIVIL**

GUATEMALA, FEBRERO DE 2020

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Christian Moisés de la Cruz Leal
VOCAL V	Br. Kevin Armando Cruz Lorente
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Claudio César Castañón Contreras
EXAMINADORA	Inga. Dilma Yanet Mejicanos Jol
EXAMINADOR	Ing. Daniel Alfredo Cruz Pineda
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

### **CARACTERIZACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES DEL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE SAN MANUEL CHAPARRÓN, DEPARTAMENTO DE JALAPA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil con fecha 08 de mayo de 2017

**Herbert Osiel Ramos Alfaro**

Guatemala 29 de octubre de 2019

Ingeniero  
Pedro Antonio Aguilar Polanco  
Jefe del Departamento de Hidráulica  
Facultad de Ingeniería  
Universidad de San Carlos de Guatemala

Estimado Ingeniero Polanco:

Reciba usted un cordial saludo esperando que sus actividades se realicen con éxito.

Por medio de la presente permito informar que en calidad de asesor nombrado por la dirección de la Escuela de Ingeniería Civil he procedido a la revisión final del trabajo de graduación titulado **CARACTERIZACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES DEL CASCO URBANO DE SAN MANUEL CHAPARRÓN, DEPARTAMENTO DE JALAPA**, desarrollado por el estudiante Herbert Osiel Ramos Alfaro, Carné No. 2012-13011, determinando que el mismo cumple con los requisitos establecidos por lo que de la manera más atenta solicito se autorice continuar con los trámites pertinentes para la aprobación final.

Atentamente.

  
**Wuillian Ricardo Yon Chavarría**  
INGENIERO CIVIL  
COL No. 2029

Ing. Wuillian Ricardo Yon Chavarría  
Asesor, Colegiado 2,029



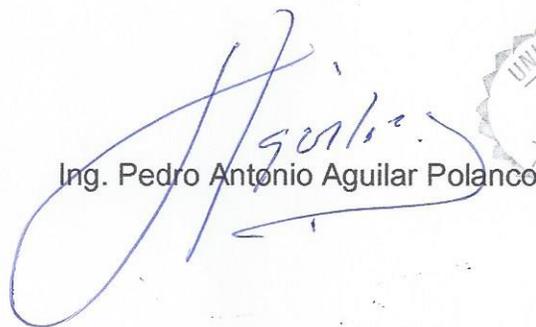
**USAC**  
TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala  
FACULTAD DE INGENIERÍA

<http://civil.ingenieria.usac.edu.gt>

**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**



El director de la Escuela de Ingeniería Civil y Jefe del Departamento de Hidráulica, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Wuillian Ricardo Yon Chavarría, al trabajo de graduación del estudiante Herbert Osiel Ramos Alfaro **CARACTERIZACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES DEL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE SAN MANUEL CHAPARRON, DEPARTAMENTO DE JALAPA** da por este medio su aprobación a dicho trabajo.

  
Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco



Guatemala, noviembre 2019

/mrm.

*Mas de 136 años de Trabajo y Mejora Continua*





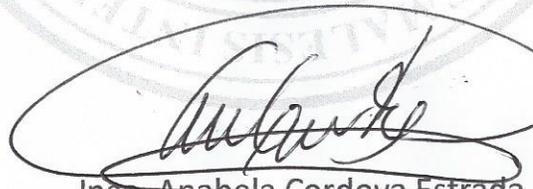
**USAC**  
TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala

Decanato  
Facultad de Ingeniería  
24189102 - 24189103

DTG. 075.2020

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al Trabajo de Graduación titulado: **CARACTERIZACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES DEL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE SAN MANUEL CHAPARRÓN, DEPARTAMENTO DE JALAPA,** presentado por el estudiante universitario: **Herbert Osiel Ramos Alfaro,** y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

  
Inga. Anabela Cordova Estrada  
Decana



Guatemala, febrero de 2020

/gdech

## **ACTO QUE DEDICO A:**

- Mi padre** Abraham Ramos Orellana (q.e.p.d). Por cuidarme desde el cielo siempre.
- Mi madre** María Elvira Alfaro Payes. Por darme su apoyo incondicional durante toda mi vida académica.
- Mis hermanos** Lester, Marlon e Ingrid Ramos. Por estar siempre en las buenas y en las malas.
- Mi familia** Por su apoyo y su cariño para mi persona.
- Mis amigos** Por su compañía y la amistad que aún permanece a pesar de los obstáculos.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

<b>Dios</b>	Por permitirme la vida y alcanzar este logro importante para mi vida.
<b>Universidad de San Carlos de Guatemala</b>	Por ser mi casa de estudios y brindarme la oportunidad de recibir conocimientos superiores.
<b>Facultad de Ingeniería</b>	Por ser el medio de educación técnica durante mi formación como profesional.
<b>Mis amigos de la Facultad</b>	Por su apoyo incondicional en las buenas y en las malas como estudiantes.
<b>Ing. Wuillian Ricardo Yon Chavarría</b>	Por aceptar ser mi asesor en esta investigación, compartir su conocimiento y la confianza brindada.
<b>Municipalidad de San Manuel Chaparrón</b>	Por el apoyo incondicional brindado durante la investigación.
<b>En general</b>	Por cada persona que me proporcionó un grano de arena en mi desarrollo como profesional.



## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....	V
LISTA DE SÍMBOLOS .....	VII
GLOSARIO .....	IX
RESUMEN .....	XI
OBJETIVOS.....	XIII
INTRODUCCIÓN .....	XV
1. MARCO TEÓRICO.....	1
1.1. Aguas residuales .....	1
1.1.1. Aguas grises .....	1
1.1.2. Aguas negras.....	3
1.1.2.1. Aguas residuales domésticas o urbanas .....	3
1.1.2.2. Aguas residuales industriales .....	4
1.1.2.3. Aguas residuales de la agricultura y de la ganadería.....	4
1.1.2.4. Aguas residuales derivadas de la lluvia .....	5
1.1.3. Tratamiento de las aguas residuales .....	5
1.1.3.1. Sistema de alcantarillado.....	7
1.1.3.2. Planta de tratamiento de aguas residuales .....	7
1.2. Caracterización de las aguas residuales .....	8
1.2.1. Parámetros físicos .....	8
1.2.1.1. Color .....	8

	1.2.1.2.	Olor	.....	8
	1.2.1.3.	Temperatura	.....	9
1.2.2.		Parámetros químicos.....		9
	1.2.2.1.	Potencial de hidrógeno (PH)	.....	9
	1.2.2.2.	Nitrógeno total	.....	9
	1.2.2.3.	Fósforo total	.....	10
	1.2.2.4.	Arsénico	.....	10
1.2.3.		Metales pesados	.....	10
1.2.4.		Parámetros bacteriológicos	.....	11
	1.2.4.1.	Coliformes fecales	.....	11
2.		DESCRIPCIÓN DEL MUNICIPIO DE SAN MANUEL CHAPARRÓN, DEPARTAMENTO DE JALAPA.....		13
2.1.		Antecedentes históricos	.....	13
2.2.		Localización.....		14
2.3.		Colindancias.....		14
2.4.		Extensión territorial.....		14
2.5.		Altitud	.....	15
2.6.		Condiciones climatológicas	.....	16
2.7.		Orografía	.....	16
2.8.		Recursos naturales	.....	16
2.9.		Ríos	.....	17
2.10.		Vías de comunicación	.....	18
2.11.		Servicios municipales.....		18
	2.11.1.	Sistema de energía eléctrica	.....	18
	2.11.2.	Sistema de agua y drenajes	.....	19
	2.11.3.	Equipamiento social	.....	19
	2.11.4.	Mercado	.....	19
	2.11.5.	Cementerio	.....	20

2.12.	Infraestructura sanitaria .....	20
2.13.	Población .....	20
3.	ESTUDIO TÉCNICO .....	21
3.1.	Horarios de descarga de aguas residuales .....	21
3.2.	Descripción del tratamiento de aguas residuales .....	21
3.3.	Caracterización de aguas para reúso .....	22
3.4.	Identificación del alcantarillado hacia el cual se descargan las aguas residuales .....	22
3.5.	Muestreo .....	22
3.5.1.	Muestreo simple .....	22
3.5.2.	Muestreo compuesto .....	23
3.6.	Vertederos .....	23
3.6.1.	Clasificación de vertederos .....	24
3.6.1.1.	Espesor de umbral .....	24
3.6.1.2.	Funcionamiento hidráulico .....	25
3.6.1.3.	Forma de sección .....	25
4.	CARACTERIZACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES .....	27
4.1.	Metodología .....	27
4.1.1.	Delimitación del campo de estudio .....	27
4.1.2.	Recurso humano disponible .....	27
4.1.3.	Recurso de protección personal .....	28
4.1.4.	Recolección y ordenamiento de información .....	28
4.1.5.	Tabulación y ordenamiento de la información .....	30
4.2.	Descripción de los puntos de muestreo .....	31
4.3.	Resultados obtenidos .....	35
4.4.	Análisis de resultados en comparación del Acuerdo Gubernativo 236-2006 .....	36

4.5.	Comparación entre los distintos puntos de muestreo.....	38
4.6.	Interpretación de resultados.....	41
CONCLUSIONES.....		45
RECOMENDACIONES.....		47
BIBLIOGRAFÍA.....		49
ANEXOS.....		51

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Mapa de la cabecera municipal de San Manuel Chaparrón.....	15
2.	Esquema de un vertedero .....	24
3.	Formas de vertederos .....	25
4.	Recipiente de muestreo para análisis físico químico.....	29
5.	Recipiente de muestreo para análisis bacteriológico .....	29
6.	Diagrama de regiones de muestreo .....	32
7.	Región I .....	33
8.	Región II y III .....	33
9.	Región IV .....	34
10.	Región V .....	34
11.	Gráfica potencial de hidrógeno contra puntos de muestreo .....	38
12.	Gráfica demanda bioquímica de oxígeno contra puntos de muestreo .....	38
13.	Gráfica nitratos contra puntos de muestreo .....	39
14.	Demanda química de oxígeno contra puntos de muestreo .....	39
15.	Gráfica de fósforo contra puntos de muestreo .....	40
16.	Gráfica coliformes fecales contra puntos de muestreo.....	40
17.	Gráfica color contra puntos de muestreo .....	41

### TABLAS

I.	Comparación de parámetros físico-químicos y bacteriológicos de las aguas grises y las aguas residuales.....	2
----	---	---

II.	Resultados del análisis fisicoquímico y microbiológico del agua residual, distintos puntos.....	30
III.	Comparativa entre punto de estudio y límites máximos permisibles.....	31
IV.	Resultados del análisis fisicoquímico y microbiológico del agua residual, en los distintos puntos del río Chaparrón. ....	35
V.	Comparativa entre región 2 y límite máximo admisible por el Acuerdo Gubernativo 236-2006, río Chaparrón, San Manuel Chaparrón .....	36
VI.	Comparativa entre región 2 y límite máximo admisible por el Acuerdo Gubernativo 236-2006, río Chaparrón, San Manuel Chaparrón .....	37

## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
<b>cm<sup>3</sup></b>	Centímetro cúbico
<b>°C</b>	Grados Celsius
<b>mg/L</b>	Miligramos por litro
<b>pH</b>	Potencial de hidrógeno
<b>T</b>	Temperatura



## GLOSARIO

<b>Aguas residuales</b>	Aguas que han recibido uso doméstico, comercial o industrial y cuyas cualidades han sido modificadas.
<b>Coli-Aerogenes</b>	Bacteria que pertenece al grupo de coliformes; estas tienen ciertas características bioquímicas relevantes como indicadores de contaminación del agua y alimentos.
<b>Coliformes fecales</b>	El parámetro que indica la presencia de contaminación fecal y bacterias patógenas en el agua.
<b>DBO5</b>	Demanda bioquímica de oxígeno. Medida indirecta del contenido de materia orgánica que se determina por la cantidad de oxígeno utilizado en la oxidación bioquímica de la materia orgánica biodegradable en 5 días.
<b>DQO</b>	Demanda química de oxígeno. La medida indirecta del contenido de materia orgánica e inorgánica oxidable en aguas residuales, que se determina por la cantidad equivalente de oxígeno utilizado en la oxidación química.
<b>LMA</b>	Límite máximo admisible. Valor asignado a un parámetro, el cual no debe ser excedido.

<b>Muestra</b>	Parte representativa por utilizar.
<b>Muestra compuesta</b>	Dos o más muestras simples que se tomen en intervalos determinados de tiempo y que se adicionan para obtener un resultado de las características de aguas residuales.
<b>Muestra simple</b>	Muestra tomada en una sola operación que representa las características de las aguas residuales
<b>NMP</b>	Número más probable
<b>Parámetro</b>	Variable que identifica una característica de las aguas residuales y le asigna un valor numérico.
<b>Punto de descarga</b>	Sitio en el cual el efluente de aguas residuales es dispuesto en un cuerpo receptor, como podría ser un río.
<b>Tratamiento de aguas residuales</b>	Proceso físico, químico, biológico o una combinación de los mismos que se utiliza para mejorar las características de las aguas residuales.

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene por objetivo caracterizar las aguas residuales del municipio de San Manuel Chaparrón, departamento de Jalapa, mediante análisis fisicoquímicos y bacteriológicos de muestras tomadas en el río Chaparrón, el cual está a un costado del casco urbano. Se analizó cuatro puntos en el trayecto del mismo, para determinar el efecto que producen las mismas sobre el efluente.

La calidad del agua es de gran importancia para el municipio, principalmente porque se dedican primeramente a la agricultura y ganadería; es de vital importancia que no esté contaminada, ya que deriva en detrimento de la salud de los pobladores y animales que a su paso necesitan del vital líquido.

Se recolectaron muestras en el río Chaparrón; la primera se tomó aguas arriba, la segunda directamente de la última descarga del drenaje de aguas residuales; la tercera en el río donde se une la última descarga y la cuarta en el río aguas abajo. Se realizaron pruebas físicas, químicas y bacteriológicas en el Laboratorio Unificado de Química y Microbiología Sanitaria Dra. Alba Tabarini Molina de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Se compararon los parámetros obtenidos con el Acuerdo Gubernativo 236-2006 que contiene el “Reglamento de las descargas y reuso de aguas residuales y de la disposición de lodos”. De acuerdo con los resultados obtenidos se crearon gráficas para interpretar los parámetros en función del trayecto del río y cómo este es afectado.



## **OBJETIVOS**

### **General**

Caracterizar las aguas residuales del casco urbano del municipio de San Manuel Chaparrón, departamento de Jalapa.

### **Específicos**

1. Determinar los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos de las aguas residuales del municipio de San Manuel Chaparrón, departamento de Jalapa.
2. Evaluar el cumplimiento de parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos con el Reglamento de las Descargas y Reúso de Aguas Residuales y de la Disposición de Lodos, Acuerdo Gubernativo 236-2006.
3. Realizar el análisis comparativo entre los resultados obtenidos aguas arriba y aguas abajo de las descargas, para medición de efecto de las descargas evaluadas.
4. Analizar los parámetros resultantes proporcionados por los distintos estudios en laboratorio.
5. Elaborar un mapa donde se muestren los sectores que afectan directamente al caudal, clasificando viviendas y comercios.



## INTRODUCCIÓN

La situación ambiental en el país es alarmante; según el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN), más del 90 % de las fuentes de agua tienen contaminación bacteriológica y residuos fecales. La ausencia de cultura y la poca determinación de las autoridades han creado una poca o nula importancia hacia las fuentes de abastecimiento de agua, en las que se descarga aguas residuales sin un previo tratamiento. Existen intereses económicos y políticos que prevalecen sobre la conservación de los recursos hídricos y aunque hay leyes que protegen al medio ambiente no existe un ente regulador que obligue a cumplir las mismas.

El presente proyecto se realizó con el objetivo principal de determinar parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos de las aguas residuales del casco urbano del municipio de San Manuel Chaparrón, departamento de Jalapa. Se efectuaron distintos estudios y metodologías in situ, para luego llevarlos a un laboratorio, para que pueda servir como un estudio previo y útil para el correcto tratamiento de las aguas servidas.



# **1. MARCO TEÓRICO**

## **1.1. Aguas residuales**

Las aguas residuales son el resultado del uso doméstico, comercial o industrial del agua. Por uso del hombre representan un peligro y deben ser tratadas porque contienen gran cantidad de grasas, detergentes, materia orgánica, residuos de industria y de los ganados, herbicidas y plaguicidas y, en algunas ocasiones, hasta sustancias tóxicas.

### **1.1.1. Aguas grises**

Las aguas grises son aguas residuales generadas por las actividades domésticas, tales como la duchas, bañeras y lavamanos, que pueden ser recicladas en el lugar para usos como el riego de jardines o recarga de cisternas de aparatos sanitarios; si bien las aguas de las cocinas y lavadoras también son consideradas aguas grises, estas generalmente no se reciclan debido a la elevada contaminación que contienen.

Estas aguas contienen un bajo contenido en materia fecal; se diferencian del agua del sanitario ya que contiene desechos humanos; las aguas grises pueden representar del 50-80 % de las aguas residuales residenciales.

Las aguas grises están compuestas por materia orgánica e inorgánica y microorganismos; es por ello, que su contaminación se determina básicamente con los siguientes parámetros:

Tabla I. **Comparación de parámetros físico-químicos y bacteriológicos de las aguas grises y las aguas residuales**

	<b>Parámetros</b>	<b>Valor orientativo aguas grises</b>	<b>Valor típico aguas residuales</b>
<b>Parámetros físicoquímicos</b>	Sólidos en suspensión	45-330mg/l	450ml/l
	DBO	90-290ml/l	400ml/l
	Nitrógeno	2,1-31,5 ml/l	50-60ml/l
	Turbiedad	22-200 NTU	
<b>Parámetros microbiológicos</b>	Coliformes totales	10 <sup>1</sup> – 10 <sup>6</sup> UFC/100ml	10 <sup>6</sup> – 10 <sup>7</sup> UFC/100ml
	Escherichia Coli	10 <sup>1</sup> – 10 <sup>5</sup> UFC/100ml	10 <sup>5</sup> – 10 <sup>6</sup> UFC/100ml

Fuente: Aguas Grises <https://www.aguasresiduales.info/revista/blog/aguas-grises-origen-composicion-y-tecnologias-para-su-reciclaje/>. Consulta: 12 febrero de 2019.

A diferencia de las aguas negras, las aguas grises presentan contaminación microbiológica y carga orgánica en menor cantidad; por este motivo, son apropiadas para ser recicladas. Existen distintas tecnologías que se emplean en el reciclaje de la misma, entre ellas tratamientos físico-químicos, biológicos o una combinación de ambos; generalmente se emplean con filtros y sistemas de desinfección y estos deben asegurar la calidad del agua reciclada en los puntos de uso. Para el proceso de almacenaje es importante determinar la demanda de agua prevista y el caudal de aguas grises, observar la fluctuación a lo largo del día para disponer de un tanque de almacenamiento que cubra dicha demanda; el tiempo de retención deberá ser menor a 24 horas para evitar el deterioro de las aguas recicladas.

### **1.1.2. Aguas negras**

Las aguas negras son aquellas aguas residuales que contienen desechos contaminantes peligrosos que produce el ser humano. Representan un peligro potencialmente alto si son vertidas en el medio ambiente sin un tratamiento previo.

Todas aquellas aguas usadas en entornos domésticos, urbanos, industrias y ganadería, así como las aguas naturales que por algún accidente se hayan mezclado con las anteriores, contienen gran cantidad de elementos contaminantes, desde sólidos hasta partículas disueltas en la misma agua.

Respecto a la contaminación que pueden portar las aguas negras se trata de una variación muy amplia, como tantas actividades realice el ser humano sobre el agua. Se pueden encontrar productos químicos procedentes de uso doméstico como jabones, detergentes, cosméticos; productos sólidos como el papel higiénico, toallitas desechables, plásticos, metales pesados y contaminantes procedentes de la industria como el plomo, zinc, mercurio, cadmio y bromo, entre otros; y también restos orgánicos procedentes principalmente de la materia fecal y de las orinas.

Al catalogar las aguas negras o residuales según su origen se encuentran 4 entre las más comunes, las cuales pueden presentar sus propias categorías internas.

#### **1.1.2.1. Aguas residuales domésticas o urbanas**

Es el tipo de agua con el que se está en contacto todos los días. Es resultado de uso de agua en viviendas en zonas urbanas, donde también se

concentra gran cantidad de comercios o lugares de trabajo. Se trata de agua residual especialmente alta en contaminantes orgánicos y sólidos sedimentables, así como bacterias. Es también el agua que se desecha cuando se vacía el tanque del inodoro o cuando se usa el lavatrastos de la cocina, entre otras.

### **1.1.2.2. Aguas residuales industriales**

Este tipo de agua es el que resulta de los procesos que se llevan a cabo en las actividades industriales. Se incluye el agua que se desecha desde las fábricas, las plantas de producción de textiles o cualquier otra actividad que esté destinada a la fabricación de productos consumibles o manufactureros. Este tipo de agua residual se caracteriza por contener un elevado nivel de componentes contaminantes del tipo de metales pesados, entre los que se encontrarían el plomo, el níquel, el cobre, el mercurio y el cadmio, entre muchos otros. Así mismo, también se trata de aguas residuales que contienen cantidades elevadas de elementos químicos artificiales de una variedad amplísima.

### **1.1.2.3. Aguas residuales de la agricultura y de la ganadería**

Este tipo de aguas residuales son menos frecuentes en la agricultura, ya que la mayor parte de ella se utiliza para el regadío. Algunos cultivos, así como actividades destinadas para el tratamiento de ciertos productos agrícolas, hacen uso de abundante agua y producen aguas residuales.

Sin embargo, la mayoría de las aguas residuales del sector primario proviene de la ganadería, especialmente de la ganadería intensiva. Estas aguas contienen elevados niveles de contaminantes, derivados tanto de ciertos químicos que se usan para criar al ganado como los que se derivan de los purines

de los animales; es decir, los desechos fecales y los orines de animales que permanecen en establos o recintos similares la mayor parte de su vida. Estos contaminantes son muy peligrosos, ya que pueden afectar la fertilidad de los suelos, llegan a convertir un suelo fértil en un completo páramo, debido a la toxicidad y a la saturación de las partículas fecales que contienen.

#### **1.1.2.4. Aguas residuales derivadas de la lluvia**

Es un tipo de agua residual que suele pasar inadvertida para la mayoría de las personas; a pesar de ello, constituye un verdadero ejemplo de agua residual generada por la acción que el ser humano tiene en la atmósfera. Este tipo de agua residual se produce por el efecto de la lluvia al arrastrar los contaminantes presentes en la atmósfera, especialmente en los núcleos urbanos, que llegan al suelo y lo contaminan. La mayor parte de esta agua, al tener lugar en las ciudades, terminan en el alcantarillado público, donde se unen con las aguas residuales domésticas o urbanas. En el caso de este estudio, no es significativo, ya que la industria es insignificante en el municipio de San Manuel Chaparrón.

#### **1.1.3. Tratamiento de las aguas residuales**

El tratamiento de aguas residuales consiste en una serie de procesos físicos, químicos y biológicos que tienen como fin eliminar las sustancias no deseadas en el agua efluente del uso humano. El objetivo del tratamiento es producir agua limpia, ya sea un efluente tratado o uno reutilizable en el ambiente.

Las aguas residuales generadas por domicilio, comercio e industria pueden ser tratadas dentro del sitio en el cual son generadas, como tanques sépticos u otros medios de depuración, o bien pueden ser recogidas y llevadas mediante una red de tuberías a una planta de tratamiento municipal. Los esfuerzos para

recolectar y tratar las aguas residuales domiciliarias están típicamente sujetos a regulaciones y estándares locales impuestos por las municipalidades y el ministerio de medio ambiente.

El tratamiento de aguas residuales comienza por la separación física de sólidos grandes como la basura u otros elementos que el efluente pueda arrastrar. Típicamente, en las aguas domiciliarias o industriales se emplea un sistema de rejillas, aunque también se puede utilizar un equipo especial para triturar estos sólidos. Posteriormente se utiliza un desarenador, que consiste en separar sólidos muy densos como la arena, seguido de una sedimentación primaria que separe los sólidos suspendidos en el agua residual; a continuación sigue el tratamiento de la materia biológica, usando bacterias adecuadas (sedimentación secundaria). El agua tratada puede experimentar procesos adicionales (tratamiento terciario) como desinfección, filtración, entre otros. Este efluente final puede ser descargado a cuerpos receptores naturales como ríos. Los sólidos biológicos segregados experimentan un tratamiento adicional antes de su descarga o reutilización apropiada. Estos procesos son referidos comúnmente a un:

- Tratamiento primario (asentamiento de sólidos)
- Tratamiento secundario (tratamiento biológico de la materia orgánica disuelta presente en el agua residual, transformándola en sólidos suspendidos que se eliminan fácilmente)
- Tratamiento terciario (pasos adicionales como microfiltración y desinfección)

### **1.1.3.1. Sistema de alcantarillado**

Los sistemas de alcantarillado que transportan descargas de aguas residuales y agua pluvial conjuntamente son llamadas sistemas de alcantarillado combinado. La práctica de la construcción de estos es cada día menos común; sin embargo, cuando las aguas residuales son transportadas de manera separada se les llama alcantarilla de aguas negras y alcantarilla de aguas pluviales. El agua pluvial puede arrastrar por medio de los techos y la superficie de la tierra varios contaminantes, incluyendo partículas del suelo, metales pesados, compuestos orgánicos, basura animal, aceites y grasa; principalmente en las primeras lluvias después del estiaje requieren algunos niveles de tratamiento antes de su descarga, aunque no existe ninguna regulación para el agua pluvial en el país.

### **1.1.3.2. Planta de tratamiento de aguas residuales**

El sitio a donde se conducen todas las aguas residuales se le conoce como planta de tratamiento. El diagrama de flujo de la planta generalmente es así:

- Tratamiento físico-químico
  - Remoción de sólidos
  - Remoción de arena
  - Precipitación con o sin ayuda de coagulantes o floculantes
  - Separación y filtración de sólidos. El agregado de cloruro férrico ayuda a precipitar en gran parte la remoción de fósforo y ayuda a precipitar biosólidos.

- Tratamiento biológico
  - Lechos oxidantes o sistemas aeróbicos
  - Post – precipitación
  - Liberación al medio de efluentes, con o sin desinfección según las normas locales

## **1.2. Caracterización de las aguas residuales**

A continuación se presentan las características a analizar de un estudio de aguas residuales.

### **1.2.1. Parámetros físicos**

Las variables físicas que identifican una característica de la muestra de las aguas residuales.

#### **1.2.1.1. Color**

El color depende de la cantidad de sustancias que pueda presentar el agua. Generalmente está dado por las materias orgánicas o metales combinados; si el agua se encuentra con mucho color no tiene otro uso más que industrial. Para evaluar el mismo, antes deben retirarse las partículas suspendidas mediante centrifugación.

#### **1.2.1.2. Olor**

Depende principalmente de la materia orgánica descompuesta, microorganismos y compuestos químicos volátiles. Para considerarla como agua

de buena calidad esta debe ser inodora. Se evalúa mediante un análisis sensorial con el olfato.

### **1.2.1.3. Temperatura**

La temperatura es un parámetro que afecta los procesos de tratamiento, ya que actúa directamente en los procesos de reproducción microbiana como la cantidad de oxígeno disuelta en el agua.

## **1.2.2. Parámetros químicos**

Mediante pruebas de laboratorio y análisis en los puntos de muestreo se determinará los aspectos contenidos en las muestras de agua; mediante la identificación de estos compuestos puede determinarse la necesidad de un tratamiento para disminuir la contaminación.

### **1.2.2.1. Potencial de hidrógeno (PH)**

El agua regularmente tiene un potencial de hidrógeno (pH) en el rango de 5.5 – 8.5. Una alteración significativa en estos valores indica contaminación por químicos, regularmente. Cuando la escala normal del pH es menor a 7 se le conoce como carácter ácido y, mayor a 7, carácter básico; considerado el 7 como un pH neutro.

### **1.2.2.2. Nitrógeno total**

El nitrógeno se presenta en el agua en cualquier estado de oxidación (nitrato, nitrito, amonio y nitrógeno orgánico); se elimina con procesos de desnitrificación de tipo biológico que sucede en condiciones anaerobias y

produce gases y óxidos de nitrógeno. Una gran presencia de nitritos en el agua sintetiza toxinas, por lo que no es apta para el consumo.

#### **1.2.2.3. Fósforo total**

El fósforo es un elemento esencial en el crecimiento de plantas y se considera como uno de los nutrientes que controlan el crecimiento de algas. Aparece en las aguas residuales casi exclusivamente como fosfatos. El uso de detergentes, los cuales contienen grandes cantidades de fósforo, aumenta el contenido de fosfato en aguas residuales.

#### **1.2.2.4. Arsénico**

El arsénico es un metaloide, lo cual básicamente significa que tiene propiedades de metal y no metal; puede ser tóxico, por lo que su uso en insecticidas es común. La toma de grandes cantidades de arsénico puede causar desde problemas en la piel hasta cáncer. La industria del vidrio la utiliza para remover las impurezas. También se encuentra en grandes cantidades en aguas subterráneas. Se puede eliminar del agua de varias maneras como en la coagulación con hierro y aluminio o filtraciones por membranas.

#### **1.2.3. Metales pesados**

Los metales en las aguas residuales son generados principalmente por la industria de un sector entre las que destacan la minería, pintura, colorantes, metalmecánica, etc. En los efluentes cercanos a las industrias se pueden encontrar metales como arsénico, cadmio, cianuro total, cobre, cromo, mercurio, níquel, plomo y zinc. El tratamiento del agua le corresponde a la industria competente, previo a descargar sus aguas en los alcantarillados municipales o

en cualquier efluente natural. Estos metales en grandes cantidades pueden producir distintas enfermedades como el cáncer. Entre sus tratamientos existen diversas maneras como la precipitación, coagulación–floculación, intercambio iónico, membranas, flotación, adsorción, solventes y electrocoagulación.

#### **1.2.4. Parámetros bacteriológicos**

Los parámetros bacteriológicos son los principales causantes de la contaminación del agua producida por bacterias, virus o protozoarios patógenos, por lo que es necesario realizar análisis microbiológicos al agua para que pueda cumplir los límites de salubridad.

##### **1.2.4.1. Coliformes fecales**

Son bacilos anaerobios facultativos y aerobios no esporulados, indican contaminación de origen fecal; por tanto, puede contener también bacterias patógenas. La presencia de microbios del grupo coliforme se considera como un indicio de contaminación fecal más o menos reciente; este parámetro indica la calidad del agua desde el punto de vista bacteriológico.



## **2. DESCRIPCIÓN DEL MUNICIPIO DE SAN MANUEL CHAPARRÓN, DEPARTAMENTO DE JALAPA**

### **2.1. Antecedentes históricos**

En el municipio de San Manuel Chaparrón del departamento de Jalapa se han realizado estudios en los años 2 004 y 2 005, los cuales relatan el avance de su infraestructura sanitaria en los últimos 20 años. En el año 1994 se verificó que un 42 % de los hogares contaban con el servicio, mientras que en el año 1 999 este llegó a ser un porcentaje mayoritario en el mismo. Existen estudios actuales en los cuales se determinó que el municipio no cuenta con una planta de tratamiento para las aguas residuales. En su lugar hay un tratamiento incorrecto de las mismas, ya que se canalizan hacia el río Chaparrón, lo cual tiene un impacto negativo para el medio ambiente e incluso para la misma salud de la población; en cuanto a las áreas rurales, varias aldeas cuentan con un sistema de drenajes, aunque ninguna trata las aguas residuales.

Según Guatecompras, en el último periodo de gobierno, desde el año 2 017, se han realizado constantes mejoras al sistema de drenajes y alcantarillado del casco urbano; incluso en el año 2 019 está en proceso un evento para la construcción de una planta de tratamiento para la cabecera de San Manuel Chaparrón, lo que mitigará el impacto ambiental que las aguas residuales general sobre el río Chaparrón en un futuro. También se ha mejorado el sistema de descargas en las aldeas Poza Verde y Llano Verde.

En varias de las aldeas que han mejorado sus sistemas de recolección de aguas servidas descargan las mismas sobre quebradas, las que generalmente

se encuentran secas, lo que genera su estancamiento y malos olores cerca de la última descarga, hasta que empiecen las temporadas de lluvia. Los caseríos cuentan generalmente con letrinas.

## **2.2. Localización**

El municipio de San Manuel Chaparrón pertenece al departamento de Jalapa: está ubicado en la ribera del río Chaparrón, en las coordenadas geográficas siguientes: a 14 grados, 31 minutos, 5 segundos, latitud norte, y a 89 grados, 46 minutos, 8 segundos, longitud este. Geográficamente se localiza al suroriente de la cabecera departamental de Jalapa. Ocupa parte de las tierras altas volcánicas. Está a una distancia de 51 kilómetros de la cabecera departamental. El trayecto desde la Ciudad Capital, vía Jutiapa es de 175 kilómetros y 136 kilómetros vía Sanarate.

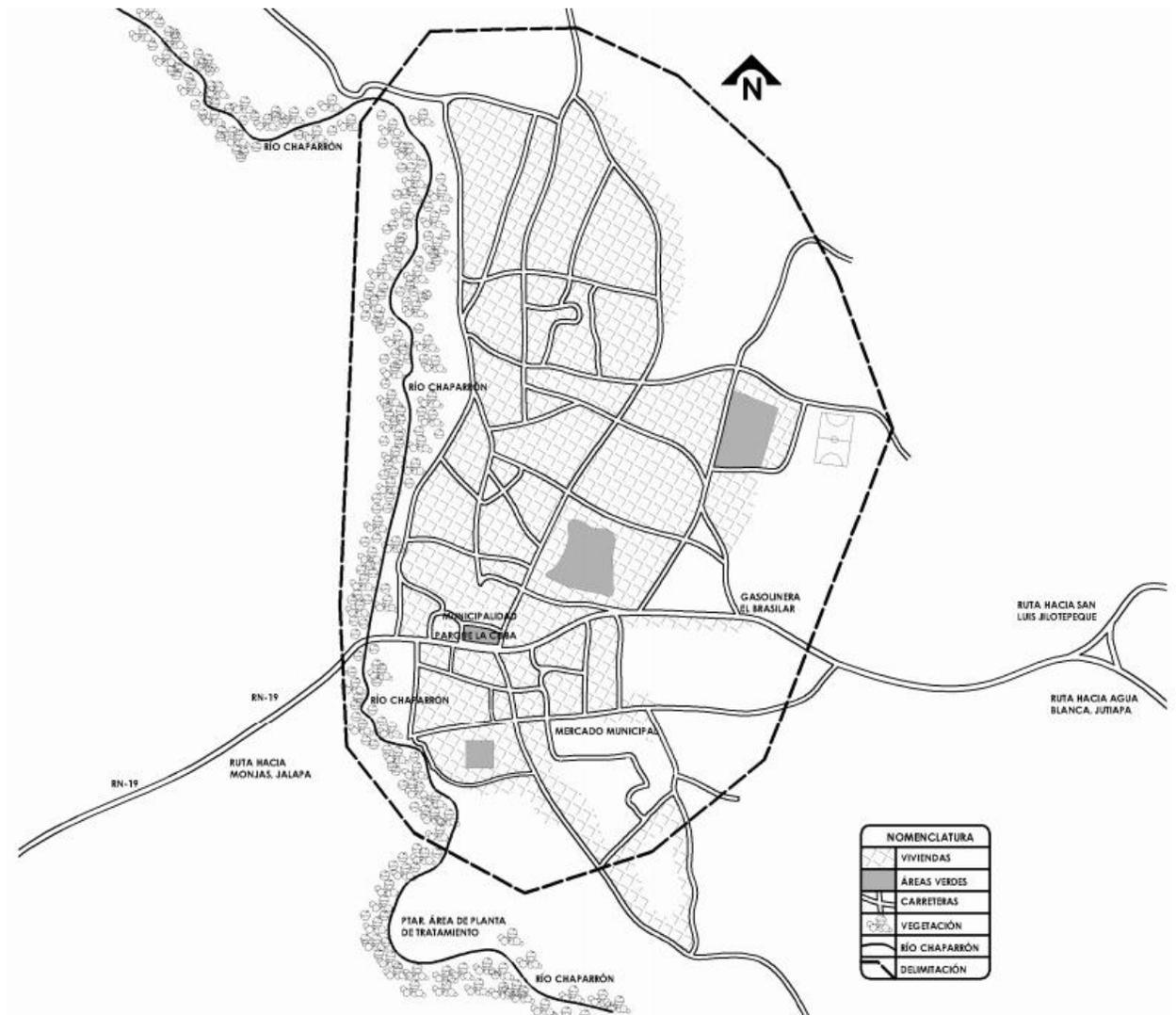
## **2.3. Colindancias**

Colinda al norte con los municipios San Pedro Pinula y San Luis Jilotepeque, departamento de Jalapa; al sur con Santa Catarina Mita, departamento de Jutiapa y con Monjas, departamento de Jalapa; al oriente con el municipio de Ipala, departamento de Chiquimula y Agua Blanca, departamento de Jutiapa; al poniente con los municipios de Monjas y Jalapa, departamento de Jalapa.

## **2.4. Extensión territorial**

San Manuel Chaparrón tiene una superficie territorial de 123 kilómetros cuadrados, que ocupan aproximadamente el 6 % del total del departamento, es el municipio de Jalapa con menor extensión territorial.

Figura 1. **Mapa de la cabecera municipal San Manuel Chaparrón**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

## 2.5. **Altitud**

El casco urbano del municipio de San Manuel Chaparrón se encuentra a una elevación de 915 metros sobre el nivel del mar.

## **2.6. Condiciones climatológicas**

El municipio pertenece a la zona de vida de bosque seco subtropical, con áreas de clima semicálido seco y en menor medida templado; en invierno hay mucha menor precipitación que en verano. La temperatura es en promedio 22.8°C y la precipitación anual media es aproximadamente de 937 mm.

El mes más seco es enero, en el cual hay 0 mm de precipitación; y con un promedio de 212 mm, la mayor precipitación cae en junio. Con un promedio de 24,6 °C, abril es el mes más cálido; diciembre tiene la temperatura promedio más baja del año con 21,1 °C, las temperaturas medias varían en 3,5 °C.

## **2.7. Orografía**

El municipio cuenta con dos (2) pequeños valles ubicados en la cabecera municipal y en la aldea Poza Verde. Cuenta con doce (12) cerros, que han sido deforestados por los agricultores para la siembra de cultivos tradicionales como maíz y frijol.

## **2.8. Recursos naturales**

Entre los recursos naturales que cuenta el municipio de San Manuel Chaparrón se pueden mencionar los ríos Grande y Chaparrón, el último es el principal de la cabecera. Hay nacimientos de agua en El Espinal, El Ojxtal y Honda, que desembocan en los ríos antes mencionados. Bosques naturales y reforestados principalmente de coníferos y los latifoliados, sobresalen el pino, ciprés, encino, aceituno, quebracho, paraíso, zaro, conacaste y ceiba. Entre su fauna destacan los mamíferos silvestres como los conejos, ardillas, gato de

monte y tacuacín; los reptiles, zumbadora, lagartija, ranas; avifauna, zarceta, guacheco, pájaro carpintero, cheje y cenizote de agua.

## **2.9. Ríos**

En el municipio se localizan los siguientes ríos:

- Río Chaparrón: tiene su origen en el municipio de San Luis Jilotepeque, departamento de Jalapa, recorre a orillas de la cabecera municipal de San Manuel Chaparrón, las aldeas El Pedernal y Las Ánimas, y los caseríos El Rosario y El Sitio. Su caudal ha disminuido por desvíos para cultivos y la deforestación, el riego es principalmente usado por los pobladores de la aldea El Pedernal y caserío El Sitio.

A un costado de donde será la futura planta de tratamiento desemboca el caudal de las aguas residuales del casco urbano y aldeas aledañas conectadas al sistema de alcantarillado.

- Río Los Amates: se localiza en la aldea Los Amates. Proviene de las corrientes de varias quebradas y durante la época seca no lleva caudal. Proporciona agua para los animales, semovientes, cultivos y a los habitantes de la zona; genera mayor estabilidad económica, debido a que las actividades productivas son continuas durante el año.
- Río Los Lobos: al igual que el río Los Amates, solamente en la época de lluvia tiene corriente. Está ubicado en la aldea Las Palmilla y es utilizado como bebedero de ganado.

- Río Ostúa o Grande: como su nombre lo indica, es el mayor del municipio, su caudal es fuerte. La corriente del río viene desde el municipio de Monjas; en este río desemboca el río El Chaparrón varios kilómetros después de la descarga.

## **2.10. Vías de comunicación**

El municipio cuenta con varias carreteras que lo comunican con la cabecera departamental, aldeas, caseríos y municipios colindantes. La carretera principal es la Ruta Nacional Diecinueve, la cual actualmente se encuentra asfaltada en su totalidad. También existen caminos de asfalto que comunican con los siguientes municipios: San Luis Jilotepeque, Monjas, Agua Blanca, Santa Catarina Mita y San Pedro Pinula.

En la cabecera del municipio de San Manuel Chaparrón las calles principales tienen revestimiento de pavimento y adoquín; la mayoría de las calles y caminos dentro de la cabecera tienen la misma calidad en su infraestructura vial. Las vías de acceso a las comunidades son principalmente de terracería.

## **2.11. Servicios municipales**

A continuación se detallan los servicios actuales con los que cuenta la cabecera municipal.

### **2.11.1. Sistema de energía eléctrica**

El municipio de San Manuel Chaparrón cuenta con servicios de energía eléctrica en la cabecera municipal, en 14 aldeas principales y en 4 caseríos.

### **2.11.2. Sistema de agua y drenajes**

La cabecera municipal, 14 aldeas y 3 caseríos cuentan con servicio de agua potable. La demanda de agua potable para uso domiciliario es considerable, por lo que se estableció que la municipalidad le dé suministro y tratamiento al agua, pues ellos son los encargados de tratarla para que sea apta para su consumo. Con la finalidad de brindar agua suficiente a la población se perforó un pozo mecánico.

La cabecera municipal y 12 aldeas cuentan con servicio de drenajes para vivienda, así como para aguas pluviales.

### **2.11.3. Equipamiento social**

El casco urbano cuenta con un centro de salud tipo B y puestos de salud en las aldeas de Poza Verde y Los Amates.

En la cabecera municipal se encuentra la Coordinadora Técnica Administrativa, quien supervisa y coordina la labor educativa; los establecimientos oficiales son en total 19, de los cuales hay 14 escuelas en aldeas, 2 en caseríos y 2 en la cabecera municipal.

### **2.11.4. Mercado**

El servicio de mercado de la comunidad de San Manuel Chaparrón es los días martes y sábado.

### **2.11.5. Cementerio**

La población cuenta con un cementerio municipal, el cual está ubicado en la carretera que conduce al municipio de Agua Blanca, departamento de Jutiapa.

### **2.12. Infraestructura sanitaria**

El 95 % de las casas y negocios locales están conectados a una red de alcantarillado sanitario. En la última década se ha avanzado a niveles significativos en la infraestructura sanitaria que el casco urbano posee, según los registros de Guatecompras. El sistema de drenajes termina hasta donde será construida la planta de tratamiento; allí se ubica actualmente un muro de contención que delimita el área de la misma y la separa del río Chaparrón; las aguas residuales del casco urbano se descargan sobre este efluente.

### **2.13. Población**

Según datos del XI censo de población y de habitación del 2 002 del INE, el municipio de San Manuel Chaparrón tenía una población aproximada de 7 259 habitantes; no obstante, el censo XII del año 2 018 reportó una población de 8 317 habitantes, de los cuales el 60 % es población rural y el 40 % es población urbana, donde el 54 % son mujeres y el 46 % son hombres.

### **3. ESTUDIO TÉCNICO**

#### **3.1. Horarios de descarga de aguas residuales**

Sea el comportamiento de descargas residuales domiciliarias, se espera que durante el día, a partir de las 6:00 horas, horario en el cual los habitantes inician sus actividades cotidianas de aseo personal, uso de servicios sanitarios y preparación de alimentos, entre otros. Luego en el transcurso de la mañana, este sea disminuido, ya que los habitantes se encuentran en actividades laborales o estudiantiles. Aumenta nuevamente en el horario de medio día, por el horario de almuerzo y por los estudiantes que retornan a sus hogares; disminuye en el transcurso de la tarde y nuevamente se incrementa en la tarde noche, ya que los habitantes que laboran regresan a sus hogares.

#### **3.2. Descripción del tratamiento de aguas residuales**

Actualmente el tratamiento de las aguas residuales en el municipio es nulo, ya que se descargan las aguas residuales no tratadas directamente al efluente más cercano, el río Chaparrón, en el cual se puede observar una gran diferencia del color del agua y la calidad de la misma; en las aldeas aledañas se observa algo similar, ya que se descargan las aguas sobre quebradas que desembocan a los ríos principales del departamento, las cuales permanecen secas hasta llegar el invierno.

### **3.3. Caracterización de aguas para reúso**

El reúso del agua es considerado un componente importante para la gestión del agua, principalmente debido a la creciente escasez de la misma pero, además existen otras razones por la que cada vez más se considera una necesidad.

### **3.4. Identificación del alcantarillado hacia el cual se descargan las aguas residuales**

El alcantarillado hace uso correcto de la topografía del terreno, lo cual lleva a la red de tuberías hacia lo largo del río Chaparrón, donde una tubería con mayor diámetro es conducida a un costado del río mencionado. Una distintos tramos de todo el casco urbano y la conduce al lugar donde será construida la planta de tratamiento.

### **3.5. Muestreo**

Se define como una extracción de una porción representativa del agua residual con el propósito de examinar los distintos parámetros que podrían afectarle.

#### **3.5.1. Muestreo simple**

Un muestreo simple consiste en la captación de un ejemplar en un determinado periodo de tiempo durante el cual se realicen las descargas de aguas residuales. Esta muestra representa las características y cualidades del agua residual en el momento de la descarga, cuando fue captada la muestra.

### **3.5.2. Muestreo compuesto**

Un muestreo compuesto consiste en la composición de varias muestras simples, captadas en determinados intervalos de tiempo y que representan las características del agua durante el intervalo en el que se realizó la captación. Generalmente este tipo de muestreo es más confiable, ya que se pueden analizar las mismas y descartar aquellas que representen irregularidades; así mismo se analizarán por medio de métodos estadísticos, lo cual permite obtener resultados más certeros.

### **3.6. Vertederos**

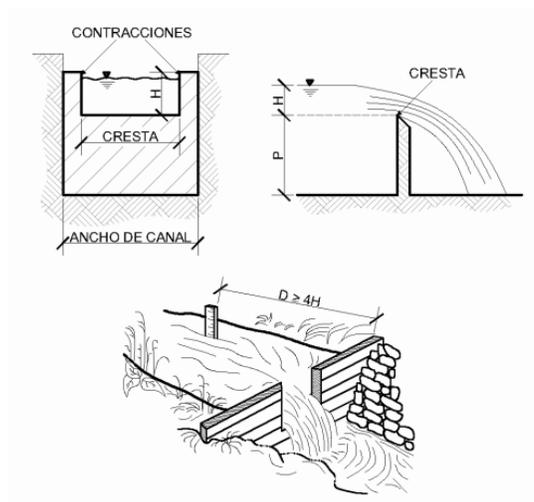
El vertedero es el nombre de una estructura hidráulica cuya finalidad es la de permitir un paso libre, pero controlado, del agua o líquido que contenga de forma superficial. El agua se vierte por este tipo de estructuras o paredes como consecuencia de la acción de la gravedad

Entre sus funciones destacan lograr que el nivel del agua alcance el nivel requerido para otras funciones; constituye un elemento de seguridad al evacuar excesos durante crecidas máximas, permite el control de salida en estructuras hidráulicas, controla caudales como la disolución entre aguas negras y aguas blancas, desvía caudales requeridos para su depuración.

Entre las partes que constituyen un vertedero está la cresta, también conocida como umbral o coronación a la parte más alta de la pared sobre la que vierte el agua; paramentos del vertedero son las paredes o taludes que limitan la obra aguas arriba y aguas debajo de la misma; perfil es el nombre que se le da a la forma de su sección transversal; altura del vertedero es la altura del parámetro aguas arriba, desde la cresta hasta el fondo; lámina vertiente es la forma que

adquiere el líquido en su vertido por el umbral; longitud del vertedero es la anchura en sentido normal a la lámina vertiente; carga  $h$ , es la altura del líquido sobre la cresta aproximadamente a  $4h$  dado que por el aumento de velocidad en este punto de la cresta, la lámina se deprime ligeramente.

Figura 2. **Esquema de un vertedero**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

### 3.6.1. Clasificación de vertederos

Aceptando las más variadas formas y disposiciones, los vertederos presentan diversos comportamientos dependiendo de factores que le alteran.

#### 3.6.1.1. Espesor de umbral

Vertederos de pared delgada: así son llamados cuando el espesor del vertedero es menor a  $3h$  y suficientemente delgado como para no afectar el desagüe. Generalmente es usado para medir caudales. Los vertederos de pared

gruesa presentan el umbral de suficiente longitud, mayor a  $3h$ ; generalmente es usado en canales o pequeñas presas, con el fin de poder controlar los niveles de agua de una represa.

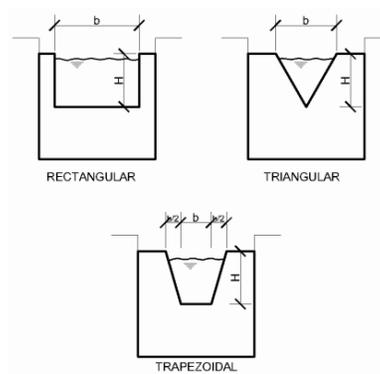
### 3.6.1.2. Funcionamiento hidráulico

Vertedero libre: su lámina vertiente toma forma de caída natural, no tiene influencia de aguas abajo, porque el nivel no existe o es muy bajo; vertedero con lámina sumergida o anegada: si el nivel aguas abajo es alto, la lámina vertiente queda sumergida o anegada; por tanto, tiene influencia en el vertido.

### 3.6.1.3. Forma de sección

Para poder realizar ciertas funciones específicas y a su vez determinar ecuaciones con base en figuras geométricas conocidas, los vertederos se clasifican por la forma de la sección en la que se produce el vertido: rectangulares sin o con contracción lateral, trapezoidal, triangular y semicircular, entre otros.

Figura 3. Formas de vertederos



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.



## **4. CARACTERIZACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES**

### **4.1. Metodología**

A continuación se presenta la metodología en la que se realizó el estudio.

#### **4.1.1. Delimitación del campo de estudio**

Se analizó la calidad del agua residual del municipio de San Manuel Chaparrón, específicamente en 4 puntos estratégicos del río Chaparrón. Se tomó en cuenta la calidad del río aguas arriba, en el punto de desembocadura de las aguas residuales, donde habrá una planta de tratamiento, y en el río aguas abajo, para así determinar los factores más importantes que puedan afectar la calidad del agua.

Así mismo se analizó la calidad parcial del agua de la aldea Poza Verde, la cual desemboca en una quebrada que únicamente se abastece de corriente en invierno. Se tomó en cuenta únicamente un punto de descarga de la aldea para poder analizarla.

#### **4.1.2. Recurso humano disponible**

- Investigador: Herbert Osiel Ramos Alfaro.
- Personal de la municipalidad de San Manuel Chaparrón.
- Personal del Laboratorio Unificado de Química y Microbiología Sanitaria Dra. Alba Tabarini Molina de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

- Asesor: Ing. Wuillian Ricardo Yon Chavarría

#### **4.1.3. Recurso de protección personal**

- Bata
- Botas industriales
- Guates de latex
- Lentes de seguridad
- Mascarilla
- Jabón antibacterial

#### **4.1.4. Recolección y ordenamiento de información**

Se viajó al municipio de San Manuel Chaparrón, departamento de Jalapa, para realizar la toma de muestras; las mismas se guardaron en recipientes apropiados, identificada cada una con un número con su respectiva tarjeta de documentación. Las muestras fueron transportadas en condiciones que mantuvieran una temperatura adecuada; luego fueron trasladadas al laboratorio de microbiología de la Universidad de San Carlos de Guatemala donde se llevaron a cabo los análisis fisicoquímicos y bacteriológicos.

Con los resultados obtenidos en el laboratorio se realizó una comparativa con el Acuerdo Gubernativo 236-2006, el cual establece los límites máximos admisibles, para luego compararlos con los datos mencionados.

Figura 4. **Recipiente de muestreo para análisis físico químico**



Fuente: elaboración propia.

Figura 5. **Recipiente de muestreo para análisis bacteriológico**



Fuente: elaboración propia.

#### 4.1.5. Tabulación y ordenamiento de la información

Los resultados se ingresaron en una tabla por punto de muestreo; luego se agruparon y clasificaron de acuerdo con los parámetros analizados para compararlos con el Acuerdo Gubernativo 236-2006. En este se hace referencia al último parámetro vigente, el cual es del año 2015, para determinar si hasta la fecha cumplen o no con lo establecido.

Tabla II. **Resultados del análisis fisicoquímico y microbiológico del agua residual, distintos puntos**

Parámetro	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4	Punto 5
Temperatura (°C)	A <sub>1</sub>	B <sub>1</sub>	C <sub>1</sub>	D <sub>1</sub>	E <sub>1</sub>
pH (unidad de pH)	A <sub>2</sub>	B <sub>2</sub>	C <sub>2</sub>	D <sub>2</sub>	E <sub>2</sub>
DBO5 (mg/L)	A <sub>3</sub>	B <sub>3</sub>	C <sub>3</sub>	D <sub>3</sub>	E <sub>3</sub>
DQO (mg/L)	A <sub>4</sub>	B <sub>4</sub>	C <sub>4</sub>	D <sub>4</sub>	E <sub>4</sub>
Sólidos suspendidos (mg/L)	A <sub>5</sub>	B <sub>5</sub>	C <sub>5</sub>	D <sub>5</sub>	E <sub>5</sub>
Nitrógeno Total (mg/L)	A <sub>6</sub>	B <sub>6</sub>	C <sub>6</sub>	D <sub>6</sub>	E <sub>6</sub>
Fósforo total (mg/L)	A <sub>7</sub>	B <sub>7</sub>	C <sub>7</sub>	D <sub>7</sub>	E <sub>7</sub>
Color (unidad)	A <sub>8</sub>	B <sub>8</sub>	C <sub>8</sub>	D <sub>8</sub>	E <sub>8</sub>
Coliformes fecales (NMP/100mL)	A <sub>9</sub>	B <sub>9</sub>	C <sub>9</sub>	D <sub>9</sub>	E <sub>9</sub>

Fuente: elaboración propia.

Donde:

- A<sub>i</sub>= Parámetro obtenido en laboratorio
- Punto x= Punto o región de estudio

Tabla III. **Comparativa entre punto de estudio y límites máximos permisibles**

<b>Parámetro</b>	<b>Punto 2</b>	<b>Lma</b>	<b>Dentro de los parámetros</b>
Temperatura (°C)	A <sub>1</sub>	X <sub>1</sub>	sí/no
pH (unidad de pH)	A <sub>2</sub>	X <sub>2</sub>	sí/no
DBO5 (mg/L)	A <sub>3</sub>	X <sub>3</sub>	sí/no
DQO (mg/L)	A <sub>4</sub>	X <sub>4</sub>	sí/no
Sólidos suspendidos (mg/L)	A <sub>5</sub>	X <sub>5</sub>	sí/no
Nitrógeno Total (mg/L)	A <sub>6</sub>	X <sub>6</sub>	sí/no
Fósforo total (mg/L)	A <sub>7</sub>	X <sub>7</sub>	sí/no
Color (unidad)	A <sub>8</sub>	X <sub>8</sub>	sí/no
Coliformes fecales (NMP/100mL)	A <sub>9</sub>	X <sub>9</sub>	sí/no

Fuente: elaboración propia.

Donde:

- Punto x= Punto o región de donde se tomó la muestra
- Lma= Límite máximo admisible por el acuerdo gubernativo

#### **4.2. Descripción de los puntos de muestreo**

Se tomó 5 muestras simples en diferentes puntos, para analizar el efecto causado por la descarga de las aguas residuales directamente al río Chaparrón.

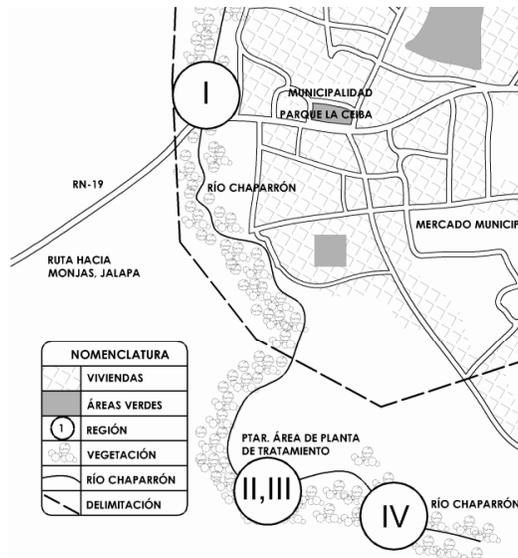
- Periodo: se realizó el muestreo durante el primer semestre del año 2019, en el mes de marzo, el cual es considerado temporada seca.

- Lugar: se tomaron las muestras simples a lo largo del río Chaparrón para analizar el efecto en varios puntos de su trayectoria, aguas arriba, descarga, aguas abajo y una descarga en la aldea Poza Verde

Se dividió el cauce del río en 3 estaciones, en cada una se estableció un punto de muestreo representante del río Chaparrón, adicionalmente una última muestra en una de las descargas principales de la aldea Poza Verde

- Región I: río Chaparrón aguas arriba, debajo del puente que conduce hacia Jalapa
- Región II: última descarga de las aguas residuales,
- Región III: río Chaparrón a unos metros de la última descarga.
- Región IV: río Chaparrón aguas abajo.
- Región V: última descarga de la aldea Poza Verde.

Figura 6. **Diagrama de regiones de muestreo**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Figura 7. **Región I**



Fuente: elaboración propia.

Figura 8. **Región II y III**



Fuente: elaboración propia.

Figura 9. **Región IV**



Fuente: elaboración propia.

Figura 10. **Región V**



Fuente: elaboración propia.

#### 4.3. Resultados obtenidos

Los datos obtenidos en el Laboratorio Unificado de Química y Microbiología Sanitaria Dra. Alba Tabarini Molina de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala fueron ordenados y tabulados para su análisis.

Tabla IV. **Resultados del análisis fisicoquímico y microbiológico del agua residual en los distintos puntos del río Chaparrón**

<b>Parámetro</b>	<b>Punto 1</b>	<b>Punto 2</b>	<b>Punto 3</b>	<b>Punto4</b>	<b>Punto 5</b>
Temperatura (°C)	22	24	23	23	22
pH (unidad de pH)	7.73	7.2	7.1	6.96	6.84
DBO5 (mg/L)	7.24	118	56.75	15.04	117.47
DQO (mg/L)	16	264	84	39	233
Sólidos suspendidos (mg/L)	6	148	30	48	310
Nitrógeno Total (mg/L)	1848	1020	176	264	252
Fósforo total (mg/L)	160	181	256	132	19
Color (unidad)	65	960	104	118	154
Coliformes fecales (NMP/100mL)	1.6E+06	1.5E+04	1.6E+06	9.2E+05	1.6E+06

Fuente: elaboración propia.

#### 4.4. Análisis de resultados en comparación del acuerdo gubernativo 236-2006

A continuación se presentan los datos que comparan el punto de la última descarga de aguas residuales del municipio de San Manuel Chaparrón con los límites máximos admisibles por el Acuerdo Gubernativo 236-2006.

Tabla V. **Comparativa entre región 2 y límite máximo admisible por el Acuerdo Gubernativo 236-2006, río Chaparrón, San Manuel Chaparrón**

Parámetro	Punto 2	Ima	Dentro de los parámetros
Temperatura (°C)	24	TCR+/- 7	sí
pH (unidad de pH)	7.2	6 a 9	sí
DBO5 (mg/L)	118	250	sí
DQO (mg/L)	264	-	-
Sólidos suspendidos (mg/L)	148	400	sí
Nitrógeno Total (mg/L)	1020	50	no
Fósforo total (mg/L)	181	30	no
Color (unidad)	960	1000	sí
Coliformes fecales (NMP/100mL)	1.5E+04	<1E+05	sí

Fuente: elaboración propia.

Tabla VI. **Comparativa entre la región 2 y límite máximo admisible por el Acuerdo Gubernativo 236-2006, río Chaparrón, San Manuel Chaparrón**

A continuación se presentan los datos que comparan el punto de la última descarga de aguas residuales de la aldea Poza Verde con los límites máximos admisibles por el Acuerdo Gubernativo 236-2006.

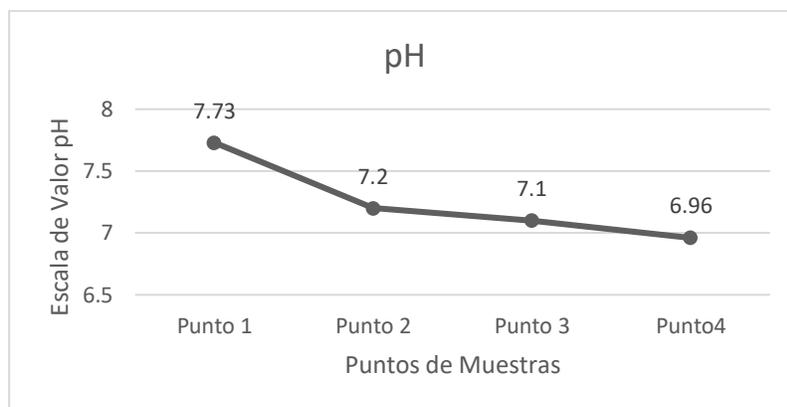
<b>Parámetro</b>	<b>Punto 5</b>	<b>Ima</b>	<b>Dentro de los parámetros</b>
Temperatura (°C)	22	TCR+/- 7	sí
pH (unidad de pH)	6.84	6 a 9	sí
DBO5 (mg/L)	117.47	250	sí
DQO (mg/L)	233	-	-
Solidos suspendidos (mg/L)	310	400	sí
Nitrógeno Total (mg/L)	252	50	no
Fósforo total (mg/L)	19	30	sí
Color (unidad)	154	1000	sí
Coliformes fecales (NMP/100mL)	1.6E+06	1E+05	no

Fuente: elaboración propia.

#### 4.5. Comparación entre los distintos puntos de muestreo

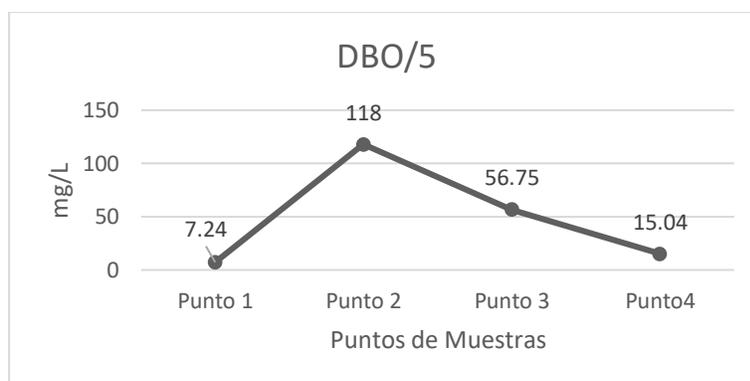
En las siguientes gráficas se puede observar la comparación entre los distintos puntos de muestreo contra los parámetros analizados de interés.

Figura 11. **Gráfica potencial de hidrógeno contra puntos de muestreo**



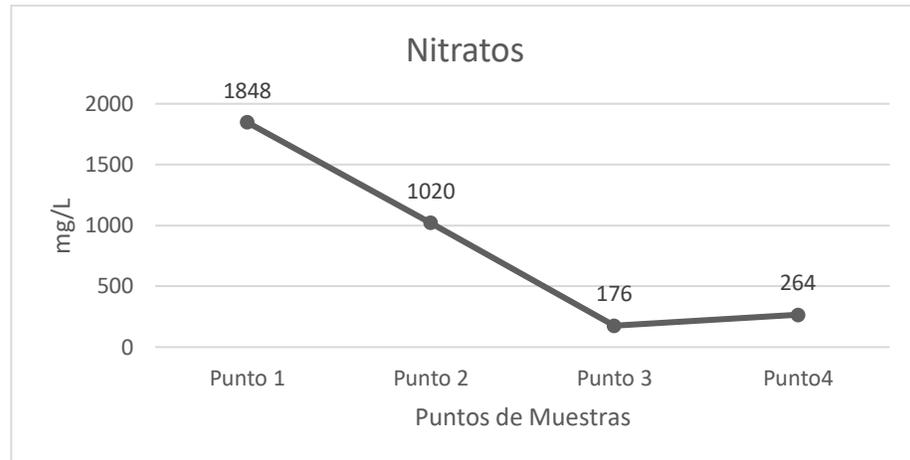
Fuente: elaboración propia.

Figura 12. **Gráfica demanda bioquímica de oxígeno contra puntos de muestreo**



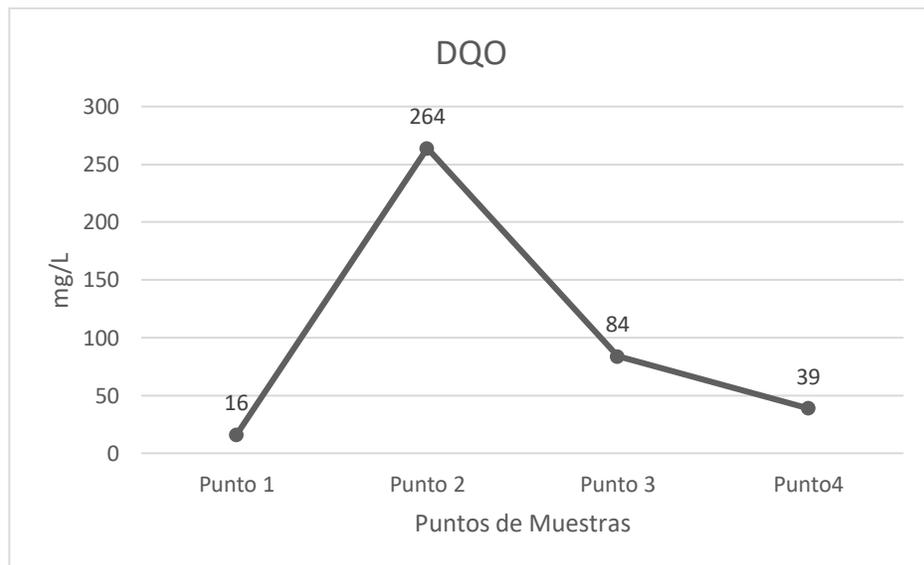
Fuente: elaboración propia.

Figura 13. **Gráfica nitratos contra puntos de muestreo**



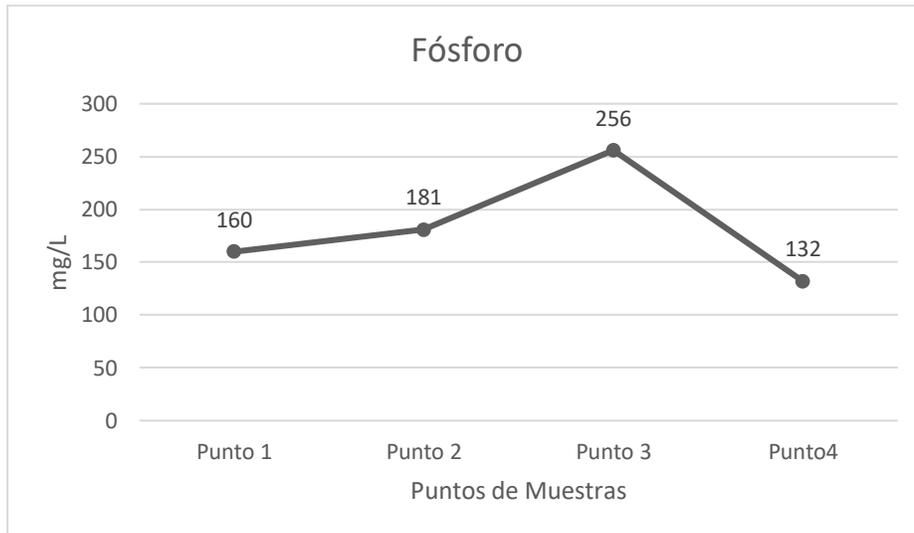
Fuente: elaboración propia.

Figura 14. **Demanda química de oxígeno contra puntos de muestreo**



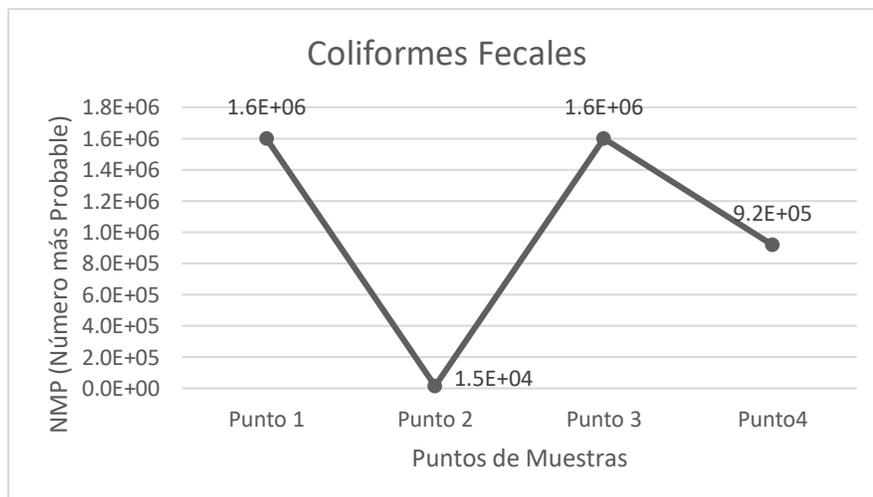
Fuente: elaboración propia.

Figura 15. **Gráfica de fósforo contra puntos de muestreo**



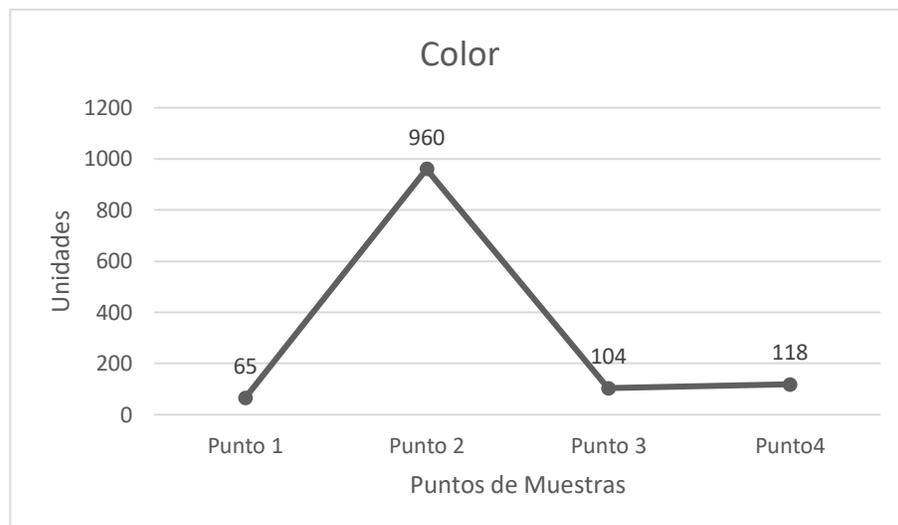
Fuente: elaboración propia.

Figura 16. **Gráficas coliformes fecales contra puntos de muestreo**



Fuente: elaboración propia.

Figura 17. **Gráfica color contra puntos de muestreo**



Fuente: elaboración propia.

#### 4.6. Interpretación de resultados

Los parámetros por analizar fueron seleccionados en cuanto a factibilidad y disponibilidad de los laboratorios, los cuales son los siguientes: temperatura, potencial de hidrógeno, demanda bioquímica de oxígeno a los cinco (5) días, demanda química de oxígeno, sólidos suspendidos, nitrógeno total, fósforo, color y coliformes fecales.

En la tabla V se compara los parámetros obtenidos en laboratorio del punto dos (2), en el cual se tomaron las muestras directamente de la última descarga de aguas residuales de la cabecera municipal. Según los límites máximos admisibles por el Acuerdo Gubernativo 236-2006 existen dos parámetros que no se cumplen, los cuales son nitrógeno total y fósforo total. Aunque el parámetro de coliformes fecales cumple lo establecido en el citado acuerdo, en la figura 16

se ve un declive notorio en la gráfica del mismo en el punto dos (2) y sube de la misma manera en el punto tres (3). Se establece que los datos fueron tomados en un horario con menor densidad de uso, el cual pudo modificar los valores en la toma de muestreo.

En la tabla VI se compara los resultados obtenidos por el laboratorio de la muestra recolectada en el punto cinco (5), descarga parcial de la aldea Poza Verde. Según los límites máximos admisibles por el Acuerdo Gubernativo 236-2006, dos parámetros no cumplen lo establecido en dicho acuerdo, los cuales son nitrógeno total y coliformes fecales. El hecho de que cumplan con los fosfatos puede significar que utilizan menor cantidad de detergentes para realizar sus actividades diarias.

Como se observa en la figura 11, el pH del agua obtenido en los cuatro puntos de muestreo es principalmente neutro, con la característica que empieza mayormente básico y se torna más ácido en el río aguas abajo, en donde ya tiene la mayor concentración del agua residual. El indicador de que no se aleja notablemente del valor neutro 7 confirma la casi nula actividad industrial del municipio, ya que el agua no presenta alteraciones muy notorias, las cuales son afectadas por químicos principalmente.

La demanda bioquímica de oxígeno (DBO), la cual se puede observar en la figura 12, muestra como la cantidad de oxígeno que requieren los organismos para oxidar la materia orgánica biodegradable tiene un bajo requerimiento en el río aguas arriba, punto uno (1). Este aumenta más de diez veces en el punto de la descarga, lo cual indica un alto requerimiento de oxígeno para poder biodegradar la materia, y río abajo muestra un menor requerimiento de demanda de oxígeno, lo que demuestra el proceso natural de oxigenación del afluente, que reduce la materia orgánica no deseada que se traslada sobre el mismo.

En la figura 13 se observa el número de nitratos en el agua; es un parámetro de gran importancia ya que se espera concentraciones bajas. Este valor determina si el agua es potable y si tiene los nutrientes necesarios para cumplir varias funciones como riego, entre otros; el valor es elevado en los puntos uno (1) y dos (2), río aguas arriba y última descarga, con una disminución notable en los puntos tres (3) y cuatro (4); esto indica que incluso en el río aguas arriba el agua no es consumible.

La demanda química de oxígeno (DQO), la cual se presenta en la figura 14, es explícita en los valores presentados de laboratorio. En el punto uno (1), río aguas arriba, tiene una baja demanda de 16 mg/L y esta aumenta de manera notable en el punto dos (2), última descarga, con un valor de 264 mg/L. Este valor es un dato importante por considerar, ya que en el momento que se logre poner a funcionar la planta de tratamiento, dicho valor deberá disminuir por medio de químicos inyectados al agua de manera artificial, lo cual afectaría de manera inmediata los puntos tres (3) y cuatro (4) en el río aguas abajo, los cuales disminuirían de manera natural.

En la figura 15 se puede observar cómo varía la cantidad de fosfatos en el agua. Tiene mayor presencia en el punto tres (3), lugar donde la última descarga se une con el río, lo que indica que existe mayor concentración de detergentes y algas en el lugar mencionado. En el punto 1 contiene 160 mg/L y en el punto 3 la concentración de fosfatos incrementa a 256 mg/L y disminuye a 132 mg/L en el punto 4.

En la figura 16 acerca de coliformes fecales se puede observar que existen altos indicios en los puntos uno (1), tres (3) y cuatro (4), con un menor valor en el punto dos (2) de la descarga. Esto se debe a que las muestras fueron tomadas en horas no críticas, por lo que las mismas contenían menor cantidad de

coliformes fecales. Se observa que en los puntos uno (1) y tres (3) mantienen un número probable de coliformes similar, lo que indica que las aguas contiene bacterias coli-arogenes antes del punto uno (1) de estudio, río aguas arriba.

La figura 17 muestra el color obtenido en los cuatro puntos de muestreo. Se obtuvo un valor de 65 unidades en el punto uno (1), 960 en el punto dos (2), 104 en el punto tres (3) y 118 en el punto cuatro (4), lo cual indica un valor alto en el punto de la descarga, punto dos (2), el cual es notable en el río a simple vista y lo hace estéticamente inaceptable para el uso público. Estos valores pueden variar según la sección del río donde se tomen las muestras, ya que toda partícula que tenga contacto con alguna superficie tenderá a establecerse en ese lugar. De acuerdo con la figura A2 del anexo 2, son valores permitidos por el Acuerdo Gubernativo 236-2006; sin embargo, en el punto dos (2) el valor cumple, está ligeramente por debajo del límite admisible.

## CONCLUSIONES

1. Con base en los límites máximos admisibles del año 2015 y en el Acuerdo Gubernativo 236-2006, los parámetros que exceden los valores indicados en el punto dos son nitrógeno total y fósforo total. Es importante tomar en cuenta que el próximo año 2020 los parámetros serán más estrictos y no cumplirían los parámetros de color y coliformes fecales.
2. Los parámetros que exceden los valores indicados en el Acuerdo Gubernativo 236-2006 en el punto cinco son nitrógeno total y coliformes fecales. Es notorio que la mayoría de los parámetros estudiados en este punto son menores a los del punto 2, ya que una aldea tiende a contaminar de menor manera los cuerpos receptores que un municipio.
3. De acuerdo al valor del pH en el agua los valores oscilan entre 6,96 hasta 7,73 unidades. Se obtuvo un valor neutro del líquido, por lo que se confirma que el municipio carece principalmente de industria ya que los valores no presentan ninguna alteración significativa del rango de 5,5 a 8,5.
4. De acuerdo con los parámetros físico químicos y bacteriológicos del agua en los puntos 1 a 4 se determina que el río aguas arriba cumple con la mayoría de parámetros, con excepción de nitratos y coliformes fecales, lo que indica una supuesta alteración a una mayor distancia río aguas arriba que la del punto de estudio.



## RECOMENDACIONES

1. Elaborar estudios frecuentes de la calidad del agua para uso agrícola en el municipio ya que la agricultura es una de sus principales actividades económicas.
2. El Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA) debería desarrollar un plan de capacitación con los agricultores para que se conozca la importancia de usar agua de calidad en riego y cultivos.
3. Promover la sensibilización social en el tema del agua residual descargada sobre cuerpos receptores de agua, ya que son lugares donde la gente y animales conviven con la naturaleza.
4. Socializar y divulgar los resultados del estudio, para que las personas empiecen a tener mayor conciencia sobre los beneficios e inconvenientes que las aguas residuales pueden causar.
5. Fortalecer la rectoría de recursos hídricos a nivel municipal, mejorar constantemente el uso adecuado del agua y saneamiento ambiental
6. Para obtener datos más precisos es recomendable realizar muestreo compuesto con el fin de poder realizar un estudio con base estadística y poder rechazar datos que no se acoplen a los resultados previstos.



## BIBLIOGRAFÍA

1. AGUAS RESIDUALES. *Aguas grises, Origen y Composición*. [en línea]. <[https://www.aguasresiduales.info/revista/blog/aguas-grises-origen-composicion-y-tecnologias-para-su-reciclaje->](https://www.aguasresiduales.info/revista/blog/aguas-grises-origen-composicion-y-tecnologias-para-su-reciclaje-) [Consulta: 10 febrero de 2019].
2. CIDTA. Composición de las aguas residuales. [en línea] <[http://cidta.usal.es/cursos/EDAR/modulos/Edar/unidades/LIBROS/logo/pdf/Aguas\\_Residuales\\_composicion.pdf](http://cidta.usal.es/cursos/EDAR/modulos/Edar/unidades/LIBROS/logo/pdf/Aguas_Residuales_composicion.pdf)> [Consulta 20 de febrero de 2019].
3. DUARTE DÍAZ, Felipe Andrés y MEJÍA DORADEA, Mónica Pamela. *Caracterización de aguas residuales domésticas e industriales del municipio de Tecpán, Departamento de Chimaltenango y su propuesta de tratamiento*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos, 2014.
4. ECOLOGIAVERDE. *Que son las aguas residuales*. [en línea] <<https://www.ecologiaverde.com/que-son-las-aguas-residuales-y-como-se-clasifican-1436.html>> [Consulta el 2 de marzo de 2019].
5. ESPIGARES GARCÍA, M. y PÉREZ LÓPEZ, JA. *Aspectos sanitarios del estudio de las aguas*. Universidad de Granada. Libro Impreso, Servicio de Publicaciones. Granada. 1985.

6. Guatemala. Acuerdo Gubernativo No. 236-2006. Reglamento de las Descargas y Reuso de aguas residuales y de la disposición de lodos. *Diario de Centroamérica*. 5 de mayo de 2006.
7. Guatemala. Comisión Guatemalteca de Normalización COGUANOR NGO 029001:99, Aguas tratadas, Guatemala 2000.
8. IAGUA. *Tratamiento de aguas grises*. [en línea]. <<https://www.iagua.es/blogs/cristina-asenjo-lopez/tratamiento-aguas-grises>> [Consulta 15 de febrero de 2019].
9. Metcalf E. *Tratamiento Y Depuración De Las Aguas Residuales*. Madrid: España Ed. Labor, 1985.
10. MIMOSA. *Las aguas residuales*. [en línea] <[http://mimosa.pntic.mec.es/vgarc14/aguas\\_residuales.htm](http://mimosa.pntic.mec.es/vgarc14/aguas_residuales.htm)> [Consulta el 12 de febrero de 2019].
11. USAC, Facultad de Ingeniería, ERIS, Laboratorio de Química y Microbiología Sanitaria, Manual de Prácticas de Laboratorio, Microbiología del Agua.
12. USAC, Facultad de Ingeniería, ERIS, Laboratorio de Química y Microbiología Sanitaria, Manual de Prácticas de Laboratorio, Química del Agua.

## ANEXOS

### Anexo 1. **Técnicas de muestreo**

El punto de muestreo tiene como función principal el ser representativo del sistema, componente, etc. El recipiente de toma de muestra deberá tener las características adecuadas, dependiendo del estudio que se vaya a realizar; para el análisis microbiológico se utilizarán frascos de vidrio o plástico con boca ancha y tapa de rosca; en algunos casos este debe ir esterilizado.

Para los análisis fisicoquímicos la muestra deberá ir en recipientes de vidrio o polietileno; en ambos casos, las muestras deberán viajar a temperaturas controladas para evitar alteraciones elevadas. Así mismo, las muestras deberán presentarse en un laboratorio antes de 24 horas de haber sido recolectadas.

En caso de que la muestra se tome directamente del afluente se deberá tomar en un punto medio de la sección del río en contra de la corriente, sumergirlo a unos 20 centímetros de profundidad y con la boca del frasco ligeramente hacia arriba.

Figura A1. **Recolección de muestra en corriente de agua**



Fuente: AURAZO, *Margarita. Manual de análisis básicos de calidad del agua.* p 29.

Anexo 2. Acuerdo Gubernativo 236-2006

Figura A2. Tablas de límites máximos permisibles de descargas de aguas residuales a cuerpos receptores

**Artículo 20. LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES A CUERPOS RECEPTORES.** Los límites máximos permisibles de los parámetros para las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores son:

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			
			Uno	Dos	Tres	Cuatro
Temperatura	Grados Celsius	TCR +/- 7	TCR +/- 7	TCR +/- 7	TCR +/- 7	TCR +/- 7
Grasas y aceites	Miligramos por litro	1500	100	50	25	10
Materia flotante	Ausencia/presencia	Presente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
Sólidos suspendidos	Miligramos por litro	3500	600	400	150	100
Nitrógeno total	Miligramos por litro	1400	100	50	25	20
Fósforo total	Miligramos por litro	700	75	30	15	10
Potencial de hidrógeno	Unidades de potencial de hidrógeno	6 a 9	6 a 9	6 a 9	6 a 9	6 a 9
Coliformes fecales	Número más probable en cien mililitros	$< 1 \times 10^5$	$< 1 \times 10^5$	$< 1 \times 10^5$	$< 1 \times 10^4$	$< 1 \times 10^4$
Arsénico	Miligramos por litro	1	0.5	0.1	0.1	0.1
Cadmio	Miligramos por litro	1	0.4	0.1	0.1	0.1
Cianuro total	Miligramos por litro	6	3	1	1	1
Cobre	Miligramos por litro	4	4	3	3	3
Cromo hexavalente	Miligramos por litro	1	0.5	0.1	0.1	0.1
Mercurio	Miligramos por litro	0.1	0.1	0.02	0.02	0.01
Níquel	Miligramos por litro	6	4	2	2	2
Plomo	Miligramos por litro	4	1	0.4	0.4	0.4
Zinc	Miligramos por litro	10	10	10	10	10
Color	Unidades platino cobalto	1500	1300	1000	750	500

TCR = temperatura del cuerpo receptor, en grados Celsius.

Fuente: Acuerdo Gubernativo 236-2006.

Continuación anexo 2.

Figura A3. **Tablas de límites máximos permisibles demanda bioquímica de oxígeno**

**Artículo 22. LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA DESCARGA DE AGUAS RESIDUALES EN ESTEROS.** Cuando el cuerpo receptor sea un estero se aplicarán las siguientes disposiciones:

- a) Los entes generadores existentes deberán observar los límites máximos permisibles establecidos en el artículo 20 del presente Reglamento. El parámetro de demanda bioquímica de oxígeno aplicable es el siguiente:

Parámetro	Dimensional	Valor inicial	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			
			Uno	Dos	Tres	Cuatro
Demanda bioquímica de oxígeno	Miligramos por litro	500	300	250	150	100

- b) Los entes generadores nuevos deberán aplicar los límites máximos permisibles y la reducción de la última etapa del artículo 20 y del artículo 22 literal a).
- c) Para los entes generadores que descargan aguas residuales de tipo especial a esteros, los valores de las concentraciones de los parámetros establecidos en el presente Reglamento, se determinan de acuerdo a la diferencia entre la concentración del efluente y la del afluente. El resultado que se obtenga se utilizará como base para establecer si el ente generador cumple con los límites máximos permisibles de los artículos 20 y 22 literal a) del presente Reglamento.
- d) A los entes generadores regulados en el presente artículo no les serán aplicables los artículos 17 y 19, del presente Reglamento.

Fuente: Acuerdo Gubernativo 236-2006.

### Anexo 3. Visitas de campo

Figura A4. **Vista de tubería aérea a un costado del río Chaparrón**



Fuente: elaboración propia.

Figura A5. **Recorrido con un empleado municipal**



Fuente: elaboración propia.

Anexo 4. Informe de análisis microbiológicos y fisicoquímicos, punto I



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



**USAC**  
TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala

ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DE AGUAS RESIDUALES DE ORIGEN DOMÉSTICO  
Y/O DESECHOS INDUSTRIALES

Orden de trabajo No.: 39 536

Informe No. 2 290

INTERESADO:	HERBERT OSIEL RAMOS ALFARO, CUI 2057442730101	PROYECTO	TRABAJO DE GRADUACIÓN: CARACTERIZACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES DEL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE SAN MIGUEL CHAPARRÓN, DEPARTAMENTO DE JALAPA
MUESTRA CAPTADA POR:	Interesado	DEPENDENCIA:	FACULTAD DE INGENIERÍA/USAC
MUESTRA CAPTADA EN:	Puente San Manuel	FECHA DE RECOLECCIÓN DE LA MUESTRA:	2019-03-13; 14 h 15 min
FUENTE:	Río San Manuel (agua arriba)	FECHA Y HORA DE LLEGADA AL LABORATORIO:	2019-03-14; 11 h 15 min
MUNICIPIO:	San Manuel Chaparrón	CONDICIONES DE TRANSPORTE:	Sin refrigeración
DEPARTAMENTO:	Jalapa		

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

OLOR:	Lig. a materia orgánica	SÓLIDOS SEDIMENTABLES:	00,50 cm <sup>3</sup> /litro en 1 hora
COLOR:	65 unidades	SÓLIDOS SUSPENDIDOS:	6 mg/L

DETERMINACIONES QUÍMICAS

DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (D.B.O. <sub>5</sub> ):	7,24	mg/L
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (D.Q.O.):	16,00	mg/L
FOSFATOS	160 mg/L	NITRATOS: 1 848 mg/L
POTENCIAL DE HIDRÓGENO (pH):	07,73	unidades

OTRAS DETERMINACIONES:

TÉCNICAS DEL "STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER" DE LA A.P.H.A. - A.W.W.A. - W.E.F. 21<sup>TH</sup> EDITION 2,005. NORMA COGUANOR NGO 4.010 SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES.

Guatemala, 2019-04-24

VISA

ING. EDWIN JOSÉ PATATE RIVERA  
DIRECTOR CII/USAC



*[Signature]*  
Zafiro Much Bantos  
Ing. Químico Col. No. 420  
MS en Ingeniería Sanitaria  
Jefe Técnico Laboratorio



FACULTAD DE INGENIERÍA - USAC  
Edificio Emilio Beltranena, Ciudad Universitaria zona 12  
Teléfono directo 2418-9115 y 2418-9121. Planta 2418-8000 Exts. 86253 y 86252

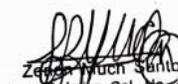
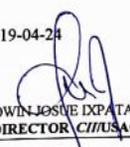
Continuación anexo 4.



**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



---

O.T. No. 39 536		EXAMEN BACTERIOLOGICO		INF. No. A – 365 688	
INTERESADO: <u>HERBERT OSIEL RAMOS ALFARO</u> <u>CUI 2057442730101</u>	PROYECTO: <u>TRABAJO DE GRADUACIÓN, CARACTERIZACIÓN DE LAS AGUA RESIDUALES DEL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE SAN MIGUEL CHAPARRÓN, DEPARTAMENTO DE JALAPA</u>				
MUESTRA RECOLECTADA POR: <u>Interesado</u>	DEPENDENCIA: <u>FACULTAD DE INGENIERÍA/USAC</u>				
LUGAR DE RECOLECCIÓN DE LA MUESTRA: <u>Puente San Manuel</u>	FECHA Y HORA DE RECOLECCIÓN: <u>2019-03-13; 14 h 15 min.</u>				
FUENTE: <u>Río San Manuel (aguas arriba)</u>	FECHA Y HORA DE LLEGADA AL LABORATORIO: <u>2019-03-14; 11 h 15 min.</u>				
MUNICIPIO: <u>San Manuel Chaparrón</u>	CONDICIONES DE TRANSPORTE: <u>Con refrigeración</u>				
DEPARTAMENTO: <u>Jalapa</u>					
OLOR: <u>-----</u>	SUSTANCIAS EN SUSPENSIÓN		<u>No hay</u>		
<u>-----</u>	CLORO RESIDUAL		<u>-----</u>		
<u>Lig. materia orgánica</u>					
INVESTIGACION DE COLIFORMES (GRUPO COLI – AEROGENES)					
PRUEBAS NORMALES	PRUEBA PRESUNTIVA	PRUEBA CONFIRMATIVA			
		FORMACION DE GAS			
CANTIDAD SEMBRADA	FORMACION DE GAS - 35°C	TOTAL	FECAL 44.5 °C		
00,01 cm <sup>3</sup>	+++++	+++++	+++ -		
0,001 cm <sup>3</sup>	+++++	+++++	-- + - +		
0,0001 cm <sup>3</sup>	+++++	+++++	-----		
RESULTADO: NÚMERO MAS PROBABLE DE GÉRMESES COLIFORMES/100cm <sup>3</sup>		> 1,6 x 10 <sup>6</sup>		2,2 x 10 <sup>4</sup>	
TÉCNICA "STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER" DE LA A.P.H.A. – W.E.F. 21 <sup>TH</sup> NORMA COGUANOR NGO 4 010. SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES (SI), GUATEMALA.					
Guatemala, 2019-04-24		 Zaida Much Sants Ing. Químico Col. No. 420 MSc. en Ingeniería Sanitaria Jefe Técnico Laboratorio			
Visa	 ING EDWIN JOSIVE DXPATA DIRECTOR CI/USAC				
FACULTAD DE INGENIERÍA – USAC Edificio Emilio Beltranena, Ciudad Universitaria zona 12 Teléfono directo 2418-9115 y 2418-9121. Planta 2418-8000 Exts. 86253 y 86252					

Fuente: Laboratorio Unificado de Química y Microbiología Sanitaria Dra. Alba Tabarini Molina de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Anexo 5. Informe de análisis microbiológicos y fisicoquímicos, punto II



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



**USAC**  
TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala

ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DE AGUAS RESIDUALES DE ORIGEN DOMÉSTICO  
Y/O DESECHOS INDUSTRIALES

Orden de trabajo No.: 39 536

Informe No. 2 291

INTERESADO:	HERBERT OSIEL RAMOS ALFARO, CUI 2057442730101	PROYECTO	TRABAJO DE GRADUACIÓN: CARACTERIZACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES DEL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE SAN MIGUEL CHAPARRÓN, DEPARTAMENTO DE JALAPA
MUESTRA CAPTADA POR:	Interesado	DEPENDENCIA:	FACULTAD DE INGENIERÍA/USAC
MUESTRA CAPTADA EN:	Futura Planta de tratamiento	FECHA DE RECOLECCIÓN DE LA MUESTRA:	2019-03-13; 14 h 35 min
FUENTE:	Ultima Descarga	FECHA Y HORA DE LLEGADA AL LABORATORIO:	2019-03-14; 11 h 15 min
MUNICIPIO:	San Manuel Chaparrón	CONDICIONES DE TRANSPORTE:	Sin refrigeración
DEPARTAMENTO:	Jalapa		

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

OLOR:	Materia orgánica	SÓLIDOS SEDIMENTABLES:	02,50	cm <sup>3</sup> /litro en 1 hora
COLOR:	960 unidades	SÓLIDOS SUSPENDIDOS:	148	mg/L

DETERMINACIONES QUÍMICAS

DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (D.B.O <sub>5</sub> ):	118,0	mg/L
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (D.Q.O <sub>5</sub> ):	264,00	mg/L
FOSFATOS	181	mg/L
NITRATOS:	1,020	mg/L
POTENCIAL DE HIDRÓGENO (pH):	07,20	unidades

OTRAS DETERMINACIONES:

TÉCNICAS DEL "STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER" DE LA A.P.H.A. - A.W.W.A. - W.E.F. 21<sup>TH</sup> EDITION 2,005. NORMA COGUANOR NGO 4.010 SISTEMA NACIONAL DE UNIDADES.

Guatemala, 2019-04-24

VISA  
ING. EDWIN JOSUE PATATE REYES  
DIRECTOR CII/USAC



Zelby Mich Santos  
Ing. Químico Col. No. 420  
MSc. en Ingeniería Sanitaria



FACULTAD DE INGENIERÍA  
Laboratorio Técnico  
Edificio Emilio Beltranena, Ciudad Universitaria zona 12  
Teléfono directo 2418-9115 y 2418-9121. Planta 2418-8000 Exts. 86253 y 86252

Continuación anexo 5.



**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



---

EXAMEN BACTERIOLOGICO		INF. No. A - 365 689	
<p>O.T. No. 39 536</p> <p>INTERESADO: <u>HERBERT OSIEL RAMOS ALFARO</u>  <small>CUI 2057442730101</small></p> <p>MUESTRA RECOLECTADA POR: <u>Interesado</u></p> <p>LUGAR DE RECOLECCIÓN DE LA MUESTRA: <u>Futura planta de tratamiento</u></p> <p>FUENTE: <u>Ultima descarga</u></p> <p>MUNICIPIO: <u>San Manuel Chaparrón</u></p> <p>DEPARTAMENTO: <u>Jalapa</u></p>	<p>PROYECTO: <u>TRABAJO DE GRADUACIÓN. CARACTERIZACIÓN DE LAS AGUA RESIDUALES DEL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE SAN MIGUEL CHAPARRÓN, DEPARTAMENTO DE JALAPA</u></p> <p>DEPENDENCIA: <u>FACULTAD DE INGENIERÍA/USAC</u></p> <p>FECHA Y HORA DE RECOLECCIÓN: <u>2019-03-13: 14 h 35 min.</u></p> <p>FECHA Y HORA DE LLEGADA AL LABORATORIO: <u>2019-03-14: 11 h 15 min.</u></p> <p>CONDICIONES DE TRANSPORTE: <u>Con refrigeración</u></p>		
SABOR: <u>-----</u>	SUSTANCIAS EN SUSPENSIÓN	<u>Lig. cantidad</u>	
ASPECTO: <u>-----</u>	CLORO RESIDUAL	<u>----</u>	
OLOR: <u>Lig. materia orgánica</u>			
INVESTIGACION DE COLIFORMES (GRUPO COLI - AEROGENES)			
PRUEBAS NORMALES	PRUEBA PRESUNTIVA	PRUEBA CONFIRMATIVA	
		FORMACION DE GAS	
CANTIDAD SEMBRADA	FORMACION DE GAS - 35°C	TOTAL	FECAL 44.5 °C
0,01 cm <sup>3</sup>	+++++	+++++	++++-
0,001 cm <sup>3</sup>	+++++	+++++	--+-+
0,0001 cm <sup>3</sup>	+++++	+++++	-----
RESULTADO: NÚMERO MAS PROBABLE DE GÉRMESES COLIFORMES/100cm <sup>3</sup>		> 1,5 x 10 <sup>4</sup>	2,2 x 10 <sup>4</sup>
<p>TÉCNICA "STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER" DE LA A.P.H.A. - W.E.F. 21<sup>TH</sup> NORMA COGUANOR NGO 4 010. SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES (SI), GUATEMALA.</p>			
<p>Guatemala, 2019-04-24</p> <p>Visa</p> <p>ING EDWIN JOSUE XPATA REYES  <b>DIRECTOR CUI/USAC</b></p>	 <p><b>DIRECCIÓN GENERAL DE INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA</b>  <small>UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA</small></p>	<p><i>[Signature]</i></p> <p>Zelmar Much Santos          Ing. Químico Col. No. 420          MSc. en Ingeniería Sanitaria          Jefe Técnico Laboratorio</p>	 <p><b>CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA</b>          LABORATORIO UNIFICADO DE QUÍMICA Y MICROBIOLOGÍA SANITARIA          DRA. ALBA TABARINI MOLINA  <b>USAC GUATEMALA</b></p>
<p>FACULTAD DE INGENIERÍA - USAC          Edificio Emillo Beltranena, Ciudad Universitaria zona 12          Teléfono directo 2418-9115 y 2418-9121. Planta 2418-8000 Exts. 86253 y 86252</p>			

Fuente: Laboratorio Unificado de Química y Microbiología Sanitaria Dra. Alba Tabarini Molina de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Anexo 6. **Informe de análisis microbiológicos y fisicoquímicos,**  
**punto III**



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA  
 FACULTAD DE INGENIERÍA  
 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



**USAC**  
 TRICENTENARIA  
 Universidad de San Carlos de Guatemala

**ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DE AGUAS RESIDUALES DE ORIGEN DOMÉSTICO  
 Y/O DESECHOS INDUSTRIALES**

Orden de trabajo No.: 39 536

Informe No. 2 292

INTERESADO:	HERBERT OSIEL RAMOS ALFARO, CUI 2057442730101	PROYECTO	TRABAJO DE GRADUACIÓN: CARACTERIZACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES DEL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE SAN MIGUEL CHAPARRÓN, DEPARTAMENTO DE JALAPA
MUESTRA CAPTADA POR:	Interesado	DEPENDENCIA:	FACULTAD DE INGENIERÍA/USAC
MUESTRA CAPTADA EN:	Futura Planta de tratamiento	FECHA DE RECOLECCIÓN DE LA MUESTRA:	2019-03-13; 15 h 00 min
FUENTE:	Río	FECHA Y HORA DE LLEGADA AL LABORATORIO:	2019-03-14; 11 h 15 min
MUNICIPIO:	San Manuel Chaparrón	CONDICIONES DE TRANSPORTE:	Sin refrigeración
DEPARTAMENTO:	Jalapa		

**CARACTERÍSTICAS FÍSICAS**

OLOR:	Ligero a materia orgánica	SÓLIDOS SEDIMENTABLES:	01,50 cm <sup>3</sup> /litro en 1 hora
COLOR:	104 unidades	SÓLIDOS SUSPENDIDOS:	30 mg/L.

**DETERMINACIONES QUÍMICAS**

DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (D.B.O. <sub>5</sub> ):	56,75	mg/L
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (D.Q.O.):	84,00	mg/L
FOSFATOS	256 mg/L.	NITRATOS: 176 mg/L.
POTENCIAL DE HIDRÓGENO (pH):	07,10	unidades

OTRAS DETERMINACIONES:

TÉCNICAS DEL "STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER" DE LA A.P.H.A. – A.W.W.A. – W.E.F. 21<sup>TH</sup> EDITION 2,005. NORMA COGUANOR NGO 4.010 SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES.

Guatemala, 2019-04-24

VISA

ING. EDWIN JOSÉ DE RATA RIVERA  
 DIRECTOR CII/USAC



*[Signature]*  
 Zedon Mich Santos  
 Ing. Químico Col. No. 420  
 MSc. en Ingeniería Sanitaria  
 Jefe Técnico Laboratorio



FACULTAD DE INGENIERÍA – USAC  
 Edificio Emilio Beltrana, Ciudad Universitaria zona 12  
 Teléfono directo 2418-9115 y 2418-9121. Planta 2418-8000 Exts. 86253 y 86252

Continuación anexo 6.



**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



**USAC**  
**TRICENTENARIA**  
Universidad de San Carlos de Guatemala

---

EXAMEN BACTERIOLOGICO		INF. No. A – 365 690
<b>O.T. No. 39 536</b>		
<b>INTERESADO:</b> <u>HERBERT OSIEL RAMOS ALFARO</u> <u>CUI 2057442730101</u>	<b>PROYECTO:</b> <u>TRABAJO DE GRADUACIÓN: CARACTERIZACIÓN DE LAS AGUA RESIDUALES DEL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE SAN MIGUEL CHAPARRÓN, DEPARTAMENTO DE JALAPA</u>	
<b>MUESTRA RECOLECTADA POR:</b> <u>Interesado</u>	<b>DEPENDENCIA:</b> <u>FACULTAD DE INGENIERÍA/USAC</u>	
<b>LUGAR DE RECOLECCIÓN DE LA MUESTRA:</b> <u>Futura planta de tratamiento</u>	<b>FECHA Y HORA DE RECOLECCIÓN:</b> <u>2019-03-13: 15 h 00 min.</u>	
<b>FUENTE:</b> <u>Río</u>	<b>FECHA Y HORA DE LLEGADA AL LABORATORIO:</b> <u>2019-03-14: 11 h 15 min</u>	
<b>MUNICIPIO:</b> <u>San Manuel Chaparrón</u>	<b>CONDICIONES DE TRANSPORTE:</b> <u>Con refrigeración</u>	
<b>DEPARTAMENTO:</b> <u>Jalapa</u>		
<b>SABOR:</b> <u>-----</u>	<b>SUSTANCIAS EN SUSPENSIÓN</b>	<u>Lig. cantidad</u>
<b>ASPECTO:</b> <u>-----</u>	<b>CLORO RESIDUAL</b>	<u>-----</u>
<b>OLOR:</b> <u>Lig. materia orgánica</u>		

**INVESTIGACION DE COLIFORMES (GRUPO COLI – AEROGENES)**

PRUEBAS NORMALES	PRUEBA PRESUNTIVA	PRUEBA CONFIRMATIVA	
		FORMACION DE GAS	
CANTIDAD SEMBRADA	FORMACION DE GAS - 35°C	TOTAL	FECAL 44.5 °C
0,01 cm <sup>3</sup>	+++++	+++++	---++
0,001 cm <sup>3</sup>	+++++	+++++	++---
0,0001 cm <sup>3</sup>	+++++	+++++	+----
<b>RESULTADO: NÚMERO MAS PROBABLE DE GÉRMINES COLIFORMES/100cm<sup>3</sup></b>		$> 1,6 \times 10^6$	$< 1,2 \times 10^4$

**TÉCNICA "STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER" DE LA A.P.H.A. – W.E.F. 21<sup>TH</sup> NORMA COGUANOR NGO 4 010. SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES (SI), GUATEMALA.**

Guatemala, 2019-04-14

Visa

*[Signature]*

ING EDWIN JOSÉ IXPATÁ REYES  
**DIRECTOR CHUSAC**



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA  
DIRECCIÓN GENERAL CHUSAC  
GUATEMALA, C. A.

*[Signature]*

Zenobio Much Sarríos  
Ing. Químico Col. No. 4205  
MSc. en Ingeniería Sanitaria  
Jefe Técnico Laboratorio



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA  
LABORATORIO UNIFICADO DE QUÍMICA Y MICROBIOLOGÍA SANITARIA  
DRA. ALBA TABARINI MOLINA  
USAC  
GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA – USAC  
 Edificio Emilio Beltranena, Ciudad Universitaria zona 12  
 Teléfono directo 2418-9115 y 2418-9121. Planta 2418-8000 Exts. 86253 y 86252

Fuente: Laboratorio Unificado de Química y Microbiología Sanitaria Dra. Alba Tabarini Molina de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Anexo 7. Informe de análisis microbiológicos y fisicoquímicos,  
punto IV



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



**USAC**  
TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala

ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DE AGUAS RESIDUALES DE ORIGEN DOMÉSTICO  
Y/O DESECHOS INDUSTRIALES

Orden de trabajo No.: 39 536

Informe No. 2 293

INTERESADO:	HERBERT OSIEL RAMOS ALFARO, CUI 2057442730101	PROYECTO	TRABAJO DE GRADUACIÓN: CARACTERIZACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES DEL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE SAN MIGUEL CHAPARRÓN, DEPARTAMENTO DE JALAPA
MUESTRA CAPTADA POR:	Interesado	DEPENDENCIA:	FACULTAD DE INGENIERÍA/USAC
MUESTRA CAPTADA EN:	Río San Manuel (aguas abajo)	FECHA DE RECOLECCIÓN DE LA MUESTRA:	2019-03-13; 15 h 40 min
FUENTE:	Río		
MUNICIPIO:	San Manuel Chaparrón	FECHA Y HORA DE LLEGADA AL LABORATORIO:	2019-03-14; 11 h 15 min
DEPARTAMENTO:	Jalapa	CONDICIONES DE TRANSPORTE:	Sin refrigeración

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

OLOR:	Materia orgánica	SÓLIDOS SEDIMENTABLES:	00,50	cm <sup>3</sup> /litro en 1 hora
COLOR:	118 unidades	SÓLIDOS SUSPENDIDOS:	48	mg/L

DETERMINACIONES QUÍMICAS

DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (D.B.O. <sub>5</sub> ):	15,04	mg/L
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (D.Q.O.):	39,00	mg/L
FOSFATOS	132	mg/L
NITRATOS:	264	mg/L
POTENCIAL DE HIDRÓGENO (pH):	06,96	unidades

OTRAS DETERMINACIONES:

TÉCNICAS DEL "STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER" DE LA A.P.H.A. A.W.W.A. - W.E.F. 21<sup>TH</sup> EDITION 2,005. NORMA COGUANOR NGO 4.010 SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES.

Guatemala, 2019-04-24

VISA  
ING. EDWIN JOSUÉ XPATÁ REYES  
DIRECTOR CI/USAC



Zelton Much Santos  
Ing. Químico Col. No. 420  
MSc en Ingeniería Sanitaria  
Jefe Técnico Laboratorio



FACULTAD DE INGENIERÍA - USAC  
Edificio Emillio Beltranena, Ciudad Universitaria zona 12  
Teléfono directo 2418-9115 y 2418-9121. Planta 2418-8000 Exts. 86253 y 86252

Continuación anexo 7.



**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



---

**EXAMEN BACTERIOLOGICO**

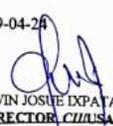
O.T. No. 39 536		INF. No. A - 365 691	
INTERESADO: <u>HERBERT OSIEL RAMOS ALFARO</u> CUI 2057442730101	PROYECTO: <u>TRABAJO DE GRADUACIÓN: CARACTERIZACIÓN DE LAS AGUA RESIDUALES DEL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE SAN MIGUEL CHAPARRÓN, DEPARTAMENTO DE JALAPA</u>		
MUESTRA RECOLECTADA POR: <u>Interesado</u>	DEPENDENCIA: <u>FACULTAD DE INGENIERÍA/USAC</u>		
LUGAR DE RECOLECCIÓN DE LA MUESTRA: <u>Río San Manuel (aguas abajo) tratamiento</u>	FECHA Y HORA DE RECOLECCIÓN: <u>2019-03-13; 15 h 40 min.</u>		
FUENTE: <u>Río</u>	FECHA Y HORA DE LLEGADA AL LABORATORIO: <u>2019-03-14; 11 h 15 min.</u>		
MUNICIPIO: <u>San Manuel Chaparrón</u>	CONDICIONES DE TRANSPORTE: <u>Con refrigeración</u>		
DEPARTAMENTO: <u>Jalapa</u>	SABOR: <u>-----</u> SUSTANCIAS EN SUSPENSIÓN <u>Lig. cantidad</u>		
ASPECTO: <u>-----</u>	CLORO RESIDUAL <u>----</u>		
OLOR: <u>Materia orgánica</u>			

**INVESTIGACION DE COLIFORMES (GRUPO COLI - AEROGENES)**

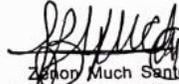
PRUEBAS NORMALES	PRUEBA PRESUNTIVA	PRUEBA CONFIRMATIVA	
		FORMACIÓN DE GAS	
CANTIDAD SEMBRADA	FORMACION DE GAS - 35°C	TOTAL	FECAL 44.5 °C
00,01 cm <sup>3</sup>	+++++	+++++	+++++
0,001 cm <sup>3</sup>	+++++	+++++	---+-
0,0001 cm <sup>3</sup>	+++++	+++++	-----
RESULTADO: NÚMERO MAS PROBABLE DE GÉRMENES COLIFORMES/100cm <sup>3</sup>		9,2 x 10 <sup>5</sup>	3,3 x 10 <sup>4</sup>

Guatemala, 2019-04-24

Visa

  
 ING EDWIN JOSUE DXPATA REYES  
 DIRECTOR CII/USAC



  
 Zenon Much Santos  
 Ing. Químico Col. No. 420  
 MSc. en Ingeniería Sanitaria  
 Jefe Técnico Laboratorio



FACULTAD DE INGENIERÍA - USAC

Edificio Emilio Beltranena, Ciudad Universitaria zona 12

Teléfono directo 2418-9115 y 2418-9121. Planta 2418-8000 Exts. 86253 y 86252

Fuente: Laboratorio Unificado de Química y Microbiología Sanitaria Dra. Alba Tabarini Molina de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Anexo 8. Informe de análisis microbiológicos y fisicoquímicos, punto V



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



**USAC**  
TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala

ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DE AGUAS RESIDUALES DE ORIGEN DOMÉSTICO  
Y/O DESECHOS INDUSTRIALES

Orden de trabajo No.: 39 536

Informe No. 2 294

INTERESADO:	HERBERT OSIEL RAMOS ALFARO, CUI 2057442730101	PROYECTO	TRABAJO DE GRADUACIÓN, CARACTERIZACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES DEL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE SAN MIGUEL, CHAPARRÓN, DEPARTAMENTO DE JALAPA
MUESTRA CAPTADA POR:	Interesado	DEPENDENCIA:	FACULTAD DE INGENIERÍA/USAC
MUESTRA CAPTADA EN:	Quebrada Poza Verde	FECHA DE RECOLECCIÓN DE LA MUESTRA:	2019-03-13; 16 h 15 min
FUENTE:	Ultima Descarga	FECHA Y HORA DE LLEGADA AL LABORATORIO:	2019-03-14; 11 h 15 min
MUNICIPIO:	San Manuel Chaparrón	CONDICIONES DE TRANSPORTE:	Sin refrigeración
DEPARTAMENTO:	Jalapa		

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

OLOR:	Materia orgánica	SÓLIDOS SEDIMENTABLES:	10,00	cm <sup>3</sup> /litro en 1 hora
COLOR:	154 unidades	SÓLIDOS SUSPENDIDOS:	310	mg/L

DETERMINACIONES QUÍMICAS

DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (D.B.O. <sub>5</sub> ):	117,47	mg/L
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (D.Q.O.):	233	mg/L
FOSFATOS	19	mg/L
NITRATOS:	352	mg/L
POTENCIAL DE HIDRÓGENO (pH):	06,84	unidades

OTRAS DETERMINACIONES:

TÉCNICAS DEL "STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER" DE LA A.P.H.A. - A.W.W.A. - W.E.F. 21<sup>TH</sup> EDITION 2,005. NORMA COGUANOR NGO 4.010 SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES.

Guatemala, 2019-04-24

VISA  
ING. EDWIN JOSUÉ ROPATÁ REYES  
DIRECTOR C/USAC



*[Signature]*  
Zohier Michel Santos  
Ing. Químico Col. No. 420  
MSc. en Ingeniería Sanitaria  
Jefe Técnico Laboratorio



FACULTAD DE INGENIERÍA - USAC  
Edificio Emilio Beltranena, Ciudad Universitaria zona 12  
Teléfono directo 2418-9115 y 2418-9121. Planta 2418-8000 Exts. 86253 y 86252

Continuación anexo 8



**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



**USAC**  
**TRICENTENARIA**  
Universidad de San Carlos de Guatemala

---

**EXAMEN BACTERIOLOGICO**

O.T. No. 39 536 INF. No. A - 365 692

<p>INTERESADO: <u>HERBERT OSIEL RAMOS ALFARO</u>  <small>CUI: 2057442730101</small></p> <p>MUESTRA RECOLECTADA POR: <u>Interesado</u></p> <p>LUGAR DE RECOLECCIÓN DE LA MUESTRA: <u>Quebrada Poza Verde</u></p> <p>FUENTE: <u>Ultima Descarga</u></p> <p>MUNICIPIO: <u>San Manuel Chaparrón</u></p> <p>DEPARTAMENTO: <u>Jalapa</u></p>	<p>PROYECTO: <u>TRABAJO DE GRADUACIÓN: CARACTERIZACIÓN DE LAS AGUA RESIDUALES DEL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE SAN MIGUEL CHAPARRÓN, DEPARTAMENTO DE JALAPA</u></p> <p>DEPENDENCIA: <u>FACULTAD DE INGENIERÍA/USAC</u></p> <p>FECHA Y HORA DE RECOLECCIÓN: <u>2019-03-13: 16 h. 15 min.</u></p> <p>FECHA Y HORA DE LLEGADA AL LABORATORIO: <u>2019-03-14: 11 h. 15 min.</u></p> <p>CONDICIONES DE TRANSPORTE: <u>Con refrigeración</u></p>
--	---

SABOR: <u>-----</u>	SUSTANCIAS EN SUSPENSIÓN <u>Reg. Cantidad</u>
ASPECTO: <u>-----</u>	CLORO RESIDUAL <u>-----</u>
OLOR: <u>Materia orgánica</u>	

**INVESTIGACION DE COLIFORMES (GRUPO COLI - AEROGENES)**

PRUEBAS NORMALES	PRUEBA PRESUNTIVA	PRUEBA CONFIRMATIVA	
		FORMACION DE GAS	
CANTIDAD SEMBRADA	FORMACION DE GAS - 35°C	TOTAL	FECAL 44.5 °C
00,01 cm <sup>3</sup>	+++++	+++++	++++-
0,001 cm <sup>3</sup>	+++++	+++++	- - + - +
0,0001 cm <sup>3</sup>	+++++	+++++	-----
RESULTADO: NÚMERO MAS PROBABLE DE GÉRMENES COLIFORMES/100cm <sup>3</sup>		> 1,6 x 10 <sup>6</sup>	2,2 x 10 <sup>4</sup>

TÉCNICA "STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER" DE LA A.P.H.A. - W.E.F. 21<sup>TH</sup> NORMA COGUANOR NGO 4 010. SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES (SI), GUATEMALA.

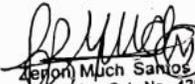
Guatemala, 2019-04-24

Visa 

**ING EDWIN JOSUE IXTAPA REYES**  
DIRECCIÓN CHUSAC



**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS**  
Centro de Investigaciones de Ingeniería  
**DIRECCIÓN CHUSAC**  
GUATEMALA, C.



**Jeron Much Santos**  
Ing. Químico Col. No. 420  
**MS en Ingeniería Sanitaria**  
Jefe Técnico Laboratorio



**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA**  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
**LABORATORIO UNIFICADO DE QUÍMICA Y MICROBIOLOGÍA SANITARIA**  
DRA. ALBA TABARINI MOLINA  
**USAC**  
GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA - USAC  
 Edificio Emilio Beltranena, Ciudad Universitaria zona 12  
 Teléfono directo 2418-9115 y 2418-9121. Planta 2418-8000 Exts. 86253 y 86252

Fuente: Laboratorio Unificado de Química y Microbiología Sanitaria Dra. Alba Tabarini Molina de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala.