

Universidad de San Carlos de Guatemala  
Centro Universitario de Suroccidente  
Ingeniería en Gestión Ambiental Local



## **TRABAJO DE GRADUACIÓN**

**Evaluación de niveles de concentración de contaminantes en las aguas  
residuales del municipio de Cuyotenango, Suchitepéquez**

Betsaida Michell Barrientos Alvarado

201343131

Mazatenango, Suchitepéquez mayo de 2018

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
CENTRO UNIVERSITARIO DE SUR OCCIDENTE**

**AUTORIDADES**

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

**MIEMBROS DEL CONSEJO DIRECTIVO DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE  
SUR OCCIDENTE**

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

**REPRESENTANTES DOCENTES**

MSc. José Norberto Thomas Villatoro	Secretario
Dra. Mirna Nineth Hernández Palma	Vocal

**REPRESENTANTE GRADUADOS CUNSUROC**

Lic. Ángel Estuardo López Mejía	Vocal
---------------------------------	-------

**REPRESENTANTES ESTUDIANTILES**

Lcda. Raquel Martínez González	Vocal
Br. Irrael Estuardo Arriaza Jerez	Vocal

## **AUTORIDADES DE COORDINACIÓN ACADÉMICA**

MSc. Bernardino Alfonso Hernández Escobar

**Coordinador Académico**

MSc. Álvaro Estuardo Gutiérrez Gamboa

**Coordinador de la carrera de Administración de Empresas**

Lic. Mauricio Cajas Loarca

**Coordinador de las carreras de Pedagogía y Administración Educativa**

Lic. Luis Carlos Muñoz López

**Coordinador de la carrera de Trabajo Social**

MSc. Edgar Roberto del Cid Chacón

**Coordinador de la Carrera de Ingeniería en Alimentos**

Ing. Edgar Guillermo Ruiz Recinos

**Coordinador de la carrera de Agronomía Tropical**

Lic. José Felipe Martínez Domínguez

**Coordinador de Área**

MSc. Tania María Cabrera Ovalle

**Coordinadora de la carrera de Ciencias Jurídicas y Sociales**

Inga. Agra. Iris Yvonnee Cárdenas Sagastume

**Coordinadora de la carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental Local**

## **CARRERAS PLAN FIN DE SEMANA –CUNSUROC-**

MSc. Tania Elvira Marroquín Vásquez

**Coordinadora de las carreras de Pedagogía**

MSc. Paola Marisol Rabanales

**Coordinadora de la carrera de Periodismo Profesional y Ciencias de la  
Comunicación**

## **DEDICATORIA**

- A DIOS:** Ser maravilloso, dador de la sabiduría y la inteligencia, por darme la vida y permitirme lograr una meta más.
- A MI MADRE:** Iris Verónica Alvarado de González, por su amor, consejos, paciencia, apoyo incondicional; por ser un ejemplo a seguir. Esto es el fruto de sus sacrificios y esfuerzos.
- A:** William Leonel González Méndez, por su amor de padre, consejos, paciencia y apoyo incondicional.
- A MIS HERMANOS:** Astrid Verónica Barrientos Alvarado y Adolfo Enrique Barrientos Alvarado, por su amor y apoyo incondicional. Que Dios nos permita estar siempre juntos.
- A:** Víctor Emilio Colindres, por todo su amor, apoyo, comprensión y paciencia durante estos años.
- A MIS TIOS Y TIAS:** María Elena Alvarado, Luis Carlos Alvarado, Hugo Leonel Alvarado, Mario Rafael Alvarado, Elsa Marina Alvarado y Byron Encarnación Alvarado; por su amor, consejos y apoyo incondicional.
- A MIS PRIMOS Y PRIMAS:** Por su amor, apoyo y todos los momentos compartidos.

## **AGRADECIMIENTO**

- A:** La Universidad de San Carlos de Guatemala, por ser el alma máter que brindó la oportunidad de formarme profesionalmente.
  
- A:** El Centro Universitario de Suroccidente, por ser la casa de estudios de aprendizaje, que permitió desarrollarme en el ámbito profesional.
  
- A:** La carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental Local, por los conocimientos brindados en la formación académica.
  
- A:** El Laboratorio de Aguas –CUNSUROC-USAC-, por permitirme desarrollar el Ejercicio Profesional Supervisado –EPS-.
  
- A:** Asesora MSc. Karen Rebeca Pérez Cifuentes, por su apoyo, cariño y conocimientos brindados durante el proceso del Ejercicio Profesional Supervisado –EPS-.
  
- A:** MSc. Eysen Rodrigo Enríquez Ochoa e Ingeniero Civil Allan Fernando Castro Czech, por la asesoría, conocimientos y apoyo durante los años de estudio y en el desarrollo del presente trabajo de graduación.
  
- A:** Docentes de la carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental Local, por sus enseñanzas, consejos, apoyo y cariño durante los años de estudio.
  
- A:** Mis amigos y compañeros de estudio, por todas las experiencias compartidas, apoyo y cariño, en especial a Anna María Molina, Jocklin de León, Miguel Granados, Leonel Mérida, Ruby de León y Antonio Angel.

## Índice general

Contenido	Página
I. Resumen.....	1
II. Introducción.....	2
III. Planteamiento del problema .....	3
IV. Objetivos .....	4
4.1 Objetivo general .....	4
4.2 Objetivos específicos .....	4
V. Marco Teórico.....	5
5.1 Marco referencial .....	5
5.1.1 Antecedentes históricos.....	5
5.1.2 Ubicación geográfica .....	5
5.1.3 Límites y colindancias.....	5
5.1.4 Vías de acceso .....	5
5.1.5 Población.....	6
5.1.6 Extensión territorial .....	6
5.1.7 Idioma.....	6
5.1.8 Recursos naturales.....	6
5.1.9 Orografía .....	7
5.2 Marco conceptual.....	7
5.2.1 Contaminación del agua.....	7
5.2.2 Fuentes de contaminación del agua.....	7
5.2.3 Aguas residuales .....	7
5.2.4 Tipos de aguas residuales según su procedencia.....	8
5.2.5 Características que poseen las aguas residuales.....	8
5.2.6 Estado de las aguas residuales.....	12
5.2.7 Tratamiento de las aguas residuales .....	13
5.2.8 Métodos de tratamiento .....	14
5.2.9 Tratamiento de lodos .....	16
5.2.10 Muestreo de aguas residuales .....	16
VI. Materiales y metodología .....	18

6.1	Materiales.....	18
6.2	Metodología .....	19
6.2.1	Descripción del manejo del agua de uso domiciliar .....	19
6.2.2	Determinación de las concentraciones de los 19 parámetros .....	20
6.2.3	Formulación de propuesta de manejo .....	29
VII.	Resultados y discusión.....	34
7.1	Descripción del manejo del agua de uso domiciliar .....	34
7.1.1	Muestra y selección de la muestra .....	34
7.1.2	Aplicación de la encuesta .....	34
7.2	Determinación de los niveles de concentración .....	36
7.2.1	Puntos de descarga de aguas residuales.....	36
7.2.2	Caudales .....	36
7.2.3	Caracterización de parámetros.....	37
7.2.4	Carga contaminante de DBO.....	39
7.3	Propuesta de manejo .....	40
7.3.1	Criterios de diseño utilizados .....	41
VIII.	Conclusiones.....	43
IX.	Recomendaciones.....	45
X.	Referencias bibliográficas .....	47
XI.	Anexos .....	52
	Anexo No. 1 Boleta de encuesta .....	52
	Anexo No. 2 Cálculo y selección de muestra.....	54
	Anexo No. 3 Resultados de encuestas.....	55
	Anexo No. 4 Geoposicionamiento de puntos de descarga .....	57
	Anexo No. 5 Caudales área urbana.....	58
	Anexo No. 6 Caudales área rural.....	61
	Anexo No. 7 Informes de resultados de análisis de laboratorio .....	64
	Anexo No. 8 Cálculos de carga contaminante .....	69
	Anexo No. 9 Cálculos criterios de diseño .....	70
	Anexo No. 10 Formato de medición de parámetros in situ .....	72
	Anexo No. 11 Planos de sistemas de tratamiento .....	73

## Índice de cuadros

<b>Cuadro</b>	<b>Página</b>
<b>No. 1</b> Materiales para la realización de la investigación.....	18
<b>No. 2</b> Criterios de diseño para los sistemas de tratamiento.....	29
<b>No. 3</b> Niveles de dotación.....	31
<b>No. 4</b> Caudales de puntos de descarga .....	36
<b>No. 5</b> Parámetros determinados en los efluentes.....	37
<b>No. 6</b> Carga contaminante de DBO de efluentes.....	40
<b>No. 7</b> Resultados de criterios de diseño.....	42
<b>No. 8</b> Resultados de muestra y selección de muestra.....	55
<b>No. 9</b> Resultados encuestas.....	55
<b>No. 10</b> Disposición del agua luego de ser utilizada.....	56
<b>No. 11</b> Ríos afectados por la contaminación.....	56
<b>No. 12</b> Coordenadas geográficas de los puntos de descarga.....	58
<b>No. 13</b> Caudales descarga Central.....	59
<b>No. 14</b> Caudales descarga Circunvalación.....	60
<b>No. 15</b> Caudales descarga Calle La Cruz.....	61
<b>No. 16</b> Caudales descarga cantón El Delirio.....	62
<b>No. 17</b> Caudales descarga cantón Santa Teresa.....	63
<b>No. 18</b> Formato de medición de parámetros in situ.....	72



## Índice de figuras

<b>Figura</b>	<b>Página</b>
<b>No. 1</b> Mapa de puntos de descarga de aguas residuales.....	57
<b>No. 2</b> Informe de análisis descarga Central.....	64
<b>No. 3</b> Informe de análisis descarga Circunvalación.....	65
<b>No. 4</b> Informe de análisis descarga Calle La Cruz.....	66
<b>No. 5</b> Informe de análisis descarga cantón El Delirio.....	67
<b>No. 6</b> Informe de análisis descarga cantón Santa Teresa.....	68

## I. Resumen

El municipio de Cuyotenango se localiza en el departamento de Suchitepéquez, en la Región Sur-Occidente, ubicado a 8 kilómetros de la cabecera departamental de Suchitepéquez, en la ruta CA-2 Occidente.

El municipio cuenta con una población de 20,875 habitantes según RENAP (2017), a partir de la división con San José La Máquina en marzo del año 2014 hasta el año de 2016, distribuidos en: 10,198 hombres y 10,677 mujeres.

La situación que atraviesa el municipio con respecto a la generación de aguas residuales, es que son vertidas sin ningún tratamiento a los afluentes; es por ello que el objetivo de la investigación fue evaluar las concentraciones de 19 parámetros en las aguas residuales, en cinco puntos de descarga, para lo cual se estableció realizar lo siguiente: describir el manejo del agua de uso domiciliar antes y después de ser utilizada, determinar las concentraciones de 19 parámetros establecidos en el artículo 24: límites máximos permisibles de descarga a cuerpos receptores para aguas residuales de urbanizaciones no conectadas al alcantarillado público, en cumplimiento con la etapa inicial que estipula el Acuerdo Gubernativo No. 138-2017, reforma del Reglamento de las Descargas y Reuso de Aguas Residuales y de la Disposición de Lodos Acuerdo Gubernativo No. 236-2006; y con base a ello se formula una propuesta de manejo para las descargas.

Como parte del desarrollo de la investigación se aplicaron encuestas en las viviendas del área urbana y rural; el aforo de los cinco efluentes durante un período de 16 horas en cada punto (de 5:00 a 21 horas), y la determinación de los niveles de concentración de parámetros físicos, químicos y biológicos.

La investigación permitió determinar que las aguas residuales en el municipio son de tipo doméstico y que los puntos de descarga evaluados poseen parámetros que no cumplen con los valores establecidos, por lo tanto el municipio deberá implementar sistemas de tratamiento completos para tres descargas, dos en el área urbana y una en el área rural.

## II. Introducción

El municipio de Cuyotenango se localiza en el departamento de Suchitepéquez, en la Región Sur-Occidente, ubicado a 8 kilómetros de la cabecera departamental de Suchiepéquez, en la ruta CA-2 Occidente.

El comercio y la agricultura son las actividades productivas que principalmente se realizan, por lo que para poder desarrollar estas y otras actividades se hace útil el manejo del recurso hídrico, mismo que luego de ser utilizado se convierte en aguas residuales.

La presente investigación: “Evaluación de niveles de concentración de contaminantes en las aguas residuales de municipio de Cuyotenango, Suchitepéquez”, se realizó con el propósito de determinar los niveles de contaminación de las aguas descargadas en el área urbana y rural, comparando los resultados con los límites máximos permisibles de descarga a cuerpos receptores para aguas residuales de urbanizaciones no conectadas al alcantarillado público, establecidos en el artículo 24, en cumplimiento de la etapa inicial del Acuerdo Gubernativo No. 138-2017, reforma del Acuerdo Gubernativo No. 236-2006.

Para el desarrollo de la investigación se describió el manejo que la población le da al agua de uso domiciliario antes y después de ser utilizada, información que se obtuvo de encuestas en el área urbana y rural; se realizó el aforo de caudales de los cinco efluentes durante una semana por 16 horas (de 5:00 a 21 horas), en cada descarga; y la determinación de los niveles de concentración de 19 parámetros físicos, químicos y biológicos en los efluentes de estudio, a través de análisis de laboratorio.

Como resultado de estas actividades se estableció el diseño de sistemas de tratamiento completos (pre-tratamiento, primario, secundario, terciario y tratamiento para lodos) para aguas residuales de tipo ordinario, en el área urbana en los puntos: descarga Central y descarga Circunvalación, y en el área rural en el punto de cantón El Delirio. Los dos primeros por ser descargas principales en el municipio y el segundo por presentar una carga contaminante alta.

### III. Planteamiento del problema

El agua es un recurso natural, principal constituyente de los seres vivos y que posee múltiples usos para el desarrollo de los diversos ámbitos en la vida como: sociales, culturales, económicos y ambientales; en tiempo y momentos diferentes: a corto, mediano o largo plazo, dependiendo del beneficio y de las necesidades a satisfacer.

Entre los usos del agua se pueden mencionar que son para uso doméstico, industrial, agrícola y pecuario.

La población aumenta cada día y esto demanda más uso del recurso hídrico, lo que ocasiona el deterioro del mismo por el incremento de los desechos líquidos y sólidos, tanto orgánicos como inorgánicos, generando así la acumulación de contaminantes por las diferentes actividades que involucran la utilización del agua.

En el municipio de Cuyotenango, Suchitepéquez existen 19 puntos de descarga de aguas residuales, en los cuales las aguas son vertidas sin ningún tratamiento principalmente a los ríos Sis, Icán, Xulá y riachuelo de la Distribuidora de bebidas Pepsi-Cola, causando malos olores, disminuyendo las concentraciones de oxígeno disuelto en el agua, aumentando los niveles de materia orgánica y desarrollando depósitos de lodos por la presencia de materia flotante y sólidos suspendidos provocando turbiedad en el agua.

Es por ello que se cree que estos ríos estén contaminados y estimulen el crecimiento de algas y hongos por los nutrientes como el Fósforo (P) y Nitrógeno (N), donde su presencia en exceso originan la eutrofización en el agua, interrumpiendo la autpurificación y alterando el ecosistema acuático.

¿Es posible que los niveles de concentración de las aguas residuales se encuentren dentro de los límites máximos permisibles establecidos en el Acuerdo Gubernativo No. 138-2017, reforma del Acuerdo Gubernativo No. 236-2006?

## **IV. Objetivos**

### **4.1 Objetivo general**

Evaluar los niveles de concentración de las aguas residuales en el municipio de Cuyotenango, Suchitepéquez.

### **4.2 Objetivos específicos**

1. Describir el manejo del agua domiciliar antes y después de ser utilizada en el municipio de Cuyotenango, Suchitepéquez.
2. Determinar las concentraciones de 19 parámetros establecidos en el Acuerdo Gubernativo No. 138-2017 de cinco puntos de descarga del municipio de Cuyotenango, Suchitepéquez.
3. Diseñar una propuesta de planta de tratamiento de aguas residuales, de conformidad con lo establecido en el Acuerdo Gubernativo No. 138-2017.

## **V. Marco Teórico**

### **5.1 Marco referencial**

#### **5.1.1 Antecedentes históricos**

Cuyotenango es conocido como un pueblo de importancia en la historia colonial de Guatemala, debido a que en la región se desarrolló el primer enfrentamiento entre españoles e indígenas Quichés. En la distribución de los pueblos del Estado de Guatemala para la administración de Justicia por el sistema de jurados, conforme el decreto 27 de agosto de 1826 que citó Fresco Pineda Mont en su recopilación de leyes, Cuyotenango aparece como cabecera del circuito. El original del decreto 63 de la Asamblea Constituyente del 29 de octubre de 1825 lo elevó a la categoría de Villa. Dicho decreto fue pasado por el Concejo Representativo del Estado el 10 de noviembre de 1825 y publicado en la sesión pública de la Asamblea Constituyente el día siguiente 11 de noviembre. (Diagnóstico socioeconómico, 2012)

#### **5.1.2 Ubicación geográfica**

El municipio se localiza en el departamento de Suchitepéquez, en la Región VI Sur-Occidente.

Geográficamente se encuentra ubicado a una latitud de 14° 32'23.54" N y longitud de 91° 32'18.20" O. (Google Earth, 2017)

#### **5.1.3 Límites y colindancias**

El municipio limita al norte con los municipios de San Felipe, del departamento de Retalhuleu y San Francisco Zapotitlán; al sur, con el municipio de San José La Máquina; al este, con el municipio de Mazatenango; y al oeste con el municipio de San Andrés Villa Seca, del departamento de Retalhuleu. (Oficina Catastro, 2017)

#### **5.1.4 Vías de acceso**

Cuyotenango se encuentra ubicado a 8 kilómetros de la cabecera departamental de Suchitepéquez, en la ruta CA-2 Occidente.

### **5.1.5 Población**

Según (RENAP, 2017) la población del municipio de Cuyotenango a partir de la división con San José La Máquina en marzo del año 2014 hasta el año de 2016 es de 20, 875 habitantes distribuidos en:

- Hombres: 10, 198
- Mujeres: 10,677

### **5.1.6 Extensión territorial**

El municipio desde su fundación contaba con una extensión territorial de 238 km<sup>2</sup> y de conformidad con el Decreto No. 7-2014 en el Artículo 3, se establece que el municipio de San José La Máquina queda estructurado por un área territorial de 147 km<sup>2</sup>, por lo tanto Cuyotenango posee actualmente una extensión territorial de 91 km<sup>2</sup>. (CENADOJ, 2014)

### **5.1.7 Idioma**

En el municipio predomina el idioma Español, seguido del idioma Quiché. (Diagnóstico Socioeconómico, 2012).

### **5.1.8 Recursos naturales**

Según Diagnóstico Socioeconómico (2012), el municipio cuenta con las diferentes características en recursos naturales:

- **Zonas de vida**

En la parte alta del municipio se encuentra bosque húmedo subtropical.

- **Clima**

El clima es cálido, cuenta con una época seca y otra lluviosa durante el año. Las temperaturas, van desde 21° a 25° C.

- **Precipitación pluvial**

La precipitación pluvial total anual es de 1250 mm y 4327 mm.

- **Ríos**

Los ríos que atraviesan el municipio principalmente son: Río Sis, Icán, Xulá, Besá, Los Ajos, Camellá, Negro, Candelero y Los Cochés.

### **5.1.9 Orografía**

La topografía de los terrenos en el municipio son planos y accidentados, la elevación varía desde 80 a 500 metros sobre el nivel del mar. No existen montañas o cerros. (Diagnóstico Socioeconómico, 2012)

## **5.2 Marco conceptual**

### **5.2.1 Contaminación del agua**

La contaminación consiste en una modificación, generalmente, provocada por el hombre, de la calidad del agua, haciéndola impropia o peligrosa para el consumo humano, la industria, la agricultura, la pesca y las actividades recreativas, así como para los animales domésticos y la vida natural. (Carta del agua, 1968)

### **5.2.2 Fuentes de contaminación del agua**

Según Arias (2014) las fuentes de contaminación del agua se clasifican en:

- **Puntuales**

Las fuentes puntuales descargan contaminantes en localizaciones específicas a través de tuberías y alcantarillas. Ejemplo: Fábricas, plantas de tratamiento de aguas negras, minas, pozos petroleros, etc.

- **No puntuales**

Las fuentes no puntuales son grandes áreas de terreno que descargan contaminantes al agua sobre una región extensa. Ejemplo: Vertimiento de sustancias químicas, tierras de cultivo, lotes para pastar ganado, construcciones, tanques sépticos.

### **5.2.3 Aguas residuales**

Las aguas residuales pueden definirse como las aguas que provienen del sistema de abastecimiento de agua de una población, después de haber sido modificadas por diversos usos en actividades domésticas, industriales y comunitarias. (Blazquez, 2010)



Las aguas residuales son las aguas usadas y los sólidos que por uno u otro medio se introducen en las cloacas y son transportados mediante el sistema de alcantarillado. (Romeo, 2008)

#### **5.2.4 Tipos de aguas residuales según su procedencia**

Según Romeo (2008) los tipos de aguas residuales según su origen o procedencia son los siguientes:

- **Domésticas**

Son los líquidos provenientes de las viviendas o residencias, edificios comerciales e institucionales.

- **Municipales**

Son los residuos líquidos transportados por el alcantarillado de una ciudad o población y tratados en una planta de tratamiento municipal.

- **Industriales**

Son las aguas residuales provenientes de las descargas de industrias de manufactura.

#### **5.2.5 Características que poseen las aguas residuales**

- **Características físicas**

- **Temperatura:** es un parámetro importante en aguas residuales por su efecto sobre las características del agua, sobre las operaciones y procesos de tratamiento, así como sobre el método de disposición final. La temperatura afecta y altera la vida acuática, modifica la concentración de saturación de oxígeno disuelto y la velocidad de las reacciones químicas y de la actividad bacterial. (Romeo, 2008)
- **Turbiedad:** es una medida óptica del material suspendido en el agua. Las aguas residuales en general son turbias. (Romeo, 2008)

- **Color:** las aguas residuales domésticas frescas son generalmente de color gris y a medida que el agua envejece cambia a color gris oscuro y luego a negro. El color negro de las aguas residuales sépticas es producido principalmente por la formación de sulfuros metálicos. El color en aguas residuales industriales puede indicar el origen de la polución, así como el buen estado o deterioro de los procesos de tratamiento, entre los residuos industriales de color fuerte se tienen los de la industria colorante de textiles y los de pulpa de papel. (Romeo, 2008)
  
- **Olor:** las aguas residuales frescas tienen un olor característico desagradable, mientras que las aguas residuales sépticas tienen un olor ofensivo. Los olores de las aguas residuales constituyen una de las principales objeciones ambientales y su control en plantas de tratamiento es importante. (Romeo, 2008)
  
- **Sólidos en suspensión totales:** incluye los componentes inorgánicos (arena, limo, arcillas, etc.) como orgánicos (grasas, aceites, brea, etc.). altas concentración impiden la penetración de la luz, disminuyen el oxígeno disuelto y limitan el desarrollo de la vida acuática. Su presencia en cantidades elevadas afecta negativamente a la calidad del agua. (Manual en medio ambiente, 2008)
  
- **Materia flotante:** es todo aquel material que flota libremente en la superficie del agua. (Ramos, 2002)

- **Características químicas**

- **Potencial de hidrógeno (pH):** el potencial de hidrógeno pH es una medida de la concentración de iones hidrógeno, es una medida de la naturaleza o ácida o alcalina de la solución acuosa que puede afectar a los usos específicos del agua. (Rigola, 1990)
- **Acidez:** la acidez de un agua es su capacidad cuantitativa de neutralizar una base fuerte a un pH de 8.2. La acidez en el agua se origina en la disolución de CO<sub>2</sub> atmosférico, en la oxidación biológica de la materia orgánica o en la descarga de aguas residuales industriales. Su efecto corrosivo en aguas residuales es de gran importancia, así como su posible efecto destructor o alterador de la flora y fauna de fuentes receptoras. (Romeo, 2008)
- **Alcalinidad:** La alcalinidad del agua es una medida de su capacidad de neutralizar ácidos. Las aguas residuales domésticas son generalmente alcalinas, concentraciones de 50-200 mg/L CaCO<sub>3</sub> son comunes. La alcalinidad puede generarse por hidróxidos, carbonatos y bicarbonatos de elementos como el calcio, magnesio, sodio, potasio o de amonio, siendo la causa más común los bicarbonatos de calcio magnesio. Su capacidad para neutralizar ácidos y prevenir cambios bruscos de pH la hace importante en el tratamiento químico de aguas residuales, en los procesos de remoción biológica de nutrientes, en la remoción de amoníacos y en tratamientos anaerobios. (Romeo, 2008)
- **DBO:** la demanda bioquímica de oxígeno es la cantidad de oxígeno que requieren los microorganismos para oxidar o estabilizar la materia orgánica biodegradable en condiciones aerobias.

La DBO es el parámetro más usado para medir la calidad de aguas residuales y superficiales, para determinar la cantidad de oxígeno requerido para estabilizar biológicamente la materia orgánica del agua, para diseñar unidades de tratamiento biológico, para evaluar la eficiencia de los procesos de tratamiento y para fijar las cargas orgánicas permisibles en fuentes receptoras. (Romeo, 2008)

- **DQO:** la demanda química de oxígeno se usa para medir el oxígeno equivalente a la materia orgánica oxidable químicamente mediante un agente químico oxidante fuerte, por lo general dicromato de potasio, en un medio ácido y a alta temperatura. La DQO es útil como parámetro de concentración orgánica en aguas residuales industriales o municipales tóxicas a la vida biológica y se puede realizar en sólo unas tres horas. (Romeo, 2008)
  
- **Grasas y aceites:** constituyen un indicador de contaminación, el criterio admisible en las aguas es la falta casi completa de estos elementos. Son lentamente degradables y sus deterioros y toxicidad impiden la reaireación y fotosíntesis y, por tanto la oxigenación de las aguas de superficie, limitando su autodepuración. (Manual en medio ambiente, 2008)
  
- **Nitrógeno (N):** nutriente esencial para el crecimiento biológico, recibe el nombre de nutriente o bioestimulante. (Crites, 2000)
  
- **Fósforo (P):** nutriente importante en el crecimiento de algas y otros organismos biológicos. (Crites, 2000)

- **Metales pesados:** los metales son de interés para el tratamiento, reutilización y vertimiento de efluentes y lodos tratados. Los metales como: Arsénico (As), Cadmio (Cd), Cromo (Cr), Cobre (Cu), Plomo (Pb), Níquel (Ni), Zinc (Zn) y Cianuro (CN<sup>-</sup>), son necesarios para el crecimiento biológico, usados para determinar la relación de la adsorción de sodio – RAS- , es decir, para estimar la posibilidad de emplear los efluentes tratados en riego agrícola y para determinar si el lodo es apropiado para la aplicación de suelos. (Crites, 2000)

- **Características biológicas**

- **Coliformes:** los organismos patógenos que pueden existir en las aguas residuales, son generalmente pocos y difíciles de aislar e identificar. Por esta razón se prefiere utilizar a los coliformes como organismo indicador de contaminación, o como indicador de la existencia de organismos productores de enfermedad. (Romeo, 2008)

### 5.2.6 Estado de las aguas residuales

Según el Manual de Tratamiento de Aguas Negras (2012), la extensión y naturaleza de la descomposición bacteriana de los sólidos en las aguas negras, ha dado origen a ciertos términos que representan las condiciones o estado de las aguas negras, los cuales se describen como:

- **Aguas negras frescas:** son las aguas negras en su estado inicial, inmediatamente después de que se han agregado los sólidos al agua. Contienen el oxígeno disuelto presente en el agua de abastecimiento y permanecen frescas mientras haya oxígeno suficiente para mantener la descomposición aeróbica. Estas aguas son turbias, con sólidos en suspensión o flotando, de color grisáceo y contienen un olor mohoso desagradable.

- **Aguas negras sépticas:** son las aguas en las que se ha agotado completamente el oxígeno disuelto, de manera que han entrado en descomposición anaeróbica los sólidos con la producción de ácido sulfhídrico y otros gases. Estas aguas se caracterizan por su color negruzco, olor fétido y desagradable, y por tener sólidos en suspendidos y flotantes de color negro.
- **Aguas negras estabilizadas:** son las aguas en las que los sólidos han sido descompuestos hasta sólidos relativamente inertes que no están sujetos a descomposiciones ulteriores, o que son descompuestos lentamente. El oxígeno disuelto está nuevamente presente por haber sido absorbido de la atmósfera; su olor es ligero o nulo y tienen pocos sólidos en suspensión.

### 5.2.7 Tratamiento de las aguas residuales

Según el Manual de Tratamiento de Aguas Negras (2012), el tratamiento de las aguas residuales es un proceso por el cual los sólidos que el líquido contiene son separados parcialmente, haciendo que el resto de los sólidos orgánicos complejos muy putrescibles quedan convertidos en sólidos minerales o en sólidos orgánicos relativamente estables. La magnitud de este cambio depende del proceso de tratamiento empleado. Los objetivos que hay que tomar en consideración en el tratamiento de aguas incluyen:

- La conservación de las fuentes de abastecimiento de agua para uso doméstico
- La prevención de enfermedades
- El mantenimiento de aguas limpias para el baño y con propósitos recreativos
- Mantener limpias las aguas que se usan para la propagación y supervivencia de los peces
- Conservación del agua para usos industriales y agrícolas

### 5.2.8 Métodos de tratamiento

Según el Manual de Tratamiento de Aguas Negras (2012), los métodos de tratamiento para las aguas residuales tienen como propósito lo siguiente:

- **Tratamiento preliminar**

Sirve para proteger el equipo y hacer más fáciles los procesos subsecuentes del tratamiento. Los dispositivos para el tratamiento preliminar están destinados a eliminar o separar los sólidos mayores o flotantes, a eliminar los sólidos inorgánicos pesados y eliminar cantidades excesivas de aceites o grasas. Para lograr un tratamiento preliminar se emplean comúnmente los siguientes dispositivos:

- Rejas de barras o más finas
- Desmenuzadores, ya sean molinos, cortadoras o trituradoras
- Desarenadores
- Tanques de preaeración

- **Tratamiento primario**

Para este tratamiento se separan o eliminan la mayoría de sólidos suspendidos en las aguas residuales, mediante el proceso físico de asentamiento en tanques de sedimentación. Cuando se agregan ciertos productos químicos en los tanques primarios, se eliminan casi todos los sólidos coloidales, así como los sedimentables. El propósito fundamental de los dispositivos para el tratamiento primario, consiste en disminuir suficientemente la velocidad de las aguas residuales para que puedan sedimentarse los sólidos, a estos dispositivos se les conoce como tanques de sedimentación. Éstos pueden dividirse en cuatro grupos generales, que son:

- Tanques sépticos
- Tanques de doble acción, como son los de Imhoff
- Tanques de sedimentación simple con eliminación mecánica de lodos
- Clasificadores de flujo ascendente con eliminación mecánica de lodos

- **Tratamiento secundario**

Este tratamiento debe hacerse cuando las aguas negras todavía contienen, después del tratamiento primario, más sólidos orgánicos en suspensión o solución que los que puedan ser asimilados por las aguas receptoras sin oponerse a su uso normal adecuado.

El tratamiento secundario depende principalmente de los organismos aerobios, para la descomposición de los sólidos orgánicos hasta transformarlos en sólidos inorgánicos o en sólidos orgánicos estables. Este tratamiento es comparable a la zona de recuperación de la autpurificación de una corriente. Los dispositivos que se usan para el tratamiento secundario pueden dividirse en los cuatro grupos siguientes:

- Filtros goteadores con tanques de sedimentación secundaria
- Tanques de aireación: a) lodos activados con tanques de sedimentación simple y b) aeración por contacto
- Filtros de arena intermitentes
- Estanques de estabilización

- **Cloración**

Este método de tratamiento puede emplearse para diversos propósitos, en todas las etapas de un tratamiento de aguas negras y aun antes del tratamiento preliminar. Generalmente se aplica cloro a las aguas negras con los siguientes propósitos:

- Desinfección o destrucción de microorganismos patógenos
- Prevención de la descomposición de las aguas negras para: a) controlar el olor, b) protección de las estructuras de la planta
- Como auxiliar en la operación de la planta para: a) la sedimentación, b) en los filtros goteadores, c) el abultamiento de los lodos activados
- Ajuste o abatimiento de la demanda bioquímica de oxígeno



### **5.2.9 Tratamiento de lodos**

Los lodos de las aguas negras están constituidos por los sólidos que se eliminan en las unidades de tratamiento primario y secundario, junto con el agua que se separa de ellos. En algunos casos es satisfactoria la disposición de ellos sin someterlos a tratamiento, generalmente es necesario tratarlos en alguna forma para prepararlos o acondicionarlos para disponer de ellos sin originar condiciones inconvenientes.

### **5.2.10 Muestreo de aguas residuales**

Según el Manual General del Reglamento de las Descargas y Reuso de las Aguas Residuales y de la Disposición de Lodos (2008), la toma de muestras persigue lo siguiente:

- **Muestreo**
  - Obtener una porción representativa de aguas residuales, aguas para reuso y lodos, cuyo volumen pueda ser transportado y manejado en el laboratorio.
  - Proporcionar información relevante para la caracterización de aguas residuales, aguas para reuso y lodos.
  - Servir de base para que los resultados que se obtengan del análisis correspondiente en el laboratorio, permitan evaluar el desempeño ambiental de los sujetos del Reglamento.
  - Cumplir con lo dispuesto en el Reglamento en relación con la toma de muestras.
- **Factores a considerar**
  - La manipulación de la muestra.
  - La presencia de materia en suspensión o de turbiedad.
  - La presencia de turbulencia.
  - El método elegido para la recolección.
  - La pendiente existente en el lugar seleccionado para la toma de muestras.
  - Los cambios físicos y químicos producidos por la conservación de la muestra.
  - Los cambios físicos y químicos producidos por la exposición de la muestra a la aireación

- **Parámetros a medir en el campo**

Los parámetros a determinar en el lugar (in situ) son: temperatura, potencial de hidrógeno y materia flotante. Estos parámetros deben ser determinados inmediatamente después de la captación de la muestra.

- **Recipientes indicados para la toma de muestras**

Para la toma de muestras de grasas y aceites deberá utilizarse envases de vidrio a fin de evitar las adherencias a las paredes internas del recipiente. En el caso de coliformes fecales se deberán tomar muestras simples en recipientes estériles, debido a que estos organismos son altamente susceptibles a cambios físicos o químicos. Es indispensable el uso de guantes para evitar el contacto directo con las aguas residuales.

- **Conservación de muestras**

Son procedimientos que se utilizan para evitar que las características de las muestras sufran las menores variaciones posibles, desde el momento en el que se toman hasta que se analizan en el laboratorio. Si no pueden analizarse inmediatamente, la conservación es obligada. La conservación por enfriamiento requiere que las muestras sean rápidamente almacenadas en un recipiente que contenga hielo, para crear condiciones que disminuyan la actividad biológica, la volatilización o disolución de gases y sustancias orgánicas.

## VI. Materiales y metodología

### 6.1 Materiales

Para la ejecución de la investigación se utilizaron los siguientes materiales:

**Cuadro No. 1** Materiales para la realización de la investigación

Descripción	Cantidad	Costo unitario	Costo Total
Libreta de campo	1	12.00	12.00
Lápiz	1	1.00	1.00
Calculadora	1	100.00	100.00
Cinta métrica	1	85.00	85.00
Formatos de encuestas	2	1.00	2.00
Fotocopias de boletas de encuesta	1110	0.25	277.50
Mascarilla	3	5.00	15.00
Guantes de hule	5	16.00	80.00
Guantes de látex	5	6.00	30.00
Botas de hule	1	60.00	60.00
Dispositivo GPS	1	2,500.00	2,500.00
Cubeta plástica (aforada)	1	25.00	25.00
Dispositivo Multiparámetros (Marca Hach)	1	7,000.00	7,000.00
Recipientes plásticos (capacidad de 2 L)	5	8.00	40.00
Recipientes plásticos estériles (capacidad 100 ml)	5	3.00	15.00
Recipientes de vidrio (capacidad 1L)	5	12.00	60.00
Hielera	2	250.00	500.00
Hielo (por arroba)	2	6.00	12.00
Combustible (galones)	2	30.00	60.00
Análisis físico-químico	5	900.00	4,500.00
Análisis microbiológico	5	150.00	750.00
Análisis metales pesados	5	1,450.00	7,250.00
Total			<b>23,374.50</b>

## 6.2 Metodología

Para el desarrollo de la investigación se empleó la siguiente metodología:

### 6.2.1 Descripción del manejo del agua de uso domiciliar

Para el cumplimiento de este objetivo se realizaron las siguientes actividades:

#### a) Elaboración de boleta de encuesta

La boleta de encuesta se elaboró para determinar el manejo que la población realiza con el recurso hídrico, especialmente de uso doméstico. **(Ver anexo No.1)**

#### b) Cálculo de la muestra

Para determinar el tamaño de la muestra en las investigaciones donde la variable principal es de tipo cualitativo se utilizó la metodología de Aguilar (2005), en donde la cantidad total de viviendas establecidas en cada punto a caracterizar, fueron las siguientes:

- Área urbana: casco urbano 2,226 viviendas
- Área rural:
  - Cantón Santa Teresa 200 viviendas
  - Cantón El Delirio 125 viviendas

$$n = Z^2 \frac{N * P * Q}{d^2(N - 1) + Z^2 * p * q}$$

*Donde:*

**n** = tamaño de la muestra

**N** = tamaño de viviendas de estudio

**Z** = nivel de confianza (95% = 1.96),

**p** = probabilidad de éxito (0.50)

**q** = probabilidad de fracaso (1-p)

**d** = error máximo admisible (0.05)

### **c) Selección de la muestra**

Para seleccionar la muestra se utilizó la metodología según Llinás (2006), aplicando la regla de Herbert Sturges (1926) donde establece como número de clases necesario a través de:

$$c = 3.3 (\text{Log } n) + 1$$

*Donde:*

$c$  = número de intervalo de frecuencias

$3.3$  = constante de periodicidad

$(\text{Log } n)$  = logaritmo de la muestra en base 10

$1$  = constante

### **d) Aplicación de la encuesta y tabulación de datos**

Las encuestas fueron aplicadas en las viviendas del área urbana y rural, incluidas en la muestra. Las encuestas representan la diferencia entre ambas áreas estudiadas con respecto al manejo del agua de uso domiciliar.

## **6.2.2 Determinación de las concentraciones de los 19 parámetros**

Para el cumplimiento de este objetivo se realizaron las siguientes actividades:

### **a) Identificación de puntos de descarga**

Se identificaron cinco puntos de descarga de aguas residuales, tres en el área urbana: Descarga Central, Descarga Circunvalación y Descarga Calle La Cruz; y dos en el área rural: Cantón El Delirio y Cantón Santa Teresa. Esto se realizó a través de recorridos con apoyo del encargado de la Unidad de Gestión Ambiental Municipal (UGAM).

Durante el recorrido se realizó la toma de coordenadas geográficas de los puntos de descarga con un dispositivo GPS, las cuales se representaron en un mapa, elaborado con el software QGIS Desktop 2.6.1

## **b) Aforo de efluentes**

Para el aforo de los cinco efluentes de aguas residuales se aplicó el método volumétrico de acuerdo a la metodología que establece la FAO (1997), el cual consiste en la medición directa del tiempo que se tarda en llenar un recipiente de volumen conocido para caudales pequeños. El tiempo que se tarda en llenarlo se mide con precisión, especialmente cuando sea de sólo pocos segundos. La variación entre diversas mediciones efectuadas sucesivamente da una indicación de precisión de resultados es por ello que se realizó lo siguiente:

El aforo se realizó durante 16 horas, iniciando a las 5:00 de la mañana y finalizando a las 21:00 horas. Para ello se tomó un tiempo de una semana (cinco días) para aforar cada efluente.

Se utilizó un cronómetro para medir el tiempo, un recipiente (cubeta) de volumen conocido, previamente aforado con una probeta de laboratorio con dos medidas:

- 19.60 litros
- 15 litros

El proceso se realizó cuatro veces cada hora.

En los puntos de: Descarga Central, Calle La Cruz, Cantón El Delirio y Cantón Santa Teresa se utilizó el volumen de 19.60 litros; y únicamente en el punto de descarga circunvalación se utilizó el volumen de 15 litros, debido a que el comportamiento del flujo de agua era turbulento y rápido, por lo que el recipiente no se llenó a su capacidad máxima.

## **c) Cálculo de caudales**

### **• Promedio de tiempo de llenado**

Luego de haber realizado el aforo de caudales se calculó el promedio de los tiempos de llenado de cada hora, empleando la siguiente ecuación:

$$t = \frac{t1 + t2 + \dots tn}{n}$$

*Donde:*

$t$  = tiempo promedio

$t_1 + t_2 + \dots + t_n$  = suma de valores

$n$  = cantidad de valores

- **Caudal por hora**

Se determinó el caudal por hora con respecto al tiempo promedio de llenado por hora, utilizando la metodología que establece la FAO (1997) a través de la siguiente ecuación:

$$Q = V/t$$

*Donde:*

$Q$  = caudal

$V$  = volumen de agua (litros)

$t$  = tiempo promedio por hora (segundos)

- **Caudal medio en el día**

Se determinó el caudal aplicando la media aritmética de los caudales por hora obtenidos, dividiéndolos dentro del tiempo total de aforo que fue de 16 horas. Para calcular el caudal promedio por día se empleó la siguiente ecuación:

$$Q = \frac{Q_1 + Q_2 + \dots + Q_n}{t}$$

*Donde:*

$Q$  = caudal promedio

$Q_1 + Q_2 + \dots + Q_n$  = suma de caudales medios por hora

$t$  = tiempo total de aforo

- d) **Toma de muestras y transporte (cadena de custodia)**

La toma de muestras y transporte se realizó de conformidad con lo establecido en el Acuerdo Ministerial No. 105-2008: Manual General del Reglamento de las Descargas y Reuso de Aguas Residuales y de la Disposición de Lodos.

- **Toma de muestras**

Previo a realizar la toma de muestras se utilizaron guantes y mascarilla como equipo de protección personal (EPP).

La toma de muestras inició realizando lo siguiente:

La muestra fue captada a contracorriente con recipientes plásticos y de vidrio, para el análisis físico-químico se tomó una muestra de 2 litros utilizando un recipiente plástico, saturando las paredes de dicho recipiente enjuagando de dos a tres veces con la muestra. Para el análisis microbiológico se tomó una muestra de 100 mililitros utilizando un recipiente plástico estéril, en el cual no se enjuagó la muestra.

Para el análisis de grasas y aceites se tomó una muestra de 1 litro utilizando un recipiente de vidrio. Al tener la muestra en el recipiente se midió el potencial de hidrógeno (pH) con tiras de papel tornasol (papel indicativo de pH), posteriormente se le agregaron gotas de ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ) hasta llegar el pH menor a 2. El reactivo sirvió como medio de preservación para la determinación de este parámetro.

Contenidas las muestras en los recipientes, se realizaron las mediciones *in situ* de los parámetros físicos: pH temperatura, utilizando el dispositivo: Multiparámetros HACH, HQ40d.

Las muestras fueron conservadas en frío (en una hielera), utilizando bolsas de gel y hielo para transportarlas en condiciones adecuadas.

El muestreo se realizó de forma simple en el horario de mayor caudal, para obtener una muestra representativa entre la asociación del caudal y la concentración de las características físicas, químicas y biológicas de las aguas residuales.

Se elaboró un formato para la medición de los parámetros *in situ* y los datos de campo.



- **Transporte de muestras**

Las muestras fueron transportadas al Laboratorio de Aguas -CUNSUROC-USAC para la ejecución de los análisis requeridos en un lapso menor a 8 horas.

- e) **Caracterización de parámetros**

Se caracterizaron 19 parámetros en cada uno de los cinco puntos de descarga, de conformidad con lo establecido en el Acuerdo Gubernativo No. 138-2017, reforma del Acuerdo Gubernativo No. 236-2006 Reglamento de las Descargas y Reuso de Aguas Residuales y de la Disposición de Lodos. El reglamento incluye 20 parámetros pero únicamente se determinarán 19, excluyendo el mercurio (Hg), debido a que el laboratorio no realiza la medición de este parámetro, tomando en cuenta además que en el área de estudio éste no puede ser un contaminante.

A continuación se describe el procedimiento realizado para la determinación de cada parámetro:

- **Determinación de parámetros en el lugar (in situ)**

Se realizó la medición de los siguientes parámetros físicos, en cada efluente:

- **Temperatura**

La temperatura se midió utilizando el dispositivo Multiparámetros (Marca HACH, HQ40d), a través de introducir una sonda en la muestra, donde automática y digitalmente tomó la lectura de la temperatura de los efluentes.

- **Materia flotante**

Este parámetro se determinó haciendo uso del sentido de la vista, observando la presencia o ausencia de material flotante en cada uno de los efluentes.

- **Potencial de hidrógeno (pH)**

El potencial de hidrógeno (pH) se midió utilizando el dispositivo Multiparámetros (Marca HACH, HQ40d), a través de introducir una sonda en la muestra, donde automática y digitalmente tomó la lectura del pH de los efluentes.

- **Determinación de parámetros en el laboratorio**

La determinación de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos se realizó según la metodología que utiliza el Laboratorio de Aguas – CUNSUROC-USAC-, de la siguiente forma:

- **Parámetros físico-químicos**

- **Grasas y aceites**

Este parámetro se determinó por método gravimétrico (diferencia de pesos), utilizando un equipo de extracción de grasas y aceites donde se realizó el siguiente procedimiento:

- Se filtraron las muestras con una bomba de vacío en un equipo llamado Kitazato, el cual permitió conectar a un costado la manguera que va hacia la bomba. Seguidamente se colocó un embudo y el papel filtro, y se sirvió la muestra en él, lentamente.
- Luego de haber filtrado la muestra, se colocó el papel filtro en unos contenedores llamados dedales, los cuales fueron montados en el equipo de extracción (Soxhlet), agregando 100 ml del reactivo N-Hexano.
- Seguidamente se ensambló este equipo con el condensador y los balones aforados (previamente horneados a 105°C durante 30 minutos, obteniendo el peso inicial en la balanza analítica) y se encendió la plancha a una temperatura baja.

- Luego de tres horas del proceso para analizar las concentraciones de grasas y aceites, se evaporó el N-Hexano en los balones aforados que quedó en el Soxhlet, adquiriendo el peso final a través de pesar los balones en la balanza analítica.
- Se determinó por diferencia de peso la cantidad de grasas contenida en la muestra (mg/L), aplicando la siguiente ecuación:

$$\text{Concentración grasas y aceites} = \frac{(\text{Peso } f. - \text{Peso } i.) * 1000}{\text{Vol.}/1000}$$

*Donde:*

*Peso i.* = peso inicial del balón aforado (gramos)

*Peso f.* = peso final del balón aforado, cantidad de grasa obtenida (gramos)

*Vol.* = volumen de la muestra filtrada (mililitros)

- **Demanda bioquímica de oxígeno**

Este parámetro no se determinó en el laboratorio de aguas, debido a la falta de equipo para poder analizarlo. Sin embargo, como alternativa la muestra fue enviada a un laboratorio privado para su análisis, el cual toma un tiempo de cinco días por método de incubación.

- **DQO, nitrógeno total y fósforo total**

La determinación de estos parámetros fue a través de analizar las muestras con pruebas de kits de reactivos, obteniendo su concentración por medio de la utilización de un fotómetro (photoLab S12-A, Nova 60A), el cual permitió analizar las muestras por absorbancia de la luz.

- **Sólidos suspendidos**

Este parámetro se determinó por método gravimétrico (diferencia de pesos), filtrando las muestras con papel filtro cuantitativo, previamente horneado a 105°C durante 1 hora.

Posteriormente se realizó el proceso de pesaje de la tara (Caja Petri), el papel luego de ser horneado dentro de la tara (peso inicial) hasta lograr constancia en el peso, el peso del papel luego de haber sido filtrada la muestra (peso final) y el volumen de la muestra filtrado.

Para determinar la concentración de sólidos suspendidos en cada muestra, se aplicó la siguiente ecuación:

$$\text{Sólidos suspendidos} = \frac{(\text{Peso } f. - \text{Peso } t.) \times 1000}{\frac{(\text{Peso } i. - \text{Peso } t.)}{1000}}$$

Donde:

*Peso i.* = peso inicial del papel filtro (gramos)

*Peso f.* = peso final del papel filtro, cantidad de sólidos suspendidos (gramos)

*Peso t.* = peso de la tara, caja Petri (gramos)

*Vol.* = volumen de la muestra filtrada (mililitros)

- **Color**

Este parámetro se midió a través de la utilización de un espectrofotómetro, el cual determinó las concentraciones de color en unidades de platino y cobalto (Pt/Co), por medio de la absorbancia de luz en la muestra.

- **Parámetros microbiológicos**

- **Coliformes fecales**

Se determinó la presencia de coliformes totales y fecales, a través del número más probable por cada 100 mililitros (NMP/100ml). En el proceso se preparó un caldo Lauril sulfato y se utilizaron pastillas Coli-complete, una para cada muestra en tubos de ensayo, como medio para la determinación de coliformes, donde las muestras fueron incubadas por 24 a 48 horas.

Se observó la presencia de coliformes totales cuando las pastillas se tornaban azul positivo y la presencia de coliformes fecales por fluorescencia azul positiva en el color de las pastillas, bajo luz UV, por medio de la utilización de una lámpara UV de 365 nm.

➤ **Metales pesados**

Se realizó la medición de los metales pesados a través de pruebas con kits de análisis en reactivos específicos para cada metal, determinando la concentración de cada uno por medio de la utilización de un espectrofotómetro, el cual permite analizar las muestras por absorbancia de la luz. Los metales pesados determinados fueron: **arsénico (As), cadmio (Cd), cianuro total (CN<sup>-</sup>), cobre (Cu), cromo hexavalente (Cr), níquel (Ni), plomo (Pb) y zinc (Zn)**. La prueba para determinación de arsénico (As) tuvo una duración de tres horas por cada muestra.

f) **Determinación de carga contaminante de DBO**

Se determinó la carga contaminante de cada punto de descarga con el fin de obtener la cantidad másica de un contaminante en el efluente por día, con respecto a su caudal máximo. La carga contaminante diaria es el resultado de multiplicar el caudal promedio por la concentración de la sustancia contaminante, por el factor de conversión de unidades y por el tiempo diario de vertimiento del usuario, medido en horas a través de:

$$Cc = [ ] * Q * 0.0864$$

*Donde:*

$Cc$  = carga contaminante (kg/día)

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

$Q$  = caudal máximo (L/s)

**0.0864** = factor de conversión

### 6.2.3 Formulación de propuesta de manejo

Para el cumplimiento de este objetivo se realizaron las siguientes actividades:

#### a) Análisis de resultados de laboratorio

Se realizó el análisis de los resultados de laboratorio, comparando los valores de concentración de cada parámetro determinado, de los cinco efluentes, con los límites máximos permisibles establecidos en el artículo 24 del Acuerdo Gubernativo No. 138-2017, reforma del Acuerdo Gubernativo No.236-2006.

#### b) Propuesta de tratamiento para aguas residuales

Para la propuesta de tratamiento de aguas residuales se tomó en cuenta los resultados de laboratorio, los cuales indican los niveles de concentración de los parámetros físicos, químicos y biológicos, así como las características identificadas en la población a través de la aplicación de encuestas.

La propuesta consta de un diseño de planta de tratamiento para aguas residuales en tres puntos principales de descarga que son: Descarga Central y Descarga Circunvalación que corresponden al área urbana y en la descarga de Cantón El Delirio que pertenece al área rural del municipio.

#### c) Criterios de diseño para los sistemas de tratamiento

Para el dimensionamiento de los sistemas de tratamiento se tomaron en cuenta los siguientes criterios de diseño:

**Cuadro No. 2** Criterios utilizados para el sistema de tratamiento

No.	Criterios de diseño	
1	Caudal medio por día	m <sup>3</sup> / día – L/día
2	Población actual	Habitantes / día
3	Habitantes por casa	5 habitantes
4	Tasa de crecimiento poblacional de Suchitepéquez	2.45 %
5	Período de diseño	20 años
6	Dotación	200 L / habitante día
7	Factor de retorno	80 %
8	Período de retención	24 horas
9	Población futura	Habitantes futuros
10	Caudal futuro	m <sup>3</sup> / día – L/día

- **Caudal medio por día**

Se utilizó el caudal medio de aguas residuales, determinado a partir del aforo durante 16 horas en el efluente.

- **Población actual**

La población actual establece que la demanda de agua en las poblaciones depende del número de habitantes en el momento del estudio y en la fecha de horizonte del proyecto, normalmente a cincuenta años y de la variación de la dotación que es el consumo en litros/habitante/día.

A partir de la población de cálculo y fijada una dotación se obtiene el consumo teórico del núcleo, es decir, el caudal medio a suministrar según la metodología utilizada por Trapote (2013) a través de la siguiente ecuación:

$$Q = DOT * Población$$

*Donde:*

Q = caudal (L/día)

DOT = dotación de agua (L/habitante día)

Despejando la ecuación se determinó la población actual a partir de:

$$Población = \frac{Q}{DOT}$$

*Donde:*

Q = caudal actual (L/día)

DOT = dotación de agua (L/habitante día)

Del agua que utilizan los habitantes actuales, se tomó en cuenta que el 80% regresa a los drenajes. Según James (2012) de acuerdo a la estimación de la generación de aguas residuales se utilizan las tasas de uso de agua y entonces se asume que entre 60 y 90% del agua se vuelve agua residual.

No obstante, estas tasas cambiarán con el clima, las estaciones y el tipo de usuario.

A partir de este factor de retorno se determinó la población actual que contribuyen a generar el caudal actual, aplicando la siguiente ecuación:

$$\frac{\text{Población}}{\text{Factor de retorno (80\%)}}$$

- **Dotación**

En estos criterios de diseño se tomó en cuenta una dotación de 200 l/habitante/día debido a que según Trapote (2016) con una dotación media de 200 y de 300 l/hab/día en los días de máximo consumo, las instalaciones se proyectan de forma que se puedan ampliar fácilmente, a fin de atender al consumo de una población doble de la actual con las mismas dotaciones.

La dotación de 200 l/hab/día fijada hace casi 70 años, es un 10% superior a la actual, del orden de 180 l/hab/día.

Además, según se establecen los siguientes niveles de dotación de acuerdo al número de habitantes:

**Cuadro No. 3** Niveles de dotación

<b>Núcleos de población con un número de habitantes</b>	<b>Dotación L/habitante/día</b>
Hasta 1,000	150
1,000 a 6,000	175
6,000 a 12,000	200
12,000 a 50,000	250
50,000 a 250,000	300
Más de 250,000	400



- **Período de diseño**

El período de diseño estimado fue de 20 años según lo que establece James (2012) donde la planificación a largo plazo de una comunidad generalmente incluye el cálculo de la demanda futura de agua para 5, 10, 20 o más años; con el fin de calcular la demanda futura para varios escenarios diferentes antes de decidir sobre los valores reales para el diseño.

También, la comparación de proyecciones a futuro proporciona una manera de entender qué efectos de los datos de entrada o suposiciones pueden tener en la demanda futura de agua.

Determinar las especificaciones de escenarios futuros requiere un consenso que incorpora las necesidades ambientales, económicas y sociales para las generaciones actuales y futuras. Las tendencias de población y demográficas y la ubicación de cualquier nuevo usuario influenciará enormemente la demanda futura de agua.

- **Población futura**

La estimación de la población futura basada en el método geométrico se utiliza cuando la tasa de crecimiento es proporcional a la población existente, para ello se utilizó la metodología según Francois (2005), empleando la siguiente ecuación:

$$P_n = P_1(1 + r)^n$$

*Donde:*

$P_n$  = población futura

$P_1$  = población actual o en el tiempo

$r$  = tasa de crecimiento poblacional

$n$  = período de diseño en (años)

Se utilizó la tasa de crecimiento poblacional del departamento de Suchitepéquez según el INE (2014), donde establece que la población creció entre el año 2012 y 2013 el 2.45%.

- **Caudal futuro**

Se determinó el caudal futuro a partir de la población futura a servir con el tratamiento, estimando un período de diseño para 20 años. Para calcular el caudal se aplicó la siguiente ecuación:

$$Q_f = DOT * P_f * 80\%$$

*Donde:*

DOT = dotación de agua (L/habitante día)

P<sub>f</sub> = población futura

80% = factor de retorno de agua a los drenajes

## VII. Resultados y discusión

### 7.1 Descripción del manejo del agua de uso domiciliar

#### 7.1.1 Muestra y selección de la muestra

Con un 95% de confiabilidad se obtuvo en el área urbana una muestra de 328 viviendas, seleccionadas una de cada nueve. En el área rural, en el Cantón El Delirio se obtuvo una muestra de 95 viviendas y de 132 viviendas en el Cantón Santa Teresa, ambas seleccionadas una cada ocho. **(Ver anexo No. 2)**

#### 7.1.2 Aplicación de la encuesta

Como resultado de la aplicación de encuestas en las viviendas del área urbana y rural, se obtuvieron datos sobre el manejo del agua de uso domiciliar antes y después de su uso. **(Ver anexo No. 3)**

- Se establece que en el área urbana predomina la actividad comercial y en el área rural la actividad agrícola, principalmente con cultivos de maíz y frutas tropicales.
- La población señala que los responsables de proteger el recurso hídrico son todos aquellos que hacen uso del mismo, como lo es la municipalidad, las industrias, el comercio y la comunidad en general.
- La población inicia sus actividades en el día, determinando que se levantan para iniciar sus labores entre 5:00 – 6:00 a.m. De acuerdo a esto se establece que la población emplea mayor cantidad de agua en la jornada matutina, debido a que el agua es utilizada para bañarse, lavar ropa y trastes, y cocinar antes de irse al trabajo o a estudiar. Es poca la población que emplea agua en la jornada vespertina.

- La población indica que los residuos que regularmente llevan las aguas residuales son restos de comida, heces fecales, aceites y detergentes, por lo que demuestra que las aguas residuales generadas son de tipo doméstico.
- Se determinó que en el área urbana del municipio cuentan con sistemas de fosas sépticas para tratar el agua después de utilizarlas, mientras que en el área rural no, las aguas son vertidas directamente a los ríos.
- Con respecto a la existencia de contaminación en los ríos que atraviesan el municipio, la población indica que sí existe, siendo el río Xulá, río Sis y el río Icán los más afectados.

## 7.2 Determinación de los niveles de concentración

### 7.2.1 Puntos de descarga de aguas residuales

Los cinco puntos de descarga de aguas residuales identificados fueron descarga Central, descarga Circunvalación y descarga Calle La Cruz del área urbana y cantón El Delirio y cantón Santa Teresa del área rural. **(Ver anexo No. 4)**

### 7.2.2 Caudales

A través del aforo durante 16 horas se obtuvieron los siguientes caudales, determinados en época lluviosa.

**Cuadro No. 4** Caudales de puntos de descarga

No.	Punto	$Q_m^{(1)}$ (L/s)	$Q_{m\acute{a}x}^{(2)}$ (L/s)	$Q_d^{(3)}$ (m <sup>3</sup> /día)
1	Descarga Central	9.76	12.41	843.264
2	Descarga Circunvalación	10.65	14.15	920.16
3	Calle "La Cruz"	8.51	9.25	735.264
4	Cantón "El Delirio"	0.70	1.13	60.48
5	Cantón "Santa Teresa"	2.74	3.84	236.736

(1)  $Q_m$  = Caudal medio

(2)  $Q_{m\acute{a}x}$  = Caudal máximo en el día

(3)  $Q_d$  = Caudal medio en el día

Los caudales de los tres primeros puntos de descarga que corresponden al área urbana son los que aportan mayor caudal de aguas residuales, mientras que los últimos dos caudales correspondientes al área rural, presentan un flujo de agua más bajo. **(Ver anexo No. 5 y anexo No.6)**

### 7.2.3 Caracterización de parámetros

**Cuadro No. 5** Parámetros determinados en los efluentes

Parámetro	Dimensional (1)	LMP ETAPA UNO (2)	Muestra 1 Descarga Central	Muestra 2 Descarga Circunvalación	Muestra 3 Calle La Cruz	Muestra 4 El Delirio	Muestra 5 Santa Teresa
Temperatura	°C	TCR +/- 7	26	26.2	25.9	25.3	26
Grasas y aceites	mg/L	50	88.54 *	143.80 *	114.73 *	315.09 *	90 *
Materia flotante	-----	Ausente	Presente *	Presente*	Presente *	Presente *	Presente *
Sólidos suspendidos	mg/L	275	363.35 *	150.24	351.96 *	968.28 *	310.38 *
Nitrógeno total	mg/L – N	150	2.9	4.1	2.4	4.5	1.3
Fósforo total	mg/L – P	40	1.48	1.95	1.15	6.43	1.95
Potencial de hidrogeno (pH)	----	6 a 9	7.49	7.10	7.48	7.46	7.54
Coliformes fecales	NMP/100ml	<1 x 10 <sub>7</sub>	≥2400 *	≥2400 *	≥2400 *	≥2400 *	≥2400 *
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	mg/L – O <sub>2</sub>	250	221	61	130	1274 *	113
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L – O <sub>2</sub>	-----	275	78	162	1305	736
Arsénico	mg/L – As	0.1	0.029	0.034	0.046	0.034	0.046
Cadmio	mg/L – Cd	0.1	0.021	0.039	0.051	0.039	0.061
Cianuro total	mg/L – CN	1	0.015	0.008	0.013	0.002	<0.010
Cobre	mg/L – Cu	3	0.02	< 0.10	0.07	0.95	0.13
Cromo hexavalente	mg/L – Cr	0.1	<0.05	0.02	< 0.05	0.27 *	0.07
Níquel	mg/L – Ni	2	0.38	0.063	0.059	3.88 *	0.80
Plomo	mg/L – Pb	0.4	< 0.10	0.17	0.09	1.68 *	0.36
Zinc	mg/L – Zn	10	0.34	0.32	0.37	0.29	0.40
Color	u Pt-Co	1000	100	100	100	200	150

(1) mg/L = miligramos por litro, NMP/100ml = número más probable por 100 mililitros, u Pt-Co = unidades platino cobalto

(2) Límites máximos permisibles para la etapa uno establecida en el Acuerdo Gubernativo 138-2017, reforma del Acuerdo Gubernativo 236-2006 con fecha máxima de cumplimiento el dos de mayo de dos mil diecinueve.

(\*) Parámetros que no cumplen con los límites máximos permisibles para la etapa uno establecida en el Acuerdo Gubernativo No. 138-2017.

De acuerdo a los resultados de las concentraciones de los parámetros se realiza la interpretación de cada uno, con base a los límites máximos permisibles establecidos en la etapa inicial de cumplimiento del Acuerdo Gubernativo no. 138-2017.

Con respecto a las concentraciones físicas de las cinco muestras analizadas se determinó que los parámetros de concentración de temperatura y color cumplen con los límites máximos permisibles en la etapa inicial, por el contrario no cumplen con los parámetros sólidos suspendidos y de material flotante. Sin embargo, se determina que el único punto que cumple con el límite de sólidos suspendidos es el punto de descarga circunvalación, esto debido a que el comportamiento del flujo de agua es turbulento y bastante rápido.

De acuerdo a las concentraciones químicas, de las cinco muestras analizadas se determinó que todas cumplen con los límites máximos permisibles de los parámetros Nitrógeno (N), Fósforo (P) y pH, caso contrario al parámetro de grasas y aceites donde ninguna muestra cumple con los límites establecidos.

Con respecto a la concentración de metales pesados, de las cinco muestras analizadas se determinó que en los puntos de: descarga Central, descarga Circunvalación, descarga de Calle La Cruz y descarga cantón Santa Teresa sí cumplen con los límites máximos permisibles establecidos en la etapa uno, por lo que tienen mayor probabilidad en la disminución de su concentración en las próximas etapas de cumplimiento.

Por el contrario en el área rural, en el punto de cantón El Delirio los parámetros de cromo (Cr), níquel (Ni) y plomo (Pb) no cumplen con los límites máximos permisibles. La presencia de estos elementos puede ser originados a causa de la actividad avícola, debido a que en este sector existen granjas de pollos de engorde, y en zonas aledañas fincas de caña y hule.

Con respecto a las concentraciones biológicas en las cinco muestras analizadas, se determinó que existe la presencia de coliformes fecales, las cuales pueden afectar la salud de quienes entren en contacto con agua por ende su tratamiento es importante.

A través de la interpretación de cada uno de los análisis, se determina la presencia de contaminación en los cuerpos receptores que son los ríos, los cuales disminuyen la oxigenación por la presencia de detergentes, grasas, aceites, restos de comida y heces fecales, los cuales provocan en el ambiente malos olores por descomposición de la materia orgánica. Estos niveles de concentración altos en materia orgánica, también impiden la autopurificación de los ríos. **(Ver anexo No. 7)**

#### **7.2.4 Carga contaminante de DBO**

La combinación del caudal con la demanda bioquímica de oxígeno es importante para un ente generador de aguas residuales porque permite obtener el valor y la calidad de carga a utilizar en el modelo de reducción progresiva, establecido en el artículo 17 y 26 del Acuerdo Gubernativo No. 236-2006. El modelo de reducción progresiva no se contempla en los estudios realizados pero será útil para determinar el modelo de reducción a futuro, al momento de contar con el resultado de los tratamientos en las etapas y períodos indicados.

A continuación se establece la carga contaminante de los puntos evaluados, representando la cantidad de masa que fluye en una descarga de agua residual por día.



**Cuadro No. 6** Carga contaminante de DBO de efluentes

Punto de descarga	Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO (mg/L)	Caudales (l/s)	Carga contaminante (kg/día)
Descarga Central *	221	12.41	236.9615
Descarga Circunvalación	61	14.15	74.5762
Calle La Cruz	130	9.25	103.8960
El Delirio *	1274	1.13	124.3832
Santa Teresa	113	3.84	37.4907
Total carga contaminante			577.3076

(\*) Puntos con carga contaminante de DBO alta.

Los resultados demuestran que el punto de descarga Central del área urbana posee la mayor carga contaminante, seguidamente se encuentran el punto de cantón El Delirio que corresponde al área rural del municipio. **(Ver anexo No. 8)**

### 7.3 Propuesta de manejo

De acuerdo a los resultados de laboratorio obtenidos, a las características identificadas en la población de estudio a través de las encuestas realizadas, y a la determinación de la carga contaminante se propone el diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales de tipo ordinario con las siguientes fases de tratamiento:

- Tratamiento preliminar o pretratamiento
- Tratamiento primario
- Tratamiento secundario
- Tratamiento terciario
- Tratamiento de lodos

La propuesta de manejo para las aguas residuales se fundamenta de conformidad con:

El Acuerdo Gubernativo No. 138-2017: artículo 24, inciso 1) y literal c) donde establece que: *“El dos (2) de mayo de dos mil diecinueve (2019), todas las municipalidades deberán cumplir, por lo menos con tener en operación sistemas de tratamiento completos para las dos descargas principales que en el inventario se reporten”*;

Los puntos a los que con prioridad se les deben dar tratamiento:

- 1) Descarga Central, por ser de los puntos principales contenidos en el inventario de las descargas de aguas residuales y por corresponder al área urbana del municipio.
- 2) Cantón El Delirio, debido a que posee una carga contaminante alta y por lo tanto es recomendable darle tratamiento a esta área.
- 3) Descarga Circunvalación, a pesar que su carga contaminante es baja corresponden a los puntos con mayor generación de aguas residuales (mayor caudal) y por ser también de los principales en el inventario de las descargas de aguas residuales en el municipio y que corresponden al área urbana.

### **7.3.1 Criterios de diseño utilizados**

Los criterios utilizados para el dimensionamiento de la planta fueron los siguientes:

**Cuadro No. 7** Resultados de criterios de diseño

Lugar	Población		Dotación	$Q_{\text{medio}}^{(1)}$	$Q_{\text{máx}}^{(2)}$	$Q_f^{(3)}$
	Actual	Futura	L/hab/día	(m <sup>3</sup> /s)	(L/s)	(m <sup>3</sup> /s)
Descarga Central	5,272	8,639	200	843.26	12.41	1,382.24
Descarga Circunvalación	5,752	9,426	200	920.16	14.15	1,508.16
Descarga cantón El Delirio	379	622	150	60.48	1.13	74.64

(1)  $Q_{\text{medio}}$ : caudal medio a partir del aforo durante 16 horas

(2)  $Q_{\text{máx}}$ : caudal máximo durante el día

(3)  $Q_f$ : caudal futuro

A partir de estos resultados se propone la ejecución de las plantas de tratamiento proyectadas para un período de 20 años, debido a las tendencias actuales y futuras de la población y a las características del municipio, para que puedan satisfacer las demandas futuras de agua. **(Ver anexo No. 9)**

Asimismo para garantizar la protección de los cuerpos receptores, minimizando la concentración de los contaminantes que éstas llevan, y con ello prevenir los riesgos de enfermedades en la salud humana por el contacto que la población pueda tener en las aguas.

El diseño elegido para el tratamiento de las aguas residuales son fosas sépticas mejoradas, debido a que económicamente son viables para su construcción, y el sistema de mantenimiento puede ser manual o mecánico que de igual forma su costo es económico. **(Ver anexo No. 11)**

## VIII. Conclusiones

1. En el área urbana del municipio como actividad productiva predomina el comercio y en el área rural la agricultura, donde de acuerdo a estas actividades y al manejo del agua de uso domiciliario antes y después de ser utilizada, la población indica que los responsables de proteger el recurso hídrico son todos aquellos que hacen uso del mismo, como lo es la municipalidad, las industrias y la comunidad en general. La población emplea mayor cantidad de agua en la jornada matutina, entre 5:00 y 6:00 a.m., debido a que es el horario en que inician sus actividades en el día. Con respecto a la disposición final del agua, en el área rural y urbana el agua es vertida sin ningún tratamiento, lo que provoca contaminación principalmente en los ríos Xulá, Sis e Icán.
2. Las concentraciones físicas, químicas y microbiológicas que no cumplen los parámetros de descarga a cuerpos receptores son: descarga Central, descarga Calle La Cruz y descarga cantón Santa Teresa con grasas y aceites, materia flotante, sólidos suspendidos y coliformes; descarga Circunvalación con grasas y aceites, materia flotante y coliformes; y descarga cantón El Delirio con grasas y aceites, materia flotante, sólidos suspendidos, coliformes, DBO, cromo (Cr), níquel (Ni) y plomo (Pb). De acuerdo a estas características se determina que las aguas del municipio no cumplen con los límites establecidos, demostrando altos niveles de concentración.

- 3.** La propuesta de diseño es una planta de tratamiento de aguas residuales de tipo ordinario con sistema de tratamiento completo (preliminar o pre-tratamiento, primario, secundario, terciario y tratamiento de lodos) a tres puntos de descarga, dos en el casco urbano y uno en el área rural. El diseño se proyecta para un período de 20 años, de acuerdo a las tendencias actuales y futuras de población, con el fin de satisfacer las demandas futuras de agua.

## **IX. Recomendaciones**

- 1.** Sensibilizar a la población a disminuir el consumo excesivo del recurso hídrico e incentivarlos a clasificar los residuos que generan en sus hogares para disminuir los contaminantes que contiene el agua residual y con ello disminuir los niveles de concentración, previo a ser vertidas a los afluentes. Asimismo que el ente generador cree sistemas pequeños de tratamiento para las aguas residuales en las diferentes áreas del municipio, tanto urbanos como rurales.
- 2.** De acuerdo a los resultados de los análisis de los niveles de concentración de los parámetros físicos, químicos y biológicos de las aguas residuales es conveniente realizar la evaluación de los mismos, con un mínimo de dos muestras al año, una en época seca y una en época lluviosa, según lo estipulado en el artículo 49 del acuerdo gubernativo no. 236-2006.
- 3.** Es importante realizar un nuevo análisis de los niveles de concentración en las aguas residuales de cantón El Delirio, e investigar el origen de los contaminantes cromo (Cr), níquel (Ni) y plomo (Pb), determinados en altas concentraciones.

4. Implementar los sistemas de tratamiento propuestos y evaluar periódicamente el funcionamiento de los mismos, en los tres puntos principales de descarga, y desarrollar el objetivo del inciso 1) literal e) del acuerdo gubernativo no. 138-2017, proponiendo sistemas de tratamiento a los dos siguientes puntos de descarga identificados, cumpliendo con tener en operación sistemas de tratamiento para el 45% del total de las descargas consignadas en el inventario.
  
5. Se recomienda evaluar las características de los lodos en los tres sistemas de tratamiento propuestos según lo estipulado en el artículo 42 del acuerdo gubernativo no. 236-2006.

## X. Referencias bibliográficas

1. Aguilar Barojas, S. 2005. Fórmulas para el Cálculo de la Muestra en Investigaciones de Salud. Salud en Tabasco. Vol. 11. México. Secretaría de la Salud. P. 5.
2. Alvarado, H. 20 de abril de 2017. Población: Registro de habitantes inscritos hasta el año 2016. (Entrevista). Director. RENAP. Sede 079. Cuyotenango, Suchitepéquez, Guatemala.
3. Arias, O. 2014. Fuentes de contaminación del agua. (En línea). Consultado el 22 de abril de 2017. Disponible en: <https://es.slideshare.net/omarariasandrade/fuentes-puntuales-y-no-puntuales-de-contaminacin-del-agua>
4. Blazquez, P. 2010. Definición de aguas residuales. (En línea). Consultado: el 22 de abril de 2017. Disponible en: [http://www.edutecne.utn.edu.ar/agua/agua\\_reutilizacion.pdf](http://www.edutecne.utn.edu.ar/agua/agua_reutilizacion.pdf)
5. Carta del agua. 1986. Contaminación del agua. (En línea). Consultado: el 22 de abril de 2017. Disponible en: [http://www.ugr.es/~iagua/LICOM\\_archivos/PT\\_Tema1.pdf](http://www.ugr.es/~iagua/LICOM_archivos/PT_Tema1.pdf)
6. Centro Nacional de Análisis y Documentación Judicial CENADOJ. Decreto No. 7-2014. 2014. Creación del municipio denominado San José La Máquina, en Jurisdicción del departamento de Suchitepéquez. (En línea). Consultado el 25 de enero de 2018. Disponible en: <http://ww2.oj.gob.gt/es/QueEsOJ/EstructuraOJ/UnidadesAdministrativas/CentroAnalisisDocumentacionJudicial/cds/CDs%20leyes/2014/pdfs/decretos/D07-2014.pdf>



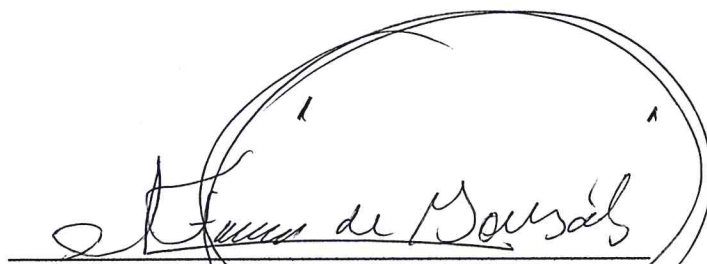
7. Crites, R. 2000. Sistemas de Manejo de Aguas Residuales para Núcleos Pequeños y Descentralizados. Tomo I: Capítulo 2. Constituyentes de las aguas residuales. Colombia. McGraw-Hill. P. 50,52, 54, 55.
8. Diagnóstico Socioeconómico. 2012. Reseña histórica y zona de vida del municipio de Cuyotenango. (En línea). Consultado el 19 de abril de 2017. Disponible en: [http://biblioteca.usac.edu.gt/EPS/03/03\\_0793\\_v1.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/EPS/03/03_0793_v1.pdf)
9. FAO. 1997. Medición Sobre el Terreno de la Erosión del Suelo y de la Escorrentía: Boletín de Suelos de la FAO 68. Roma, Italia. Capítulo 4: Caudal. P. 57.
10. Fernández Nogales, Á. 2004. Investigación y Técnicas de Mercado: Muestreo y trabajo de campo. 2ª Edición. Madrid, España. Editorial ESIC. P. 156,157.
11. Francois, G. 2005. Distribución de Agua Potable y Colecta de Desagues y de Agua de Lluvia. Capítulo 1: Conocimientos Básicos Necesarios para la Administración del Sistema de Agua Potable. Canadá. Editorial Presses Internationales Polytechnique. P. 7,11,13.
12. González, H. 20 de abril de 2017. Límites y Colindancias de Cuyotenango. (Entrevista). Encargado Oficina de Catastro. Municipalidad. Cuyotenango, Suchitepéquez, Guatemala.

13. Google Earth. 2017. Ubicación geográfica de Cuyotenango. (En línea). Consultado el 21 de abril de 2017. Disponible en: <https://earth.google.com/web/>
14. Instituto Nacional de Estadística INE. 2014. Caracterización Departamental, Suchitepéquez 2013. Estadísticas Sociodemográficas. (En línea). Consultado: el 04 de febrero de 2018. Disponible en: <https://www.ine.gob.gt/sistema/uploads/2015/07/20/Yt4ifi3KB0INKUjra1E20payptPjaiDw.pdf>
15. James, R. 2012. Ingeniería Ambiental: Fundamentos, Sustentabilidad y Diseño. Capítulo 9: Abastecimiento de Agua, Distribución y Recolección de Aguas Residuales. 1ª Edición. México. Alfa Omega Grupo Editor, S.A. P. 371,375.
16. Llinás Solano, H. 2006. Estadística Descriptiva y Distribuciones de Probabilidad. 1ª Edición. 1ª Reimpresión. Barranquilla, Colombia. Ediciones Uninorte. P. 16.
17. Manual de Tratamiento de Aguas Negras. 2012. Departamento de Sanidad del Estado de New York. México. Grupo Noriega Editores, LIMUSA S.A. P. 25.
18. Manual General del Reglamento de las Descargas y Reuso de Aguas Residuales y de la Disposición de Lodos, Acuerdo Ministerial No. 105-2008. Capítulo II: Toma de Muestras de Aguas Residuales, Aguas para Reuso y Lodos. (En línea). Consultado el 19 de abril de 2017. Disponible en: <http://vestex.com.gt/wp-content/uploads/2015/04/Manual-General-del-RARL.pdf>

19. Manual para la formación en medio ambiente. 2008. Parámetros de calidad del agua. 1ª Edición. Valladolid, España. Editorial LEX NOVA, S.A. P. 210.
20. Ramos Olmos, R. 2002. El Agua en el Medio Ambiente: Muestreo y Análisis. California, EE.UU. Plaza y Valdez Editores. Universidad Autónoma Baja California. P. 16.
21. Rigola Lapeña, M. 1990. Tratamiento de Aguas Residuales: Aguas de proceso y residuales. Barcelona, España. MARCOMBO, S.A. P. 29
22. Romeo Rojas, JA. 2008. Tratamiento de Aguas Residuales, Teoría y principios de diseño: Caracterización de aguas residuales. Illera Dulce. LE. 2ª reimpresión. Bogotá, Colombia. Escuela Colombiana de Ingeniería. P. 17, 18.
23. Trapote, A. 2013. Infraestructuras Hidráulico-Sanitarias I. Abastecimiento y Distribución de Agua. 2ª. Edición Universidad de Alicante. P.141. Consultado el 13 de marzo de 2018. Disponible en: <https://books.google.ru/books?id=3ejTAgAAQBAJ&pg=PA141&dq=Caudal+a+partir+la+poblaci%C3%B3n&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwivgbb4svHZAhXFC5oKHZWQAXAQ6AEILjAB#v=onepage&q=Caudal%20a%20partir%20la%20poblaci%C3%B3n&f=false>

24. Trapote, A. 2016. Libro Jubilar en Homenaje al Profesor Antonio Gil Olcina. Pasado y Presente de los Viajes del Agua: Departamento de Ingeniería Civil. Edición Instituto Interuniversitario de Geografía. Universidad de Alicante. (En línea). Consultado el 02 de marzo de 2018. Disponible en: [https://books.google.com.gt/books?id=D18ZDAAAQBAJ&pg=PA275&lpg=PA275&dq=dotacion%20de%20agua%20potable%20por%20habitante%20libros&source=bl&ots=AMzNc\\_QdcL&sig=EeWsOmUysKH2dtR\\_VY099z6PkgI&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwiJv4iEjM\\_ZAhVqs1kKHZVVDdlQ6AEwB3oECAMQAQ#v=onepage&q=dotacion%20de%20agua%20potable%20por%20habitante%20libros&f=false](https://books.google.com.gt/books?id=D18ZDAAAQBAJ&pg=PA275&lpg=PA275&dq=dotacion%20de%20agua%20potable%20por%20habitante%20libros&source=bl&ots=AMzNc_QdcL&sig=EeWsOmUysKH2dtR_VY099z6PkgI&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwiJv4iEjM_ZAhVqs1kKHZVVDdlQ6AEwB3oECAMQAQ#v=onepage&q=dotacion%20de%20agua%20potable%20por%20habitante%20libros&f=false)

25. Yes. S. 20 de abril de 2017. Carreteras de Cuyotenango. (Entrevista). Directora Municipal de Planificación. Municipalidad. Cuyotenango, Suchitepéquez, Guatemala.



Vo. Bo. Licda. Ana Teresa de González

Encargada de biblioteca

USAC-CUNSUROC



## XI. Anexos

### Anexo No. 1 Boleta de encuesta

No. Boleta: \_\_\_\_\_

Hora: \_\_\_\_\_



**Universidad de San Carlos de Guatemala  
Centro Universitario del Sur Occidente  
Ingeniería en Gestión Ambiental Local**



#### **Encuesta dirigida a la población del municipio de Cuyotenango, Suchitepéquez sobre la generación de aguas residuales.**

Instrucciones: A continuación se le presenta una serie de preguntas las cuales deberá responder marcando con una "X". Esta información será utilizada para fines experimentales de la investigación.

1. En su opinión, ¿quién es el responsable de proteger el agua?

Municipalidad\_\_\_\_ Comunidad\_\_\_\_ Industrias\_\_\_\_ Todas las anteriores\_\_\_\_

Ninguna de las anteriores\_\_\_\_ No sabe\_\_\_\_

2. ¿Cuál es la actividad productiva que más se realiza en el municipio?

Agricultura\_\_\_\_ Comercio\_\_\_\_ Otro\_\_\_\_

3. ¿A qué hora se levanta usted para realizar sus actividades en el día?

3AM \_\_\_\_ 4AM \_\_\_\_ 5AM \_\_\_\_ 6AM \_\_\_\_ Otro \_\_\_\_

4. ¿En qué jornada emplea mayor cantidad de agua para sus actividades cotidianas?

Matutina\_\_\_\_ Vespertina\_\_\_\_ Nocturna\_\_\_\_

5. ¿Cuántas veces al día utiliza agua?

0\_\_\_\_ 2-3\_\_\_\_ 4-6\_\_\_\_ Otro\_\_\_\_

6. ¿Qué hace usted con el agua que utiliza para las actividades productivas y cotidianas (bañarse, sanitarios, lavado de trastes, limpieza, etc.)?

Se va en el río \_\_\_\_\_ Se va en las calles \_\_\_\_\_ Se va en el drenaje \_\_\_\_\_

7. ¿Qué residuos considera usted que contiene el agua después de ser utilizada?

Detergente \_\_\_ Restos de comida \_\_\_ Aceite \_\_\_ Heces \_\_\_ Otro \_\_\_\_\_

8. ¿Cuenta usted con algún tipo de sistema para tratar el agua después de utilizarla?

Sí \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

9. Si su respuesta anterior es afirmativa, indique ¿con qué sistema trata el agua que utiliza?

Sistema individual (fosa séptica) \_\_\_\_\_ Otro \_\_\_\_\_

10. ¿Usted considera que existe contaminación en los ríos de parte de empresas cercanas?

Sí \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

11. Si su respuesta anterior es afirmativa, mencione ¿qué río o ríos son los más afectados?

Sis \_\_\_\_\_ Icán \_\_\_\_\_ Xulá \_\_\_\_\_ Otro \_\_\_\_\_

## Anexo No. 2 Cálculo y selección de muestra

Ejemplo de cálculo:

- **Área urbana**
- Casco urbano: 2,226 viviendas

$$n = (1.96)^2 \frac{2,226 * 0.5 * 0.5}{(0.05)^2(2,226 - 1) + (1.96)^2 * 0.5 * 0.5}$$

$$n = (1.96)^2 \frac{556.5}{(0.0025)(2,225) + (3.8416) * 0.5 * 0.5}$$

$$n = (1.96)^2 \frac{556.5}{5.5625 + 0.9604}$$

$$n = (3.8416) \left[ \frac{556.5}{6.5229} \right]$$

$$n = (3.8416) * (85.31481396)$$

$$n = 327.74 \approx \mathbf{328 \text{ viviendas}}$$

- **Área urbana:**
- Muestra casco urbano: 328 viviendas

$$K = 1 + 3.3 (\text{Log } 328)$$

$$K = 1 + 3.3 (2.515873844)$$

$$K = 1 + 8.302383684$$

$$K = 9.302383684 \approx \mathbf{9}$$

**Cuadro No. 8** Resultados de muestra y selección de muestra

Área		Viviendas	Muestra	Selección de la muestra
Urbana	Casco urbano	2,226	328	Cada 9 viviendas
	El Delirio	125	95	Cada 8 viviendas
Rural	Santa Teresa	200	132	

**Anexo No. 3 Resultados de encuestas****Cuadro No. 9** Resultados encuestas

RESPONSABLES DE PROTEGER EL AGUA?			
RESPUESTAS	URBANO	DELIRIO	SANTA TERESA
MUNICIPALIDAD	68	16	32
COMUNIDAD	29	21	12
INDUSTRIAS	33	31	26
TODAS LAS ANTERIORES	198	27	62
NINGUNA DE LAS ANTERIORES	0	0	0
NO SABE	0	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>328</b>	<b>95</b>	<b>132</b>
ACTIVIDAD PRODUCTIVA QUE PREDOMINA EN EL MUNICIPIO			
AGRICULTUA	60	66	89
COMERCIO	223	19	35
OTROS	45	10	8
<b>TOTAL</b>	<b>328</b>	<b>95</b>	<b>132</b>
JORNADA EN QUE SE EMPLEA MAYOR CANTIDAD DE AGUA PARA LAS ACTIVIDADES COTIDIANAS			
MATUTINA	219	57	96
VESPERTINA	83	36	25
NOCTURNA	26	2	11
<b>TOTAL</b>	<b>328</b>	<b>95</b>	<b>132</b>



**Cuadro No. 10** Disposición del agua luego de ser utilizada

<b>DISPOSICIÓN DEL AGUA QUE SE UTILIZA PARA LAS ACTIVIDADES PRODUCTIVAS Y COTIDIANAS(BAÑARSE, SANITARIOS, LAVADO DE TRASTES, LIMPIEZA, ETC)</b>			
<b>RESPUESTAS</b>	<b>URBANO</b>	<b>DELIRIO</b>	<b>SANTA TERESA</b>
<b>SE VA EN EL RIO</b>	40	62	87
<b>SE VA EN LAS CALLES</b>	0	0	0
<b>SE VA EN EL DRENAJE</b>	288	33	45
<b>TOTAL</b>	328	95	132

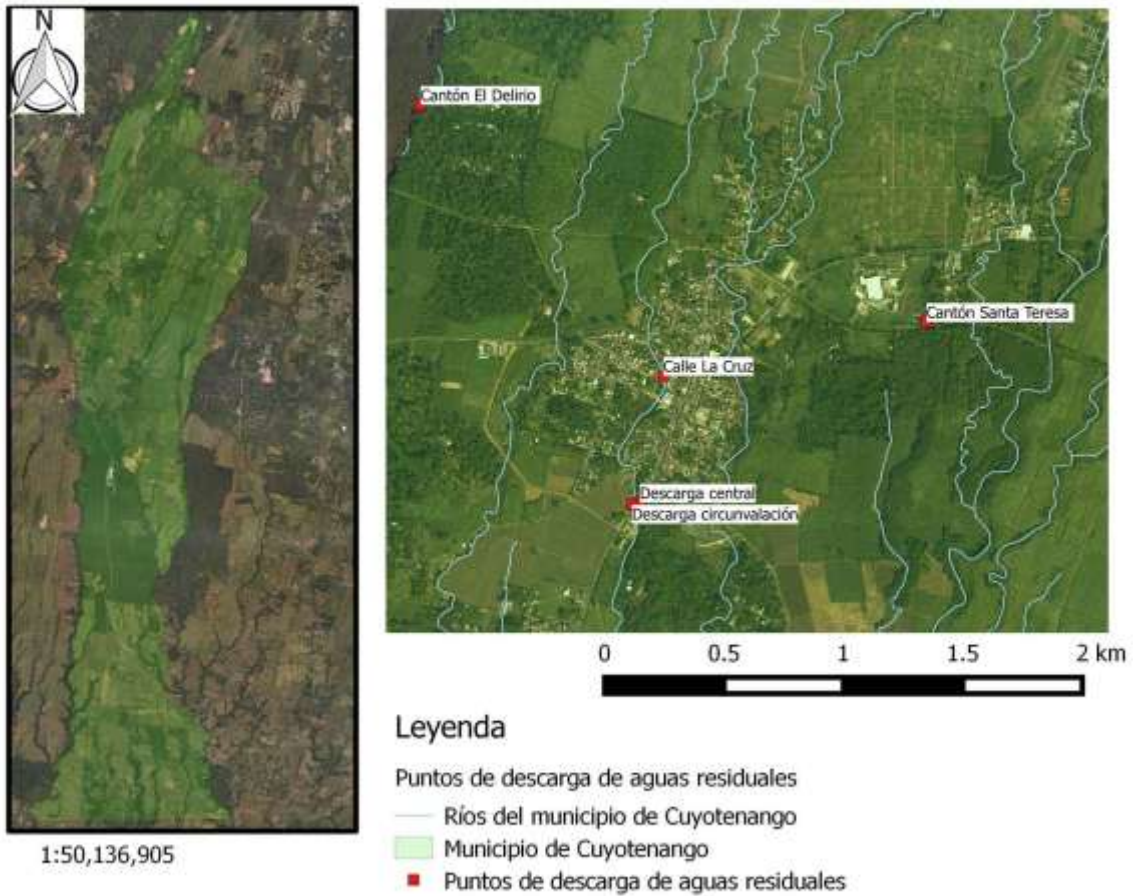
**Cuadro No. 11** Ríos afectados por la contaminación

<b>RIOS AFECTADOS POR CONTAMINACIÓN</b>			
<b>RESPUESTAS</b>	<b>URBANO</b>	<b>DELIRIO</b>	<b>SANTA TERESA</b>
<b>SIS</b>	128	65	89
<b>ICAN</b>	175	22	34
<b>XULA</b>	25	8	9
<b>OTROS</b>	0	0	0
<b>TOTAL</b>	328	95	132

## Anexo No. 4 Geoposicionamiento de puntos de descarga



### PUNTOS DE DESCARGA DE AGUAS RESIDUALES DEL MUNICIPIO DE CUYOTENANGO, SUCHITEPÉQUEZ



**Figura No. 1** Mapa de puntos de descarga de aguas residuales

**Nota:** Mapa elaborado con el sistema de coordenadas proyectadas UTM, datum WGS84.

**Cuadro No. 12** Coordenadas geográficas de los puntos de descarga

No.	Puntos de descarga	Georeferencias <sup>(1)</sup>	
		Latitud (X)	Longitud (Y)
1	Descarga Central	0384301	1607551
2	Descarga Circunvalación	0384268	1607542
3	Calle “La Cruz”	0384399	1608086
4	Cantón “El Delirio”	0383383	1609228
5	Cantón “Santa Teresa”	0385501	1608313

(1) Proyección de sistema de coordenadas UTM: Universal Transversal Mercator

**Fuente:** Cuadro realizado con base a las coordenadas geográficas tomadas a través de un dispositivo GPS.

#### **Anexo No. 5 Caudales área urbana**

Como parte del aforo de los efluentes se obtuvieron los siguientes resultados:

##### **a. Descarga Central**

En este punto se determinó que se genera un caudal de 9.76 L/s durante 16 horas, equivalente a un caudal promedio por día de 843.264 m<sup>3</sup>/día y 843, 264 L/día. Se identificó que hubo mayor generación de agua a las 15:00 horas con un caudal 12.41 litros por segundo, siendo éste el caudal máximo en el día.

Ejemplos de cálculos:

##### **• Tiempo de llenado**

$$\text{Tiempo llenado (t)} = \frac{1.78 + 1.99 + 1.60 + 1.61}{4}$$

$$\text{Tiempo llenado (t)} = \mathbf{1.75 \text{ segundos}}$$

- **Caudal por hora**

$$\text{Caudal por hora (Q)} = 19.60 \text{ L}/1.75 \text{ s}$$

$$\text{Caudal por hora (Q)} = \mathbf{11.20 \text{ L/s}}$$

- **Caudal promedio por día**

$$Q = \frac{11.20 + 11.40 + 9.12 + 10.26 + 9.61 + 8.56 + 8.99 + 9.61 + 9.25 + 10.77 + 12.41 + 6.98 + 6.24 + 10.10 + 8.07 + 6.83 + 6.78}{16 \text{ horas}}$$

$$\text{Caudal promedio por día} = \mathbf{843.264 \text{ m}^3/\text{día}}$$

$$\text{Caudal promedio por día} = \mathbf{843,264 \text{ L/día}}$$

**Cuadro No. 13** Caudales descarga Central

Hora	Tiempos de llenado (segundos)				Tiempo promedio de llenado (segundos)	Caudal 16 horas (L/s)
5:00	1.78,	1.99	1.60	1.61	1.75	11.20
6:00	1.74	1.95	1.92	1.25	1.72	11.40
7:00	2.03	1.89	1.86	2.80	2.15	9.12
8:00	2.01	1.81	1.91	1.90	1.91	10.26
9:00	2.13	2.11	1.77	2.13	2.04	9.61
10:00	2.03	2.44	2.19	2.50	2.29	8.56
11:00	1.78	2.55	2.18	2.19	2.18	8.99
12:00	1.91	2.20	1.90	2.15	2.04	9.61
13:00	2.23	2.05	2.21	1.97	2.12	9.25
14:00	1.89	1.69	1.55	2.14	1.82	10.77
15:00	1.80	1.65	1.43	1.43	1.58	12.41 *
16:00	2.90	2.67	2.75	2.93	2.81	6.98
17:00	2.88	3.01	3.45	3.21	3.14	6.24
18:00	2.12	1.87	2.12	1.64	1.94	10.10
19:00	2.41	2.68	2.55	2.08	2.43	8.07
20:00	2.73	2.87	2.92	2.97	2.87	6.83
21:00	3.06	2.95	2.96	2.58	2.89	6.78
<b>Caudal medio en el día</b>						<b>9.76</b>

(\*) Caudal máximo en el día (Q<sub>máx</sub>)

## b. Descarga Circunvalación

En este punto se determinó que se genera un caudal de 10.65 L/s durante 16 horas, equivalente a un caudal promedio por día de 920.16 m<sup>3</sup>/día y 920,160 L/día. Se identificó que hubo mayor generación de agua a las 16:00 horas con un caudal 14.15 litros por segundo, siendo éste el caudal máximo en el día.

El volumen de llenado en el recipiente para aforar este punto fue de 15 litros, debido a que la velocidad del flujo de agua fue rápido y constante, no llegó a su capacidad máxima de llenado.

**Cuadro No. 14** Caudales descarga Circunvalación

Hora	Tiempos de llenado (segundos)				Tiempo promedio de llenado (segundos)	Caudal (L/s)
5:00	2.19	1.73	2.03	1.87	1.96	7.65
6:00	1.42	1.52	1.51	1.13	1.40	10.71
7:00	1.52	1.68	1.64	1.53	1.59	9.43
8:00	1.48	1.34	1.52	1.69	1.51	9.93
9:00	1.52	1.33	1.30	1.60	1.44	10.42
10:00	1.25	1.63	1.60	1.56	1.51	9.93
11:00	1.59	1.74	1.64	1.44	1.60	9.38
12:00	1.46	1.40	1.47	1.47	1.45	10.34
13:00	1.38	1.51	1.57	1.32	1.45	10.34
14:00	1.54	1.35	1.71	1.43	1.51	9.93
15:00	1.52	1.38	1.37	1.38	1.41	10.64
16:00	1.03	1.10	1.00	1.10	1.06	14.15 *
17:00	1.44	1.50	1.36	1.29	1.40	10.71
18:00	1.05	1.18	1.20	1.21	1.16	12.93
19:00	1.52	1.82	1.72	1.74	1.70	8.82
20:00	1.92	1.99	1.47	1.61	1.75	8.57
21:00	2.60	2.16	2.49	2.06	2.33	6.44
<b>Caudal medio en el día</b>						<b>10.65</b>

(\*) Caudal máximo en el día (Q<sub>máx</sub>)

### c. Descarga Calle La Cruz

En este punto se determinó que se genera un caudal de 8.51 L/s durante 16 horas, equivalente a un caudal promedio por día de 735.264 m<sup>3</sup>/día y 735,264 L/día. Se identificó que hubo mayor generación de agua a las 6:00 de la mañana con un caudal 9.25 litros por segundo, siendo éste el caudal máximo en el día.

**Cuadro No. 15** Caudales descarga Calle La Cruz

Hora	Tiempos de llenado (segundos)				Tiempo promedio de llenado (segundos)	Caudal (L/s)
5:00	2.00	2.35	2.37	2.09	2.20	8.91
6:00	2.30	1.86	2.29	2.03	2.12	9.25 *
7:00	2.73	2.38	2.25	2.20	2.39	8.20
8:00	2.81	2.53	2.58	2.59	2.63	7.45
9:00	2.16	2.55	2.51	2.80	2.51	7.81
10:00	2.83	2.54	2.77	2.59	2.68	7.31
11:00	1.93	2.05	2.28	2.24	2.13	9.20
12:00	2.26	2.49	2.34	2.42	2.38	8.24
13:00	2.28	2.32	2.46	2.28	2.34	8.38
14:00	2.22	2.49	2.25	2.27	2.31	8.48
15:00	2.50	2.69	2.56	2.57	2.58	7.60
16:00	2.26	2.55	2.78	2.51	2.53	7.75
17:00	2.90	2.51	2.65	2.60	2.67	7.34
18:00	2.74	2.52	2.44	2.71	2.60	7.54
19:00	2.64	2.72	2.70	2.62	2.67	7.34
20:00	2.86	2.77	2.69	2.51	2.71	7.23
21:00	2.32	2.52	2.30	2.41	2.39	8.20
<b>Caudal promedio en el día</b>						<b>8.51</b>

(\*) Caudal máximo en el día (Q<sub>máx</sub>)

### Anexo No. 6 Caudales área rural

#### a. Descarga cantón El Delirio

En este punto se determinó que se genera un caudal de 0.70 L/s durante 16 horas, equivalente a un caudal promedio por día de 60.48m<sup>3</sup>/día y 60,480 L/día. Se identificó que hubo mayor generación de agua a las 5:00 de la mañana con un caudal 1.13 litros por segundo, siendo éste el caudal máximo en el día.

**Cuadro No. 16** Caudales descarga cantón El Delirio

Hora	Tiempos de llenado (segundos)				Tiempo promedio de llenado (segundos)	Caudal (L/s)
5:00	16.39	17.95	17.67	17.33	17.34	1.13 *
6:00	20.54	23.75	22.33	18.04	21.17	0.93
7:00	19.61	31.42	28.98	30.91	27.73	0.71
8:00	18.02	23.63	18.81	16.77	19.31	1.02
9:00	19.64	22.60	32.76	26.28	25.32	0.77
10:00	52.11	40.96	41.42	41.76	44.06	0.44
11:00	74.40	79.80	55.15	53.56	65.73	0.30
12:00	38.02	39.09	34.80	40.94	38.21	0.51
13:00	30	28.26	31.23	35	31.12	0.63
14:00	23.95	22.62	23.52	24.84	23.73	0.83
15:00	24.12	22.77	19.04	16.50	20.61	0.95
16:00	26.58	33.33	38.86	37.57	34.09	0.57
17:00	22.45	21.46	25.07	26.01	23.75	0.83
18:00	44.63	49.92	49.84	42.16	46.64	0.42
19:00	30.13	26.94	22.17	21.03	25.07	0.78
20:00	91.80	82.20	91.20	85.20	87.60	0.22
21:00	275.40	195	0.00	0.00	117.60	0.17
<b>Caudal medio en el día</b>						<b>0.70</b>

(\*) Caudal máximo en el día (Q<sub>máx</sub>)

**b. Descarga cantón Santa Teresa**

En este punto se determinó que se genera un caudal de 2.74 L/s durante 16 horas, equivalente a un caudal promedio por día de 236.736 m<sup>3</sup>/día y 236,736 L/día. Se identificó que hubo mayor generación de agua a las 10:00 de la mañana con un caudal 3.84 litros por segundo, siendo éste el caudal máximo en el día.

**Cuadro No. 17** Caudales descarga cantón Santa Teresa

Hora	Tiempos de llenado (segundos)				Tiempo promedio de llenado (segundos)	Caudal (L/s)
5:00	8.08,	8.75	8.70	8.58	8.53	2.30
6:00	8.24	8.17	6.60	8.07	7.77	2.52
7:00	7.80	7.73	7.63	7.42	7.65	2.56
8:00	7.48	7.43	7.36	7.27	7.39	2.65
9:00	5.91	6.18	5.93	6.20	6.06	3.23
10:00	5.99	4.76	4.76	4.87	5.10	3.84 *
11:00	26.88	29.14	25.14	27.60	27.19	0.72
12:00	23.52	24.25	20.81	15.30	20.97	0.93
13:00	6.92	7.50	7.54	6.06	7.01	2.80
14:00	7.36	7.30	7.21	7.35	7.31	2.68
15:00	6.87	7.02	6.85	6.26	6.75	2.90
16:00	7.96	7.88	7.81	7.56	7.80	2.51
17:00	6.80	6.70	5.95	6.82	6.57	2.98
18:00	6.57	6.79	7.17	7.26	6.95	2.82
19:00	5.95	6.56	6.40	6.25	6.29	3.12
20:00	7.12	7.10	7.07	7.39	7.17	2.73
21:00	7.45	7.59	7.60	8.01	7.66	2.56
<b>Caudal medio en el día</b>						<b>2.74</b>

(\*) Caudal máximo en el día (Q<sub>máx</sub>)



## Anexo No. 7 Informes de resultados de análisis de laboratorio



Dirección: 1era. Avenida 0-20, zona 2  
Colonia "Los Alamos"  
Mazatenango, Suchitapéquez  
e-mail: labaguascunuroo@gmail.com

### Informe de Resultados de Análisis

#### -DATOS DEL CUENTE-

Cliente: Municipalidad de Cuyotenango, Suchitapéquez  
Responsable: Jorge Arturo Reyes Ceballos  
Dirección: Municipio de Cuyotenango, Suchitapéquez

No. certificado: 030

#### -DATOS DE LA MUESTRA-

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

Muestra Simple o compuesta: Simple  
Fecha de Muestreo: 24-05-2017  
Hora de muestreo: 3:00 pm  
Código de muestra: ICEN

#### -DATOS DE LABORATORIO-

Fecha de recepción de la muestra en el laboratorio: 24-05-2017  
Hora de recepción de la muestra por el laboratorio: 5:00 pm  
Fecha de inicio de análisis: 25-05-2017  
Hora de inicio de análisis: 9:15 am  
Fecha de Informe: 19-06-17  
Analista: Andrea Michelle González Babanales

PARÁMETRO	DIMENSIONAL (U)	ETAPA UNO (U)	RESULTADO	METODOLOGIA UTILIZADA
Temperatura	°C	TCR +/- 7	26	SMEWW Part 2550 D
Grasas y aceites	mg/L	50	88.54	SMEWW 5520 D
Materia flotante	---	Ausente	Presente	---
Sólidos suspendidos	mg/L	275	369.55	SMEWW
Nitrógeno total	mg/L - N	150	2.9	DIN EN ISO 11905-1
Fósforo total	mg/L - P	40	1.48	DIN EN ISO 6878
Potencial de hidrogeno (pH)	---	6 a 9	7.49	SMEWW
Coliformes fecales	NMP/100ml	<1 x 10 <sup>7</sup>	22400	SMEWW 9223 E-1, D-1
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	mg/L - O <sub>2</sub>	250	221	SMEWW Part 5210 B
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L - O <sub>2</sub>	---	275	ASTM D1253-06B
Arsénico	mg/L - As	0.1	0.029	USM 3500-As
Cadmio	mg/L - Cd	0.1	0.021	EPA 200.7 Rev. 4.4
Cianuro total	mg/L - CN	1	0.015	ASTM D2036-09D
Cobre	mg/L - Cu	3	0.02	EPA 200.7 Rev. 4.4
Cromo hexavalente	mg/L - Cr	0.1	<0.05	APHA 3500-Cr
Níquel	mg/L - Ni	2	0.38	EPA 200.7 Rev. 4.4
Plomo	mg/L - Pb	0.4	<0.10	EPA 200.7 Rev. 4.4
Zinc	mg/L - Zn	10	0.84	EPA 200.7 Rev. 4.4
Color	U Pt-Co	1000	100	EPA 200.7 Rev. 4.4

(1) mg/L = miligramos por litro, SÓLO SI SE MENCIONA EN NUESTRO RESULTADO POR 100 mililitros, si Pt-Co = unidades platino cobalto  
(2) Límites máximos permisibles para la etapa uno establecidos en el Acuerdo Gubernativo 119-2016, suscrito del Acuerdo Gubernativo 236-2006 con fecha máxima de cumplimiento el día de mayo de este mil dieciocho.

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

*Andrea Michelle González Babanales*  
Laboratorio de Aguas IGAL-CUNSUROO

*Jorge Arturo Reyes Ceballos*  
Gerente Municipal  
Cuyotenango, P. A. J. J.

Vs. Sr. *Jorge Arturo Reyes Ceballos* Sr.  
Dr. Guillermo Talo  
Director Centro Universitario de Sur Occidente - CUNSUROO.



Figura No. 2 Informe de análisis descarga Central



Dirección: 1era. Avenida 9-20, zona 2  
 Colonia "Los Almendros"  
 Mazatenango, Suchitpéquez  
 e-mail: labaguascunuro@gmail.com

**Informe de Resultados de Análisis**

**-DATOS DEL CLIENTE-**

Cliente: Municipalidad de Cuyotenango, Suchitpéquez  
 Responsable: Jorge Arturo Reyes Ceballos  
 Dirección: Municipio de Cuyotenango, Suchitpéquez

No. certificado: 039

**-DATOS DE LA MUESTRA-**

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

Muestra Simple o compuesta: Simple  
 Fecha de Muestreo: 24-05-2017  
 Hora de muestreo: 4:00 pm  
 Código de muestra: 2CIR

**-DATOS DE LABORATORIO-**

Fecha de recepción de la muestra en el laboratorio: 24-05-2017  
 Hora de recepción de la muestra por el laboratorio: 05:30 pm  
 Fecha de inicio de análisis: 25-05-2017  
 Analista: Andrea Michelle González Rabanales  
 Hora de inicio de análisis: 9:15 am  
 Fecha de Informe: 13-05-17

PARÁMETRO	DIMENSIONAL (1)	LMP ETAPA UNO (2)	RESULTADO	METODOLOGIA UTILIZADA
Temperatura	°C	TCR +/- 7	26.2	SMEWW Part 2550 B
Grasas y aceites	mg/L	50	143.80	SMEWW 5520 D
Materia flotante	---	Ausente	Presente	---
Sólidos suspendidos	mg/L	275	150.24	SMEWW
Nitrógeno total	mg/L - N	150	4.1	DIN EN ISO 11905-1
Fósforo total	mg/L - P	40	1.55	DIN EN ISO 6878
Potencial de hidrogeno (pH)	---	6 a 9	7.10	SMEWW
Coliformes fecales	NMP/100ml	<1 x 10 <sup>2</sup>	≥2400	SMEWW 9221 E-1, E-2
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	mg/L - O <sub>2</sub>	250	61	SMEWW Part 5210 B
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L - O <sub>2</sub>	---	78	ASTM D1252-06B
Arsénico	mg/L - As	0.1	0.034	USM 8500-As
Cadmio	mg/L - Cd	0.1	0.039	EPA 200.7 Rev. 4.4
Cianuro total	mg/L - CN	1	0.008	ASTM D2036-09D
Cobre	mg/L - Cu	3	<0.10	EPA 200.7 Rev. 4.4
Cromo hexavalente	mg/L - Cr	0.1	0.02	APHA 3500-Cr
Níquel	mg/L - Ni	2	0.063	EPA 200.7 Rev. 4.4
Plomo	mg/L - Pb	0.4	0.17	EPA 200.7 Rev. 4.4
Zinc	mg/L - Zn	10	0.32	EPA 200.7 Rev. 4.4
Color	u Pt-Co	1000	100	EPA 200.7 Rev. 4.4

(1) mg/L = miligramos por litro, NMP/100ml = número más probable por 100 mililitros, u Pt-Co = unidades platino cobalto  
 (2) Límites máximos permisibles para la etapa uno establecida en el Acuerdo Gubernativo 110-2016, emitido del Acuerdo Gubernativo 238-2005 con fecha máxima de cumplimiento el día de mayo de dos mil diecinueve

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

*Andrea Michelle González Rabanales*  
 Laboratorio de Aguas IGALCUNSUROC

**Eda Karen Roldán Pérez Céspedes**  
 Oficina Juramentada  
 Calle # 493

Vs. Bn. *[Firma]* Sello  
 Dr. Guillermo Tello  
 Director Centro Universitario de Sur Occidente - CUNSUROC.



**Figura No. 3 Informe de análisis descarga Circunvalación**



Dirección: 1era. Avenida 0-26, zona 2  
 Colonia "Los Almendros"  
 Mazatenango, Suchitepéquez  
 e-mail: labaguascunuroc@gmail.com

**Informe de Resultados de Análisis**

**-DATOS DEL CLIENTE-**

Cliente: Municipalidad de Cuyotenango, Suchitepéquez  
 Responsable: Jorge Arturo Reyes Ceballos  
 Dirección: Municipio de Cuyotenango, Suchitepéquez

No. certificado: 041

**-DATOS DE LA MUESTRA-**

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

Muestra Simple o compuesta: Simple  
 Fecha de Muestreo: 24-05-17  
 Hora de muestreo: 06:00 am  
 Código de muestra: 4CRUZ

**-DATOS DE LABORATORIO-**

Fecha de recepción de la muestra en el laboratorio: 24-05-17  
 Hora de recepción de la muestra por el laboratorio: 3:30 pm  
 Fecha de inicio de análisis: 25-05-17  
 Hora de inicio de análisis: 9:15 am  
 Analista: Andrea Michelle González Rabanales  
 Fecha de Informe: 13-06-17

PARÁMETRO	DIMENSIONAL (1)	LMP ETAPA UNO (2)	RESULTADO	METODOLOGIA UTILIZADA
Temperatura	°C	TCR +/- 7	25.9	SMEWW Part 2550 B
Grasas y aceites	mg/L	50	114.73	SMEWW 5520 D
Materia flotante	---	Ausente	Presente	---
Sólidos suspendidos	mg/L	275	351.96	SMEWW
Nitrógeno total	mg/L - N	150	2.4	DIN EN ISO 11905-1
Fósforo total	mg/L - P	40	1.15	DIN EN ISO 6878
Potencial de hidrogeno (pH)	---	6 a 9	7.48	SMEWW
Coliformes fecales	NMP/100ml	<1 x 10 <sup>3</sup>	22400	SMEWW 0221 E-1, E-2
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	mg/L - O <sub>2</sub>	250	130	SMEWW Part 5210 B
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L - O <sub>2</sub>	---	162	ASTM D1253-06B
Arsénico	mg/L - As	0.1	0.046	USM 3500-As
Cadmio	mg/L - Cd	0.1	0.051	EPA 200.7 Rev. 4.4
Cianuro total	mg/L - CN	1	0.013	ASTM D2026-09D
Cobre	mg/L - Cu	3	0.07	EPA 200.7 Rev. 4.4
Cromo hexavalente	mg/L - Cr	0.1	<0.05	APHA 3500-Cr
Níquel	mg/L - Ni	2	0.059	EPA 200.7 Rev. 4.4
Plomo	mg/L - Pb	0.4	0.09	EPA 200.7 Rev. 4.4
Zinc	mg/L - Zn	10	0.37	EPA 200.7 Rev. 4.4
Color	u Pt-Co	1000	100	EPA 200.7 Rev. 4.4

(1) mg/L = miligramos por litro, NMP/100ml = número más probable por 100 mililitros, u Pt-Co = unidades platino cobalto  
 (2) Límites máximos permisibles para la etapa uno establecida en el Acuerdo Gubernativo 110-0016, emenda del Acuerdo Gubernativo 230-2006 con fecha máxima de cumplimiento el seis de mayo de dos mil diecinueve

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

Laboratorio de Aguas IGAL/CUNSUROC

**Calle Nueva Edificios Para Cuyotenango**  
**Quinta Juramentada**  
**Colegio de No. 2473**

Vo.Bo. Sello

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

**Figura No. 4** Informe de análisis descarga Calle La Cruz



Dirección: 1era. Avenida D-20, zona 2  
 Colonia "Los Almendros"  
 Mazatenango, Suchitpéquez  
 e-mail: labaguasoursuroc@gmail.com

**Informe de Resultados de Análisis**

**-DATOS DEL CLIENTE-**

Cliente: Municipalidad de Cuyotenango, Suchitpéquez  
 Responsable: Jorge Arturo Reyes Ceballos  
 Dirección: Municipio de Cuyotenango, Suchitpéquez

No. certificado: 042

**-DATOS DE LA MUESTRA-**

Lugar de muestreo: El Delirio  
 Responsable de Muestreo: Betsaida Barrientos  
 Temperatura de Almacenaje: 5 °C  
 Tipo de muestra: Agua residual ordinaria  
 Recipientes utilizados: Plástico y vidrio (provistos por el laboratorio de Aguas IGALCUNSUROC)  
 Método de preservación: ácido sulfúrico hasta pH menor a 2 en muestra de grasas y aceites

Muestra Simple o compuesta: Simple  
 Fecha de Muestreo: 25-05-17  
 Hora de muestreo: 05:00 am  
 Código de muestra: 5D

**-DATOS DE LABORATORIO-**

Fecha de recepción de la muestra en el laboratorio: 25-05-17  
 Hora de recepción de la muestra por el laboratorio: 3:30 pm  
 Fecha de inicio de análisis: 26-05-17  
 Analista: Andrea Michelle González Rabanales  
 Hora de inicio de análisis: 9:15 am  
 Fecha de Informe: 13-06-17

PARÁMETRO	DIMENSIONAL (1)	LMP ETAPA UNO (2)	RESULTADO	METODOLOGIA UTILIZADA
Temperatura	°C	TCR +/- 7	25.3	SMEWW Part 2550 B
Grasas y aceites	mg/L	50	315.09	SMEWW 5520 b
Materia flotante	-----	Ausente	Presente	-----
Sólidos suspendidos	mg/L	275	968.28	SMEWW
Nitrógeno total	mg/L - N	150	4.5	DIN EN ISO 11905-1
Fósforo total	mg/L - P	40	6.43	DIN EN ISO 6878
Potencial de hidrogeno (pH)	---	6 a 9	7.46	SMEWW
Coliformes fecales	NMP/100ml	<1 x 10 <sup>7</sup>	≥2400	SMEWW 9221 E-1, E-2
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	mg/L - O <sub>2</sub>	250	1274	SMEWW Part 5210 B
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L - O <sub>2</sub>	-----	1305	ASTM D1252-06B
Arsénico	mg/L - As	0.1	0.034	USSM 3500-As
Cadmio	mg/L - Cd	0.1	0.039	EPA 200.7 Rev. 4.4
Cianuro total	mg/L - CN	1	0.002	ASTM D2086-09D
Cobre	mg/L - Cu	3	0.95	EPA 200.7 Rev. 4.4
Cromo hexavalente	mg/L - Cr	0.1	0.27	APHA 3500-Cr
Níquel	mg/L - Ni	2	3.88	EPA 200.7 Rev. 4.4
Plomo	mg/L - Pb	0.4	1.68	EPA 200.7 Rev. 4.4
Zinc	mg/L - Zn	10	0.29	EPA 200.7 Rev. 4.4
Color	u Pt-Co	1000	200	EPA 200.7 Rev. 4.4

(1) mg/L = miligramos por litro, NMP/100ml = número más probable por 100 mililitros, u Pt-Co = unidades platino cobalto  
 (2) Límites máximos permisibles para la etapa uno establecida en el Acuerdo Gubernativo 110-2010, emitiendo del Acuerdo Gubernativo 230-2009 con fecha máxima de cumplimiento el seis de mayo de dos mil dieciocho

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

*Andrea Michelle González Rabanales*  
 Laboratorio de Aguas IGALCUNSUROC

**Cda. Karla Rebeca Pérez Céspedes**  
 Químico Ambiental  
 Colegiada No. 2473

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



**Figura No. 5** Informe de análisis descarga cantón El Delirio



Dirección: 1era. Avenida 0-20, zona 2  
 Colonia "Los Almendras"  
 Mazatenango, Suchitepéquez  
 e-mail: labaguascunsuroc@gmail.com

**Informe de Resultados de Análisis**

**-DATOS DEL CLIENTE-**

Cliente: Municipalidad de Cuyotenango, Suchitepéquez  
 Responsable: Jorge Arturo Reyes Ceballos  
 Dirección: Municipio de Cuyotenango, Suchitepéquez

No. certificado: 044

**-DATOS DE LA MUESTRA-**

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

Muestra Simple o compuesta: Simple  
 Fecha de Muestreo: 25-05-17  
 Hora de muestreo: 10:00 am  
 Código de muestra: 75T

**-DATOS DE LABORATORIO-**

Fecha de recepción de la muestra en el laboratorio: 25-05-17  
 Hora de recepción de la muestra por el laboratorio: 3:30 pm  
 Fecha de inicio de análisis: 26-05-17  
 Hora de inicio de análisis: 9:15 am  
 Analista: Andrea Mishelle González Rabanales  
 Fecha de Informe: 13-06-17

PARÁMETRO	DIMENSIONAL (1)	LMP ETAPA UNO (2)	RESULTADO	METODOLOGIA UTILIZADA
Temperatura	°C	TCR +/- 7	26	SMEWW Part 2550 B
Grasas y aceites	mg/L	50	90	SMEWW 5520 D
Materia flotante	---	Ausente	Presente	---
Sólidos suspendidos	mg/L	275	310.38	SMEWW
Nitrógeno total	mg/L - N	150	1.3	DIN EN ISO 11903-1
Fósforo total	mg/L - P	40	1.95	DIN EN ISO 6878
Potencial de hidrogeno (pH)	---	6 a 9	7.54	SMEWW
Coliformes fecales	NMP/100ml	<1 x 10 <sup>2</sup>	≥2400	SMEWW 9221 F-1, F-2
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	mg/L - O <sub>2</sub>	250	113	SMEWW Part 5210 B
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L - O <sub>2</sub>	---	736	ASTM D1252-06B
Arsénico	mg/L - As	0.1	0.046	USSM 3500-As
Cadmio	mg/L - Cd	0.1	0.061	EPA 200.7 Rev. 4.4
Cianuro total	mg/L - CN	1	<0.010	ASTM D2036-09D
Cobre	mg/L - Cu	3	0.13	EPA 200.7 Rev. 4.4
Cromo hexavalente	mg/L - Cr	0.1	0.07	APHA 3500-Cr
Níquel	mg/L - Ni	2	0.80	EPA 200.7 Rev. 4.4
Plomo	mg/L - Pb	0.4	0.36	EPA 200.7 Rev. 4.4
Zinc	mg/L - Zn	10	0.40	EPA 200.7 Rev. 4.4
Color	u Pt-Co	1000	150	EPA 200.7 Rev. 4.4

(1) mg/L = miligramos por litro, NMP/100ml = número más probable por 100 mililitros, u Pt-Co = unidades platino cobalto  
 (2) Límites máximos permisibles para la etapa uno establecida en el Acuerdo Gubernativo 110-2016, enmienda del Acuerdo Gubernativo 290-2000 con fecha máxima de cumplimiento el seis de mayo de dos mil diecisiete.

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

*Andrea Mishelle González Rabanales*  
 Laboratorio de Aguas IGAL/CUNSUROC

**Eda Karen Helena Pérez Ceballos**  
 Oficina Ejecutiva de  
 Catastro No. 2473

vs. Bo. *[Firma]* Sello  
 Director Centro Universitario de Sur Occidente - CUNSUROC



**Figura No. 6** Informe de análisis descarga cantón Santa Teresa

## Anexo No. 8 Cálculos de carga contaminante

### a) Descarga Central

Ejemplo de cálculo:

$$\text{Carga contaminante (CC)} = \frac{221\text{mg}}{\text{L}} * \frac{12.41\text{L}}{\text{s}} * 0.0864$$

$$\text{Carga contaminante (CC)} = \mathbf{236.96 \text{ kg/día}}$$

### b) Descarga Circunvalación

$$\text{Carga contaminante (CC)} = \mathbf{74.58 \text{ kg/día}}$$

### c) Descarga Calle La Cruz

$$\text{Carga contaminante (CC)} = \mathbf{103.90 \text{ kg/día}}$$

### d) Descarga cantón El Delirio

$$\text{Carga contaminante (CC)} = \mathbf{124.38 \text{ kg/día}}$$

### e) Descarga cantón Santa Teresa

$$\text{Carga contaminante (CC)} = \mathbf{37.49 \text{ kg/día}}$$

## Anexo No. 9 Cálculos criterios de diseño

Los criterios de diseño se determinaron a través de los siguientes cálculos:

### 1) Descarga Central

Ejemplo de cálculos:

#### a) Cálculo población actual

$$\text{Población actual} = \frac{Q}{\text{DOT}}$$

$$\text{Población actual} = \frac{843,260 \text{ L/día}}{200 \frac{\text{L}}{\text{hab}} \text{ día}}$$

$$\text{Población actual} = 4,216.3 \approx \mathbf{4,217}$$

Retorno: de la utilización el 80% es devuelto a los drenajes

$$\text{Población actual} = 4,217/0.80$$

$$\text{Población actual} = 5,271.25 \approx \mathbf{5,272 \text{ Habitantes}}$$

#### b) Cálculo de población futura

$$P_n = P_1(1 + r)^n$$

$$P_n = 5,272(1 + 0.025)^{20}$$

$$P_n = 8,638.78 \approx \mathbf{8,639 \text{ Habitantes}}$$

#### c) Caudal futuro

$$\text{Caudal futuro} = \text{DOT} * F * 80\%$$

$$\text{Caudal futuro} = \frac{200 \frac{\text{L}}{\text{Hab}}}{\text{día}} * 8,639 \text{ Habitantes} * 80\%$$

$$\text{Caudal futuro} = \mathbf{1,382,240 \text{ L/día}}$$

$$\text{Caudal futuro} = \mathbf{1,382.24 \text{ m}^3/\text{día}}$$

## 2) Descarga Circunvalación

a) Población actual

$$\text{Población actual} = 5,751.25 \approx \mathbf{5,752} \text{ Habitantes}$$

b) Población futura

$$F = 9,425.32 \approx \mathbf{9,426} \text{ Habitantes}$$

c) Caudal futuro

$$\text{Caudal futuro} = \mathbf{1,508,160} \text{ L/día}$$

$$\text{Caudal futuro} = \mathbf{1,508.16} \text{ m}^3/\text{día}$$

## 3) Descarga cantón El Delirio

a) Población actual

$$\text{Población actual} = 378.75 \approx \mathbf{379} \text{ Habitantes}$$

b) Población futura

$$F = A(1 + i)^n$$

$$F = 379(1 + 0.025)^{20}$$

$$F = 621.03 \approx \mathbf{622} \text{ Habitantes}$$

c) Caudal futuro

$$\text{Caudal futuro} = \mathbf{74,649} \text{ L/día}$$

$$\text{Caudal futuro} = \mathbf{74.649} \text{ m}^3/\text{día}$$



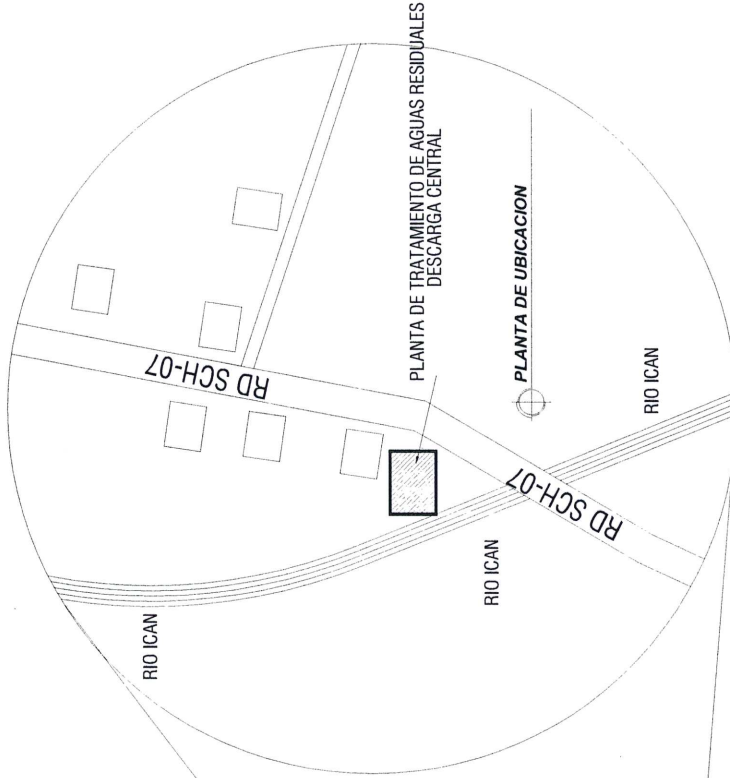
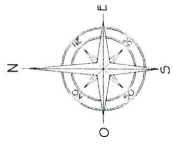
### Anexo No. 10 Formato de medición de parámetros in situ

Formato de obtención de datos de campo y parámetros *in situ* medidos.

**Cuadro No. 18** Formato de medición de parámetros in situ

Punto de descarga	Hora	pH	Temperatura	Materia flotante
Descarga Central	3:00 pm	7.49	26°C	Presente
Descarga Circunvalación	4:00 pm	7.10	26.2°C	Presente
Calle "La Cruz"	6:00 am	7.48	25.9°C	Presente
Cantón "El Delirio"	5:00 am	7.47	25.3°C	Presente
Cantón Santa Teresa	10:00 am	7.54	26°C	Presente

## **Anexo No. 11 Planos de sistemas de tratamiento**

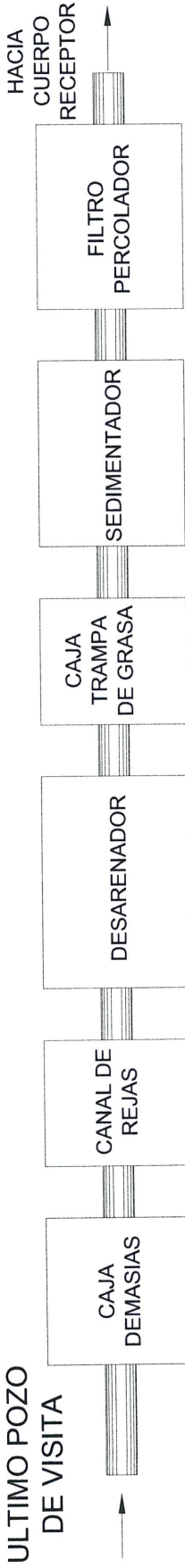


<b>PROYECTO: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DESCARGA CENTRAL</b>	
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA INGENIERIA AMBIENTAL U.S.C.	AUTOR: CAYETANO SICHENTRIZ ESTUDIA MICHEL BARRETO ALVARO
CONTENIDO: DIAGRAMA P.T.A.R. + CALA DE MASIAS ASESOR EN PLANOS: ING. ALAN FERNANDO CASTRO CECIL	No. DE OBRAS: 20134131 ESCALA: INDICADA
FECHA: NOVIEMBRE 2017	No. DE OBRAS: 01 INDICADA: 09

**PLANTA DE LOCALIZACION**



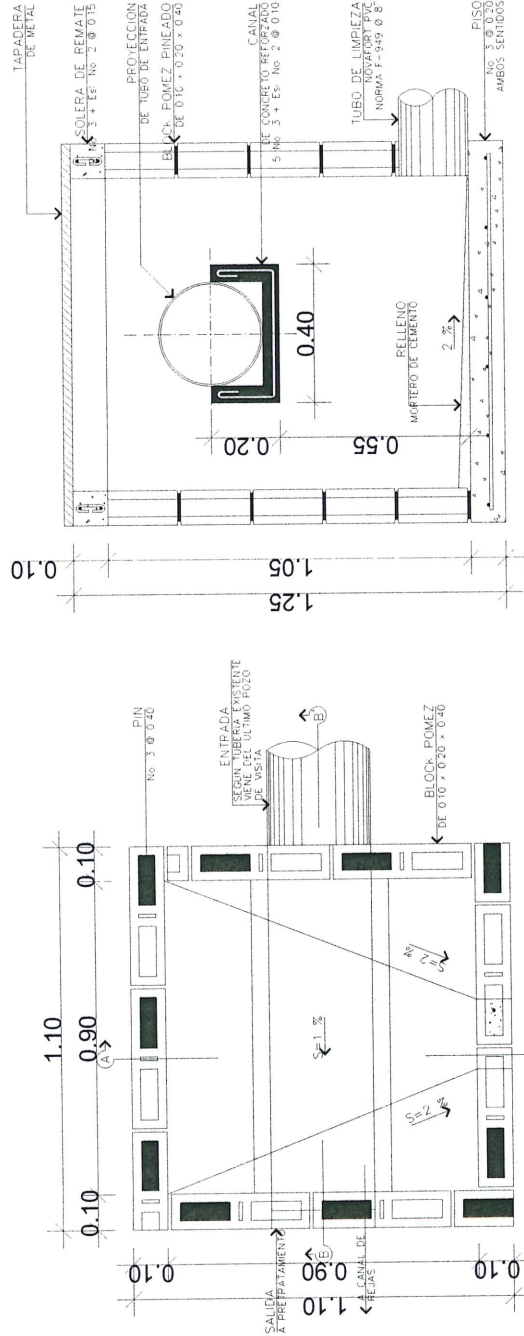
VIENE DEL  
ULTIMO POZO  
DE VISITA



PRETRATAMIENTO

DIAGRAMA DE PLANTA DE TRATAMIENTO

ESCALA 1 : 30



PLANTA DE CAJA DE DEMASIAS

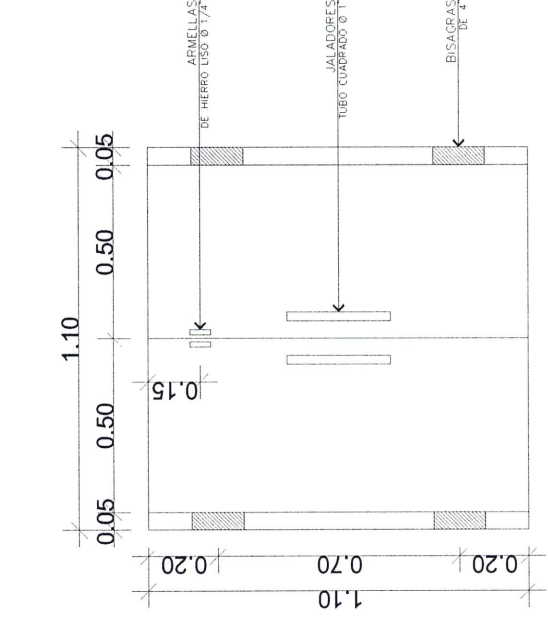
ESCALA 1 : 20

SECCION A - A'

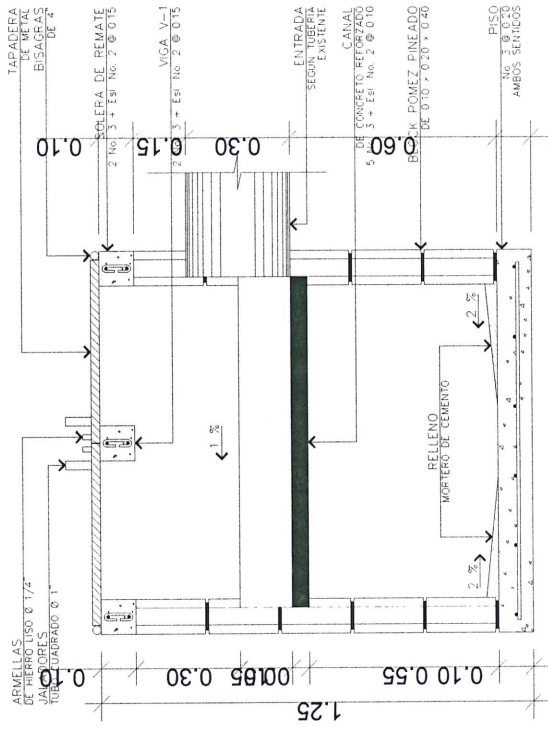
DE CAJA DE DEMASIAS

ESCALA 1 : 20

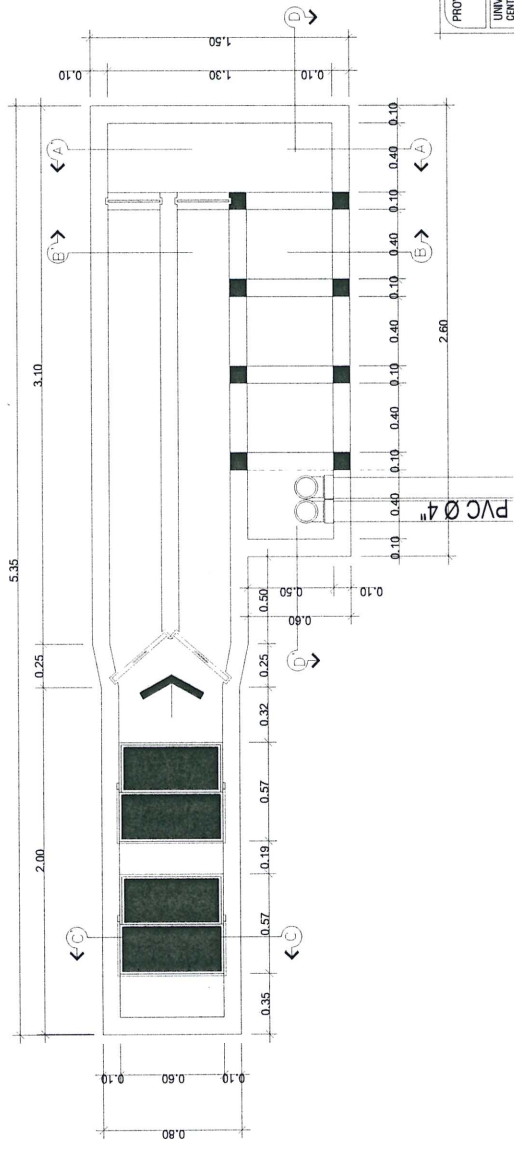
<b>PROYECTO: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DESCARGA CENTRAL</b>	
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA CENTRO DE INVESTIGACIONES Y SERVICIOS INGENIERIA AMBIENTAL LOCAL	AUTORIA: CONTINUADOS SORDINOS DISEÑO: MICHELL MARRITOS A VARELA NO. DE CARGA: 20140311
CONTENIDO: DIAGRAMA P.T.A.R. + CAJA DEMASIAS ING. ALVARO FERRANDO CASTRO GUEZ	FECHA: NOVIEMBRE 2017 ESCALA: INDICADA
PÁG. N.º 02 / 09	N.º B.º



PLANTA DE TAPADERA  
DE CAJA DE DEMASIAS ESCALA 1:20

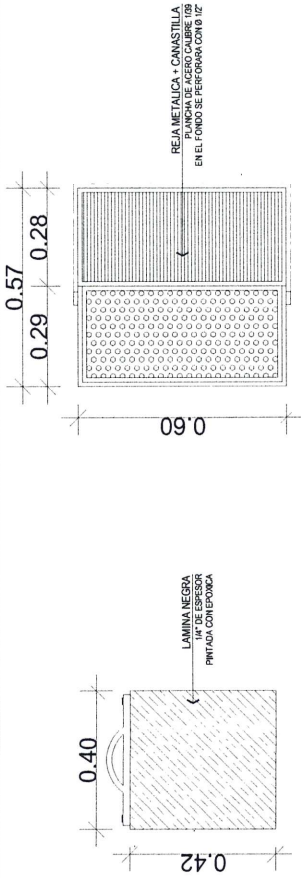


SECCION B - B'  
DE CAJA DE DEMASIAS ESCALA 1:20



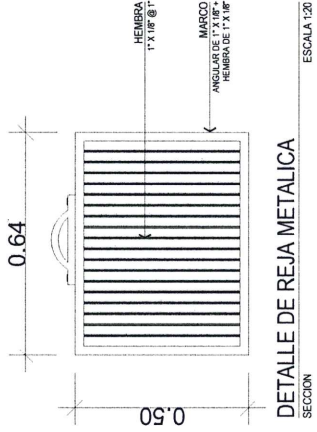
PLANTA DE CAJA DE REJAS Y DESARENADOR  
ESCALA 1:40

PROYECTO: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DESCARGA CENTRAL	
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA CENTRO UNIVERSITARIO DE SAN OCCIDENTE INGENIERIA AMBIENTAL LOCAL	INSTITUCION: INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS BETSADA MICHELL IRRIBARRIZ-AI VARDOL
CONTENIDO: DETALLES CAJA DEMASIAS - PLANTA DE CANAL DE REJAS Y DESARENADOR	FECHA: 03/09/2017
ASISISTENTE EN PLANOS: ING. ALAN FERNANDO CASTRO CERCO	ESCALA: INDICADA
FECHA: NOVIEMBRE 2017	09

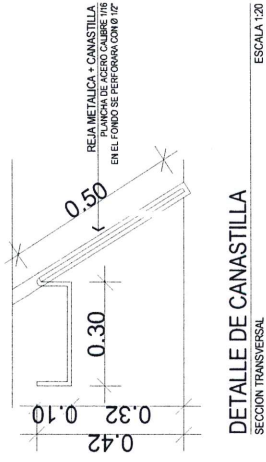


DETALLE DE COMPUERTA  
SECCION ESCALA 1:20

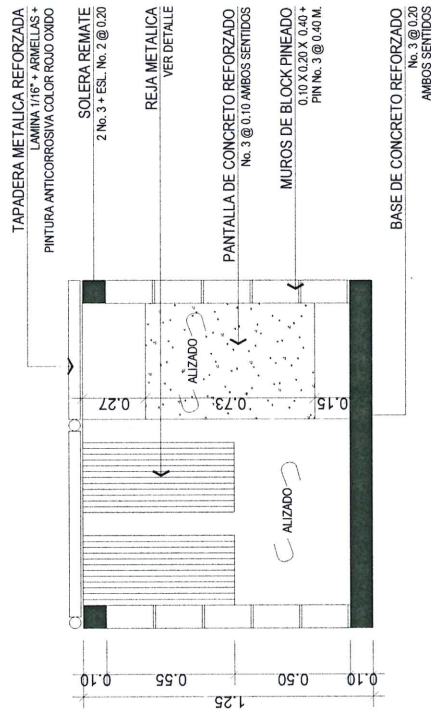
DETALLE DE CANASTILLA  
PUNTA ESCALA 1:20



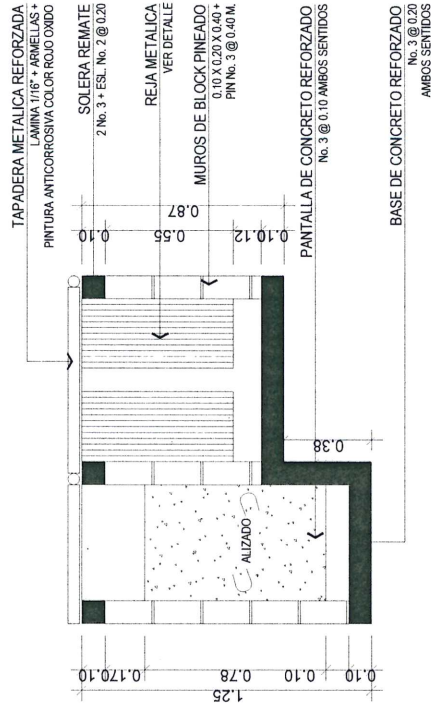
DETALLE DE REJA METALICA  
SECCION ESCALA 1:20



DETALLE DE CANASTILLA  
SECCION TRANSVERSAL ESCALA 1:20

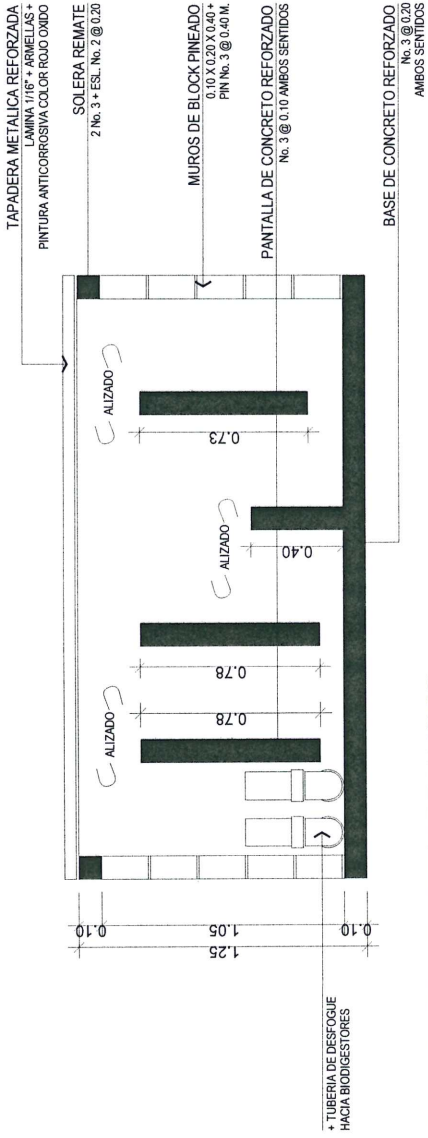


CAJA DE REJAS Y DESARENADOR SECCION A-A-  
SECCION B-B ESCALA 1:30



CAJA DE REJAS Y DESARENADOR  
SECCION B-B ESCALA 1:30

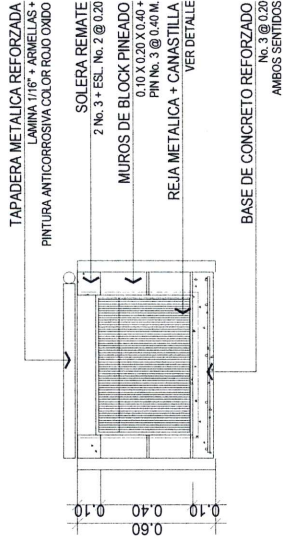
PROYECTO: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DESCARGA CENTRAL	
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA CARRERAS DE INGENIERIA INGENIERIA AMBIENTAL LOCAL	UNIDAD: CONTINGENTE SICHTIVOLZ BETSIADA MICHEL BARRENTOS ALVARADO
CONTENIDO: DETALLES DE CANAL DE REJAS Y DESARENADOR T.M. ALAN FERRANDO CASTRO GUECH	No. DE DISEÑO: 20140131
ASESOR EN PLANOS: ESCALA: INDIANA	FECHA: NOVIEMBRE 2017
	04 / 09



### CAJA DE REJAS Y DESAREANADOR

SECCION D-D'

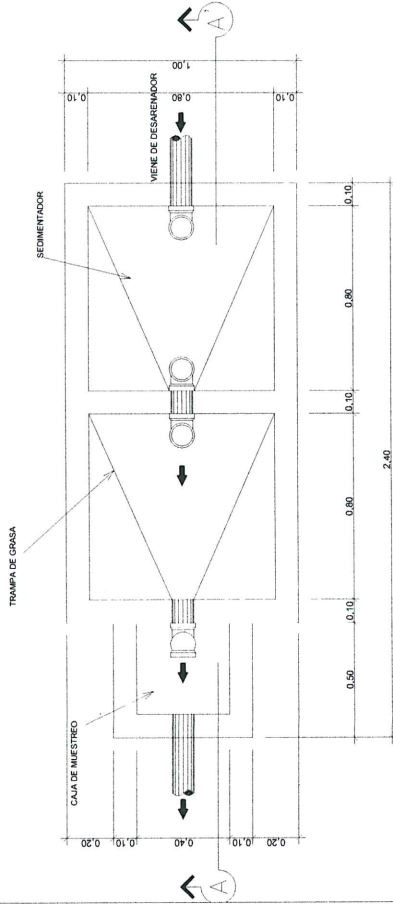
ESCALA 1:30



### CAJA DE REJAS Y DESAREANADOR

SECCION C-C'

ESCALA 1:30



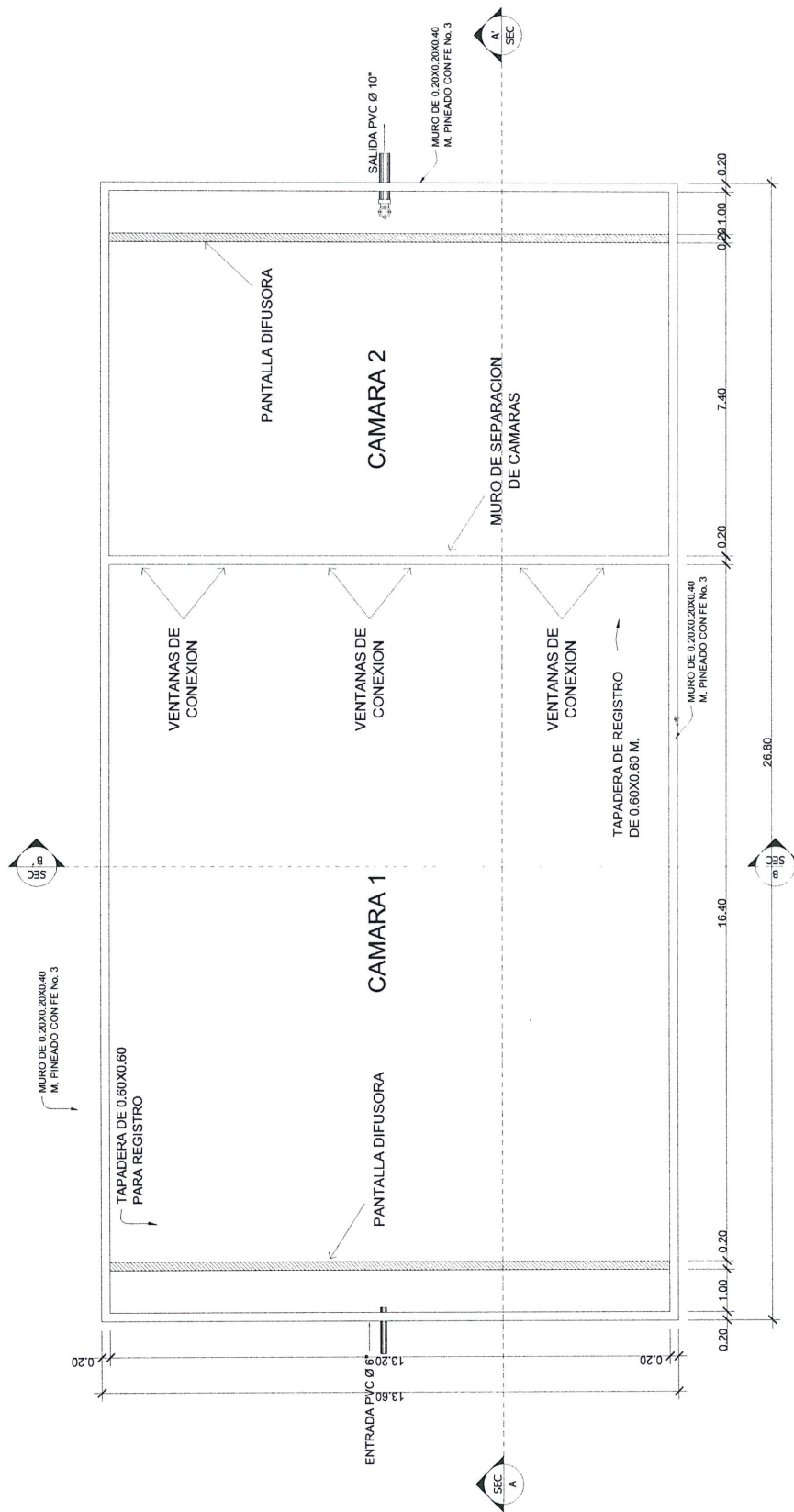
### PLANTA CAJA TRAMPA DE GRASA

ESCALA 1:30

### SECCION A - A TRAMPA DE GRASA

ESCALA 1:30

PROYECTO: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DESCARGA CENTRAL	
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA CENTRO UNIVERSITARIO DE SUR OCCIDENTE INGENIERIA AMBIENTAL LOCAL	INSTITUTO: CREDITUMAGS SICHRETIQUET BTSI SANGA MICHELL IRRIBERTOS ALVARADO No. 26 CAYE 20130313
CONTENIDOS: DETALLES DE CANAL DE REJAS Y DESAREANADOR PLANTA Y SECCION DE TRAMPA DE GRASA	FECHA: 05/09
ASESOR EN PLANOS: ING. JUAN FERNANDO CASTRO CUEVA	FECHA: NOVIEMBRE 2017
ESCALA: INDICADA	09

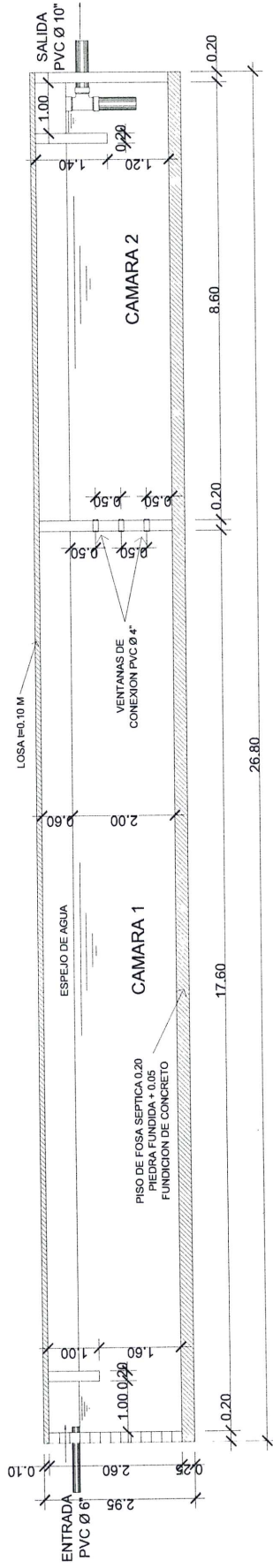


# PLANTA FOSA SEPTICA

ESCALA 1:50

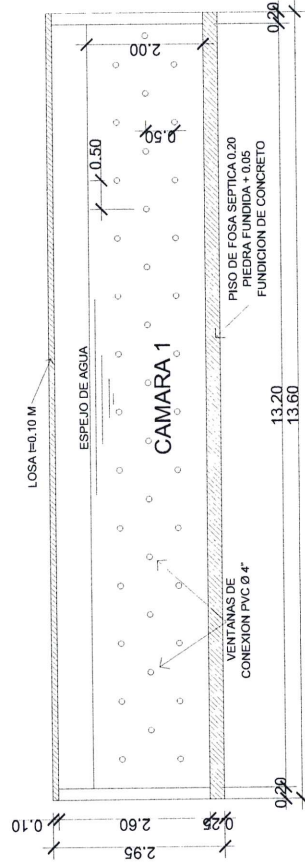
PROYECTO: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DESCARGA CENTRAL	
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA CENTRO UNIVERSITARIO DE SAN OCCIDENTE INGENIERIA AMBIENTAL USAC	UNIVERSIDAD DE GUATEMALA INGENIERIA AMBIENTAL USAC
CONTENIDO: PLANTA DE FOSA SEPTICA	FECHA: 06
ASesor EN PLANOS: ING. ALLAN FERNANDO CASTRO CUEVA	FECHA: NOVIEMBRE 2017
ESCALA: INDICADA	FECHA: 09





# SECCION A - A FOSA SEPTICA

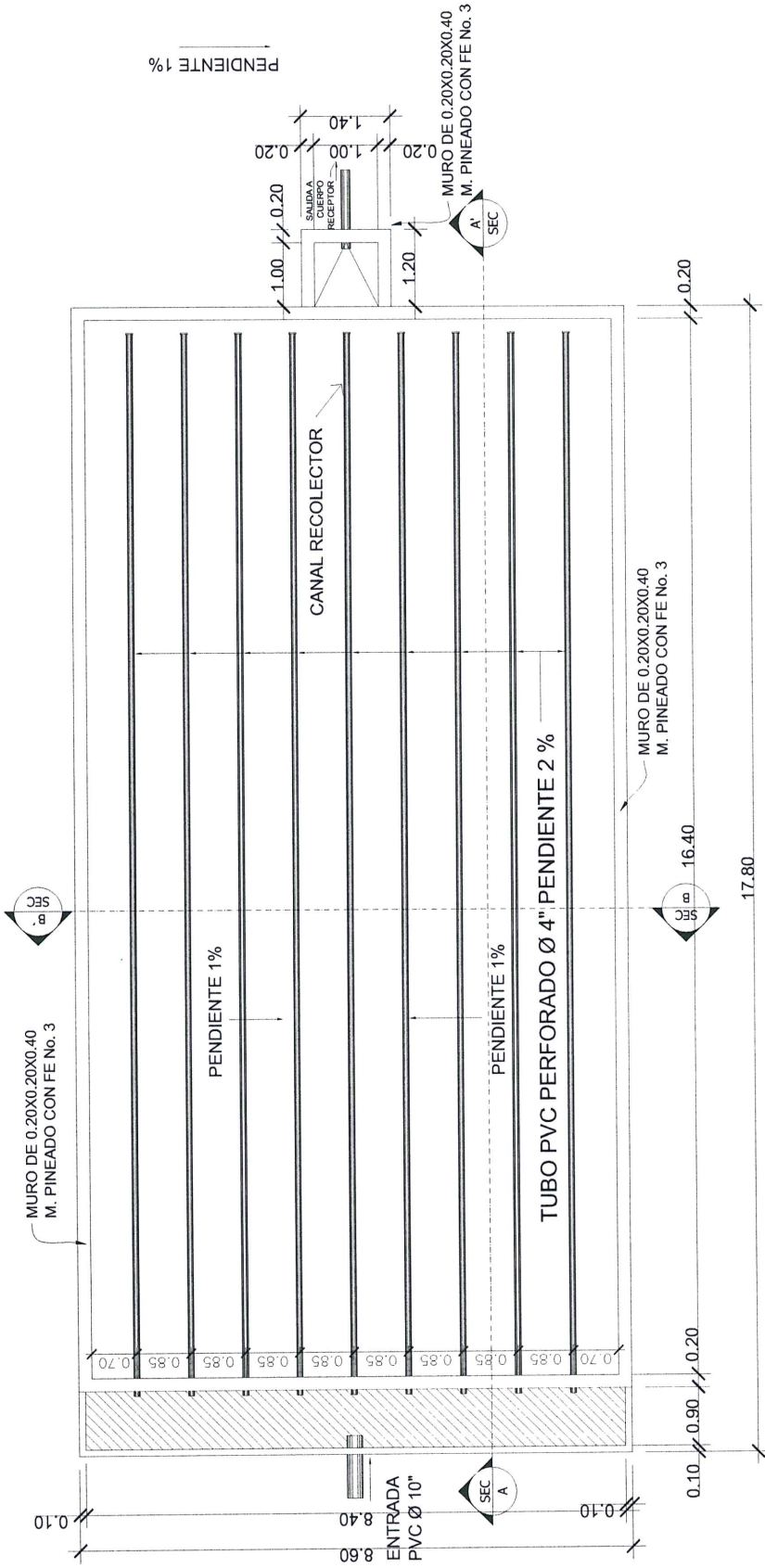
ESCALA 1:20



# SECCION B - B FOSA SEPTICA

ESCALA 1:20

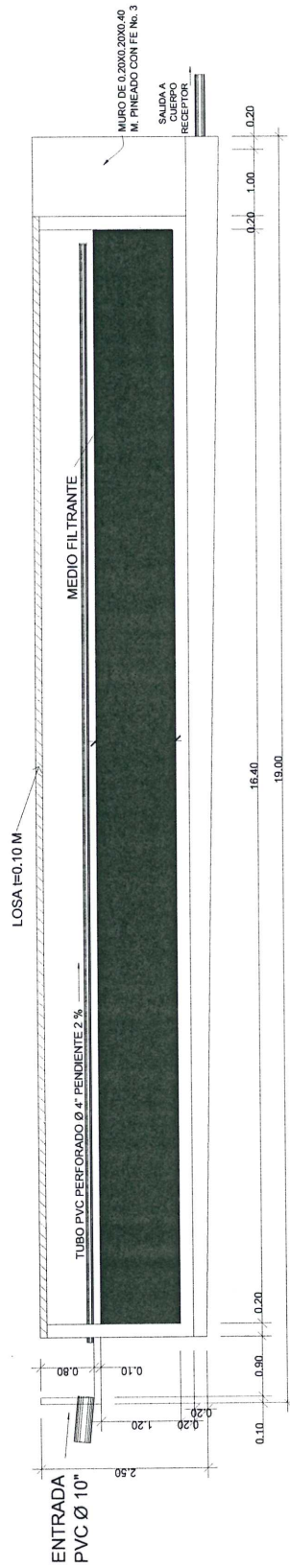
PROYECTO: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DESCARGA CENTRAL	
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA CENTRO UNIVERSITARIO DE SUR OCCIDENTE INGENIERIA AMBIENTAL LOCAL	MAESTRO: GUSTAVO MANUEL BARRONTOZ No. XI CAJON: 20134313
CONTENIDO: SECCIONES DE FOSA SEPTICA	FECHA: 07/11
ALBERICAR ALVARO FERNANDEZ CASTRO LZCH	ESCALA: INDICADA
	FECHA: NOVIEMBRE 2017



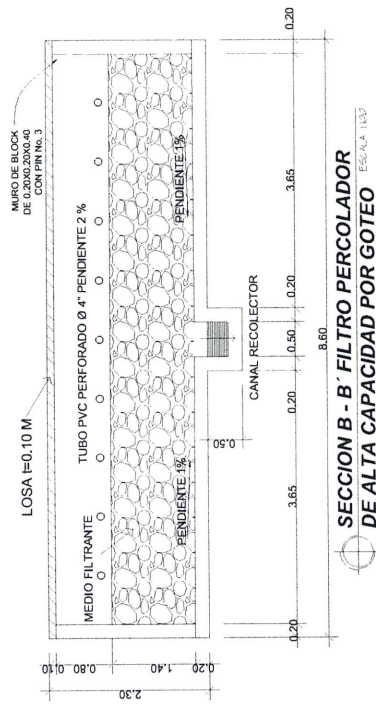
# PLANTA DE FILTRO PERCOLADOR DE ALTA CAPACIDAD POR GOTEO

ESCALA 1:100

<b>PROYECTO:</b> PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DESCARGA CENTRAL	
<b>UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA</b> CENTRO DE INVESTIGACIONES Y SERVICIOS INGENIERIA AMBIENTAL LOCAL	<b>INTEGRADO:</b> CONTINUANDO: SIGIFRANCOZ BETSIADA MICHELL IRRIBERTOS A VARRAD
<b>CONTENIDO:</b> PLANTA DE FILTRO PERCOLADOR ING. ALONSO ESTEBANZO CASTRO CEDEI	<b>ESCALA:</b> INDICADA
<b>PLA. N.º:</b> 08 / 09	<b>FECHA:</b> NOVIEMBRE 2017 / 09



**SECCION A - A FILTRO PERCOLADOR**  
**DE ALTA CAPACIDAD POR GOTEO** ESCALA 1:100



**SECCION B - B FILTRO PERCOLADOR**  
**DE ALTA CAPACIDAD POR GOTEO** ESCALA 1:100

PROYECTO: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES  
 DESCARGA CENTRAL

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
 CENTRO UNIVERSITARIO SUR OCCIDENTE  
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

INICIADA: CONTINUADO: ACREDITADO:  
 REVISADO: MICHELL BARRENTOS AVANADO

FECHA: No. DE CADRE: 20140331

CONTENIDO: SECCIONES DE FILTRO PERCOLADOR

FECHA: NOVIEMBRE 2017

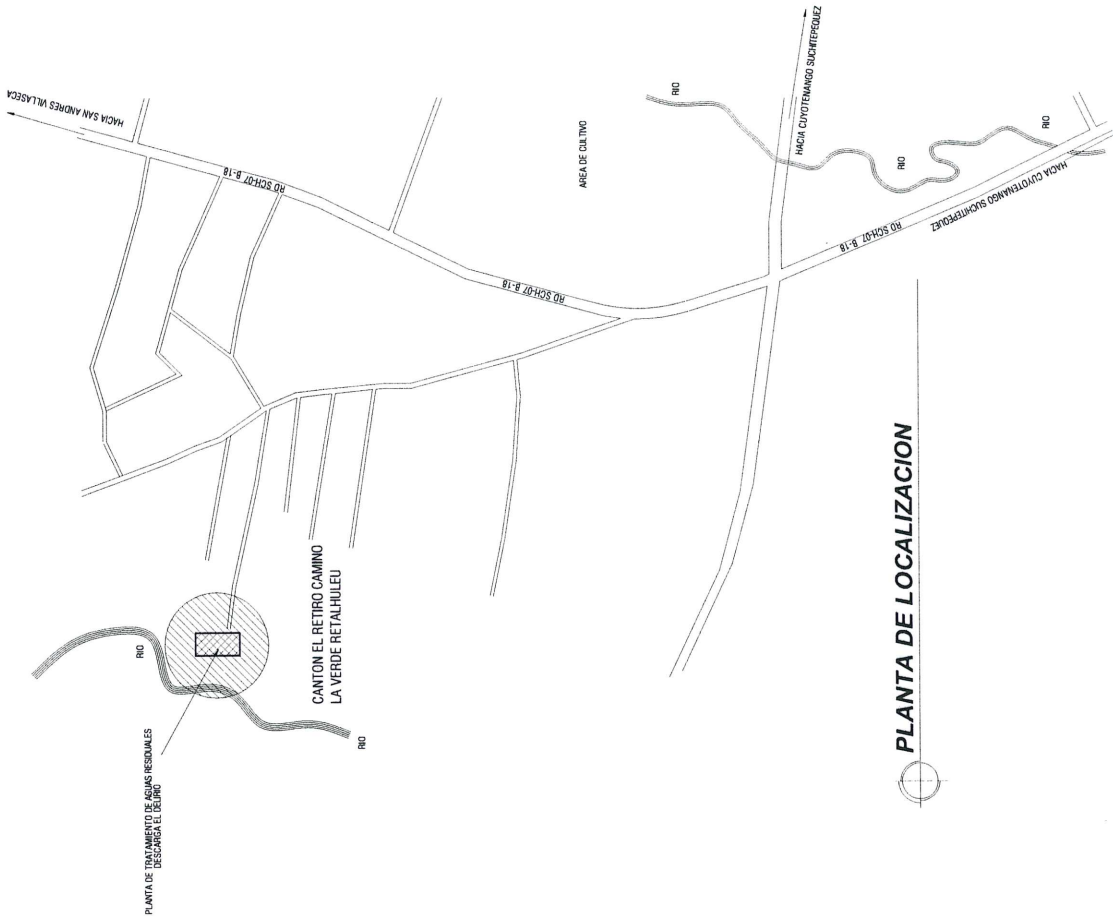
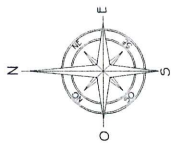
ASESOR EN PLANOS: ING. ALAN FERNANDO CASTRO ZECHE

ESCALA: INDICADA

09

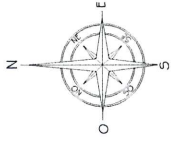
09

V. E. R.



**PLANTA DE LOCALIZACION**

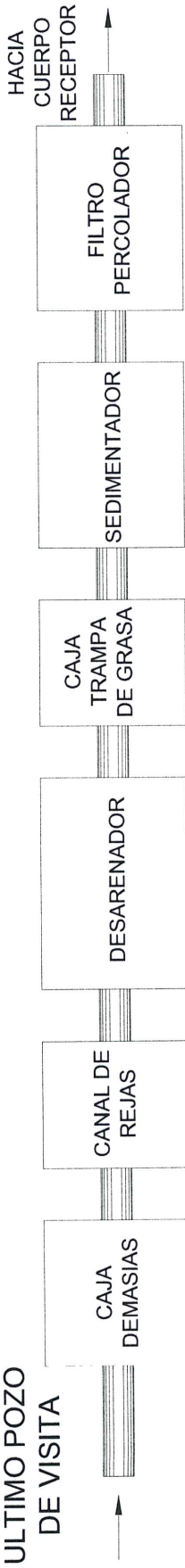
<b>PROYECTO: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DESCARGA EL DELIRIO</b>	
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA CENTRO UNIVERSITARIO DE SUR OCCIDENTE INGENIERIA AMBIENTAL LOCAL	MAESTRO: CUYOTEMANGO SUINTERPEZ BETSABIA MICHELLE IRRIBARREN A VAMBO
CONTENIDO: PLANO DE LOCALIZACION	FECHA: NOVIEMBRE 2017
ASESOR: ING. ALAN FERNANDO CASTRO CECILIA	ESCALA: INDICADA
Hoja No. 01	Total 10



PROYECTO: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DESCARGA EL DELIRIO	
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA CENTRO UNIVERSITARIO DE SUR OCCIDENTE INGENIERIA AMBIENTAL LOCAL	ASESORIA: CHRISTOPHER MENDOZA SACATEQUIZ BETSIADA MICHELLE LARRETEGUI ALVARADO
CONTENIDO: PLANO DE UBICACION	No. DE CAVIA: 2013A131
ASESOR EN PLANOS: ING. ALAN FERNANDO CASTRO CECCHI	FECHA: NOVIEMBRE 2017
ESCALA: INDICADA	Hoja No. 02 de 10

N. B.

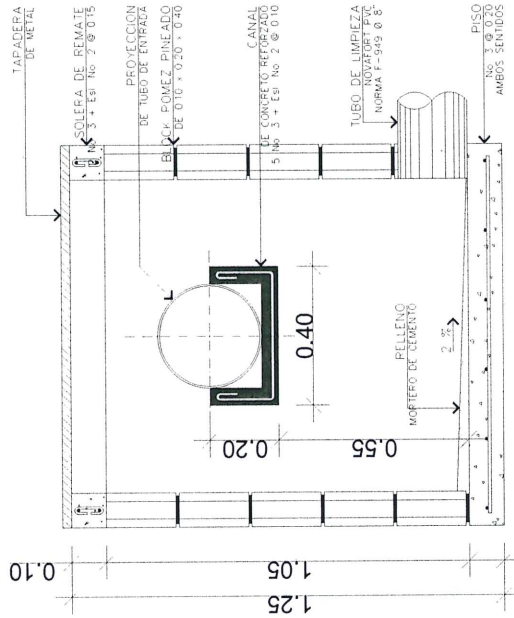
VIENE DEL  
ULTIMO POZO  
DE VISITA



PRETRATAMIENTO

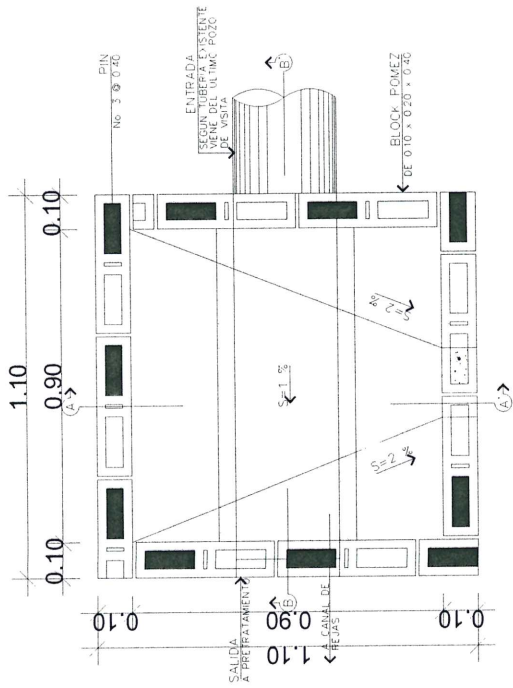
DIAGRAMA DE PLANTA DE TRATAMIENTO

ESCALA 1 : 30



SECCION A - A  
DE CAJA DE DEMASIAS

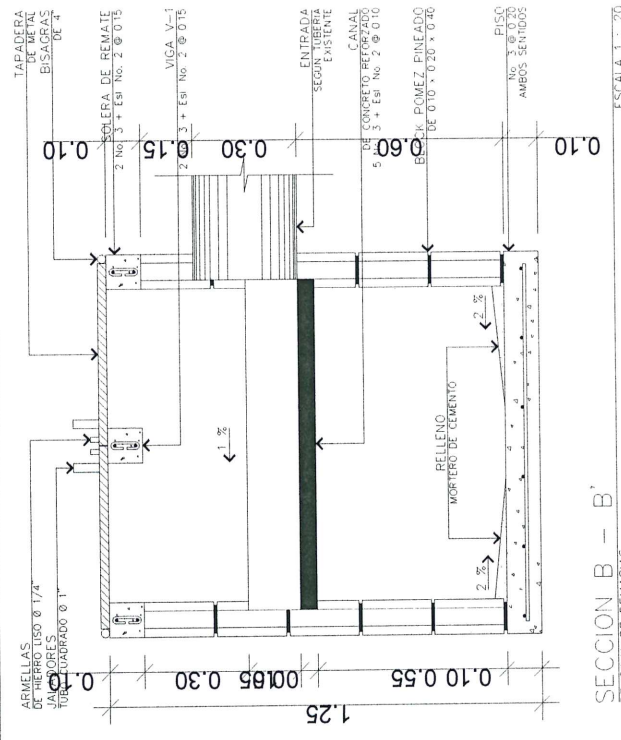
ESCALA 1 : 20



PLANTA DE CAJA DE DEMASIAS

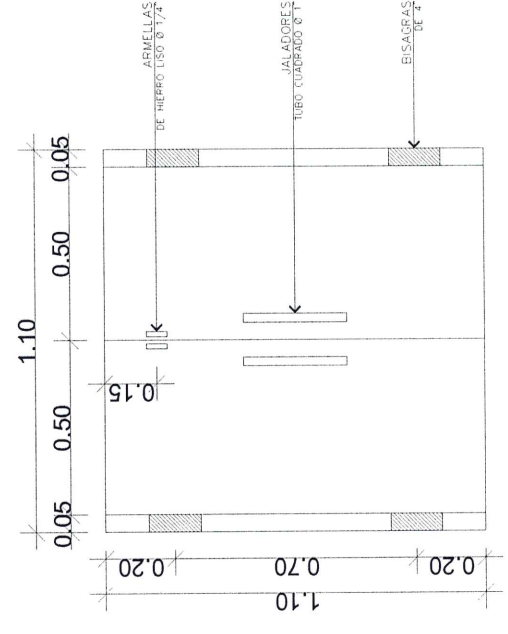
ESCALA 1 : 20

PROYECTO: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DESCARGA EL DELIRIO	
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA CENTRO INVESTIGATIVO DE SUR OCCIDENTE INGENIERIA AMBIENTAL LOCAL	UNIDAD: CONTINUANDO SCRIBIENDO
CONTENIDO: DISEÑO DE CAJA DE DEMASIAS	No. DE DISEÑO: 2014331
ASESOR EN EL DISEÑO: ING. A. LUIS FERNANDO CASTRO CERRI	ESCALA: INDICADA
FECHA: 03 / 10	FECHA: NOVIEMBRE 2017



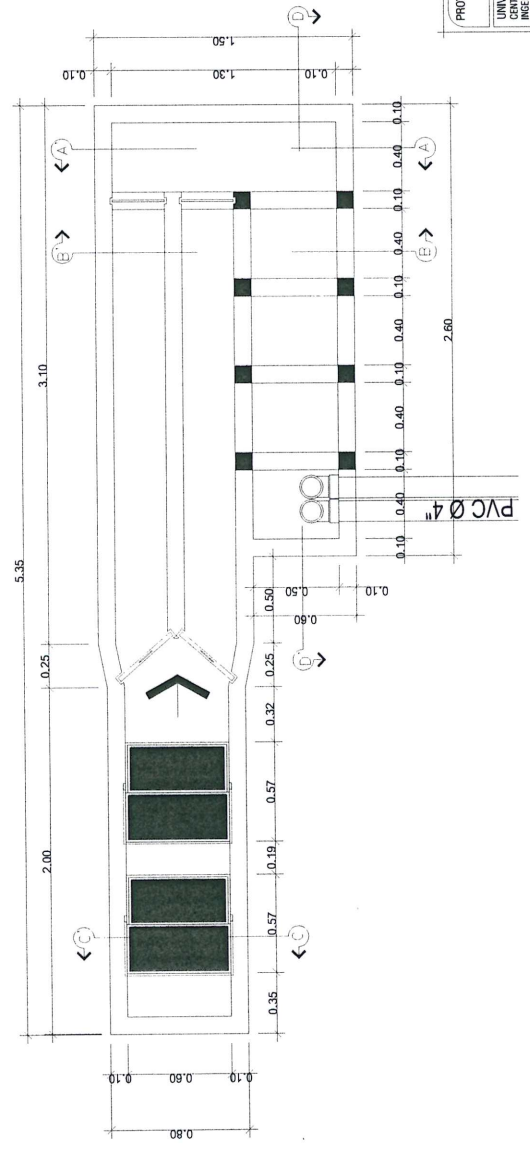
SECCION B - B'  
DE CAJA DE FEMASIAS

ESCALA 1 : 20



PLANTA DE TAPADERA  
DE CAJA DE FEMASIAS

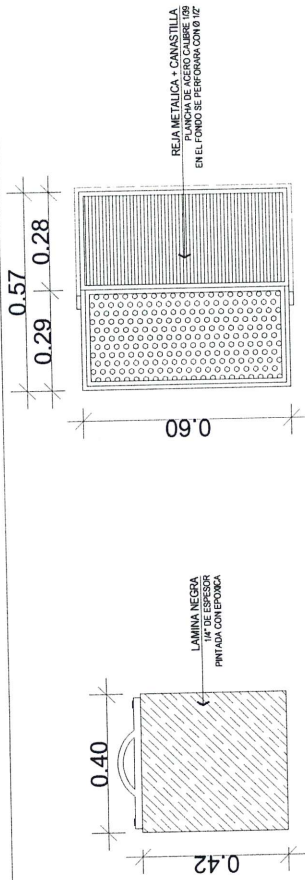
ESCALA 1 : 20



PLANTA DE CAJA DE REJAS Y DESARENADOR

ESCALA 1:40

PROYECTO: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DESCARGA EL DELIRIO	
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA Y CIENCIAS EXACTAS INGENIERIA AMBIENTAL LOCAL	MAESTRO: CRISTÓBAL MONTENEGRO BACHTELIN INGENIERO: BERTSABE MICHELL MARRIENTOS ALVARADO
CONTENIDO: DETALLES CAJA DE FEMASIAS - PLANTA DE CAJAL DE REJAS Y DESARENADOR	NO. DE OBRAS: 20190731
ASESOR EN PLANOS: ING. ALIANTERNANDO CASTRO OZCHI	FECHA: NOVIEMBRE 2017
ESCALA: INDICADA	HOJA N.º: 04 DE 10

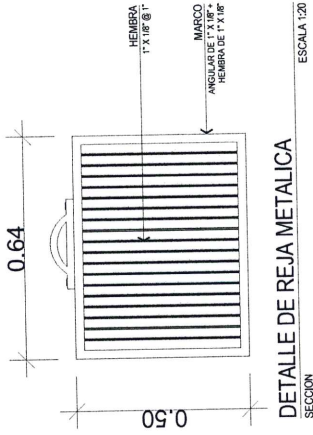


DETALLE DE COMPUERTA  
SECCION

ESCALA 1:20

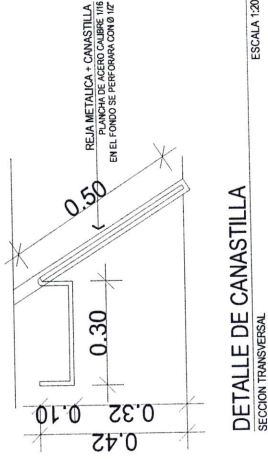
DETALLE DE CANASTILLA  
PLANTA

ESCALA 1:20



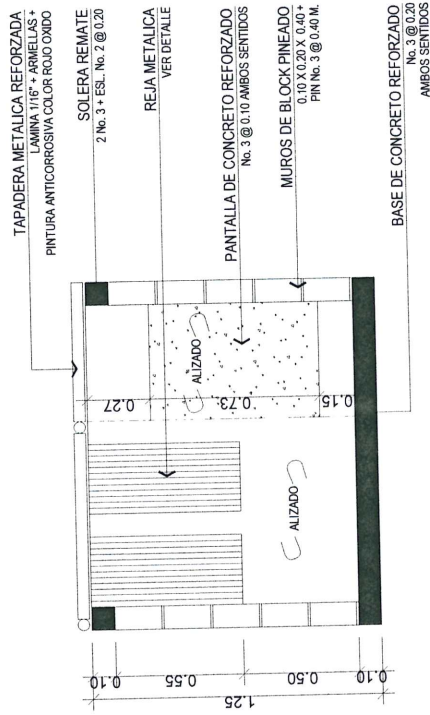
DETALLE DE REJA METALICA  
SECCION

ESCALA 1:20



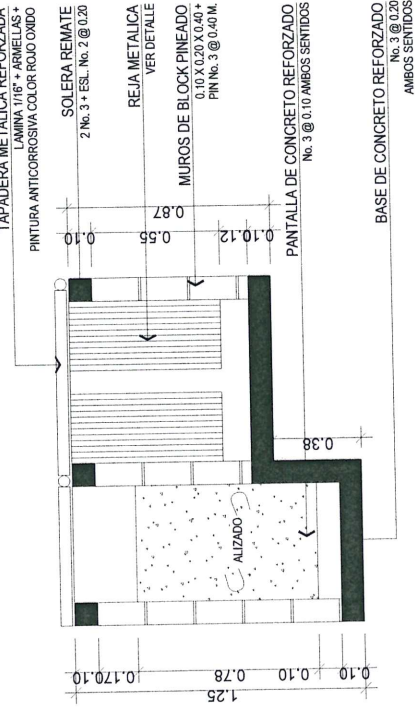
DETALLE DE CANASTILLA  
SECCION TRANSVERSAL

ESCALA 1:20



CAJA DE REJAS Y DESARENADOR SECCION A-A'

ESCALA 1:30

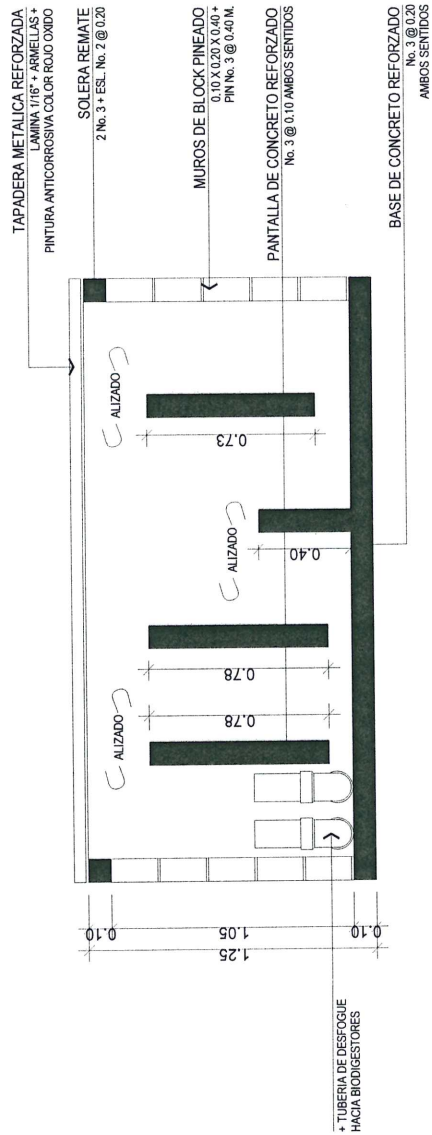


CAJA DE REJAS Y DESARENADOR  
SECCION B-B'

ESCALA 1:30

PROYECTO: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DESCARGA EL DELIRIO	
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA CENTRO UNIVERSITARIO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA	INSTITUCION: CENTRO UNIVERSITARIO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA BETSIADA MICHELL BARRETTOS ALVARADO
CONTENIDO: DETALLES DE CANAL DE REJAS Y DESARENADOR	FECHA: NOVIEMBRE 2017
ASESOR EN PLANOS: ING. ALVARO FERNANDO CASTRO CRECH	ESCALA: 1/10
PROF. DR.	05
ING. DR.	10

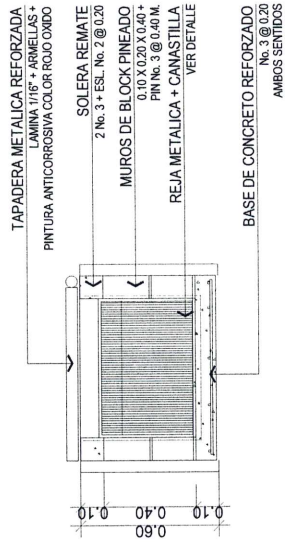




CAJA DE REJAS Y DESAREANADOR

SECCION D-D'

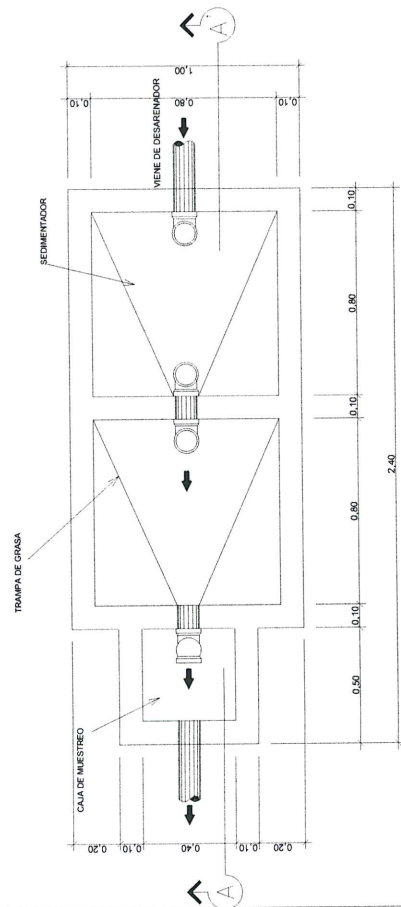
ESCALA 1:30



CAJA DE REJAS Y DESAREANADOR

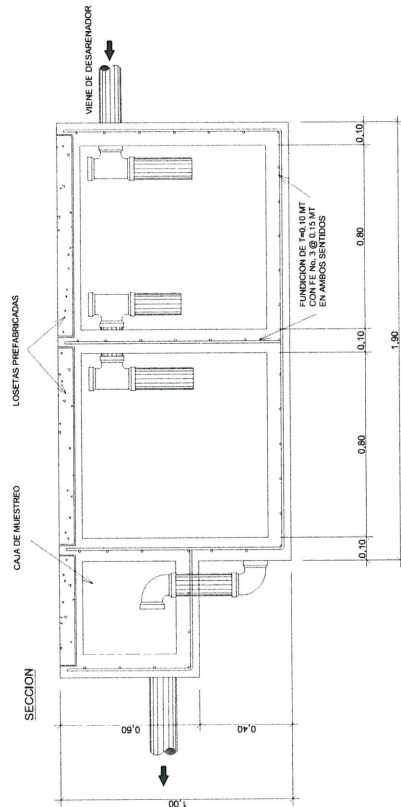
SECCION C-C'

ESCALA 1:30



PLANTA CAJA TRAMPA DE GRASA

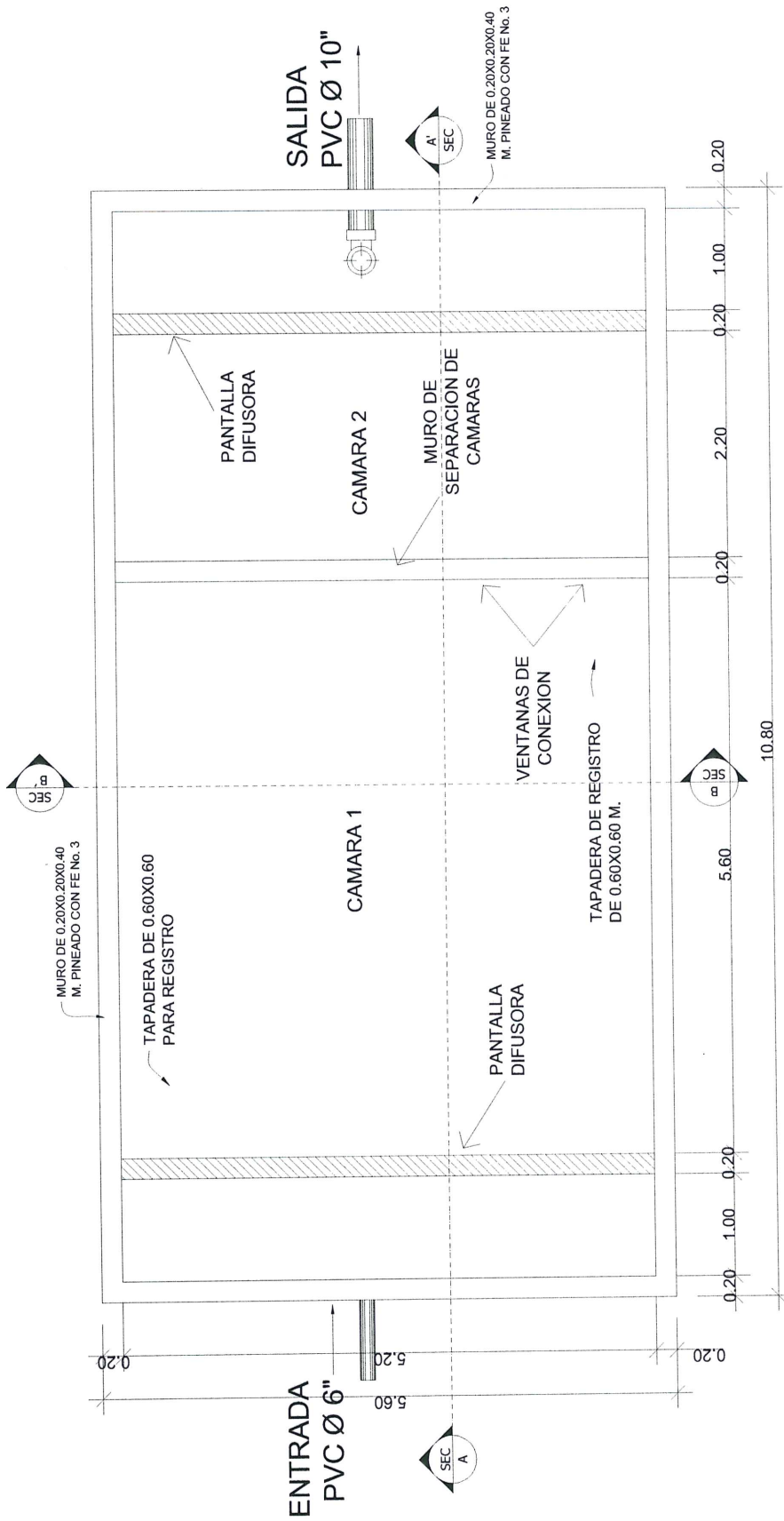
ESCALA 1:30



SECCION A - A TRAMPA DE GRASA

ESCALA 1:100

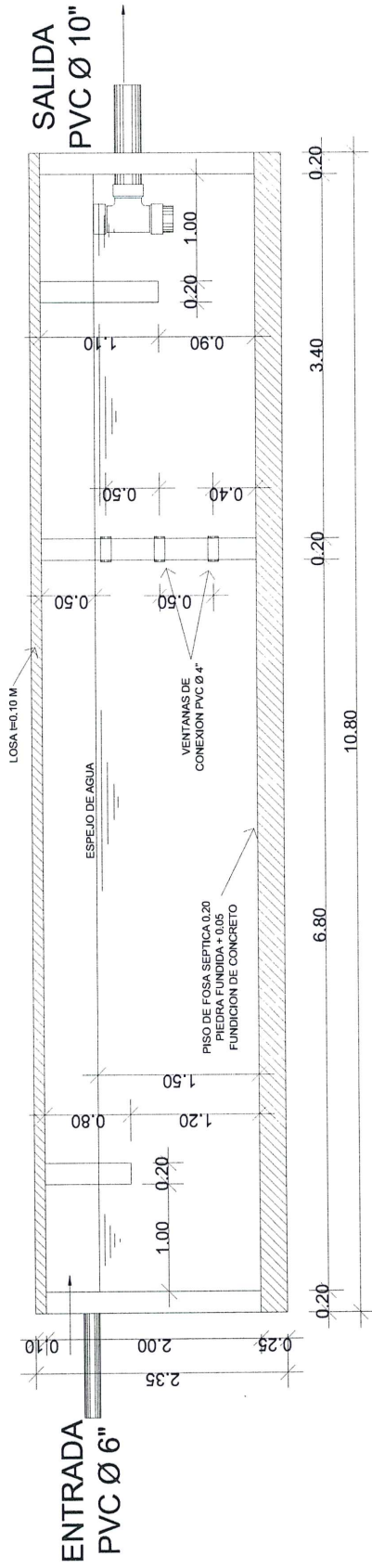
PROYECTO: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DESCARGA EL DELIRIO		UNIVERSIDAD DE GUATEMALA CENTRO UNIVERSITARIO DE SUR OCCIDENTE INGENIERIA AMBIENTAL LOCAL	FECHA: 06/10
UNIVERSIDAD DE GUATEMALA CENTRO UNIVERSITARIO DE SUR OCCIDENTE INGENIERIA AMBIENTAL LOCAL		INGENIERO: GUSTAVO ANGELO SOROTINOLIZ ESTUDIANTE: MICHEL BARRETO ALVARADO No. DE CAJAS: 201343131	FECHA: 06/10
CONTENIDO: PLAN DE ALERES DE CANAL DE REJAS Y DESAREANADOR PLAN DE SECCIONES DE TRAMPA DE GRASA Y SEDIMENTADOR		ASESOR DE PLANES: ING. ALVARO FERNANDO CASTRO GUECH	FECHA: NOVIEMBRE 2017
INGENIERO: GUSTAVO ANGELO SOROTINOLIZ		ESCALA: INDICADA	10



# PLANTA FOSA SEPTICA

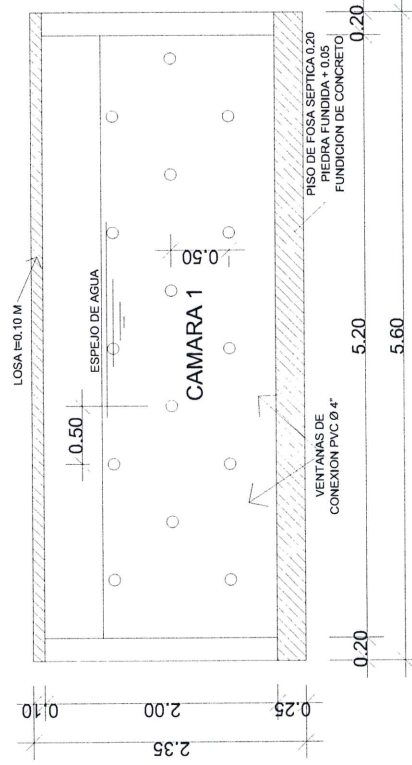
ESCALA 1:60

PROYECTO: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DESCARGA EL DELIRIO	
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA CENTRO UNIVERSITARIO DE SUR OCCIDENTE INGENIERIA AMBIENTAL LOCAL	UNIVERSIDAD: CATEDRANTE: DIGNIFICADOZ ESTUDIANTE: MICHEL LAMBERTO ALVARADO
CONTENIDO: PLANTA DE FOSA SEPTICA	FECHA: 07/11
ASESOR EN PLANTA: ING. ALLAN FERNANDO CASTRO GUECH	FECHA: NOVIEMBRE 2017
ESCALA: INDICADA	10



**SECCION A - A FOSA SEPTICA**

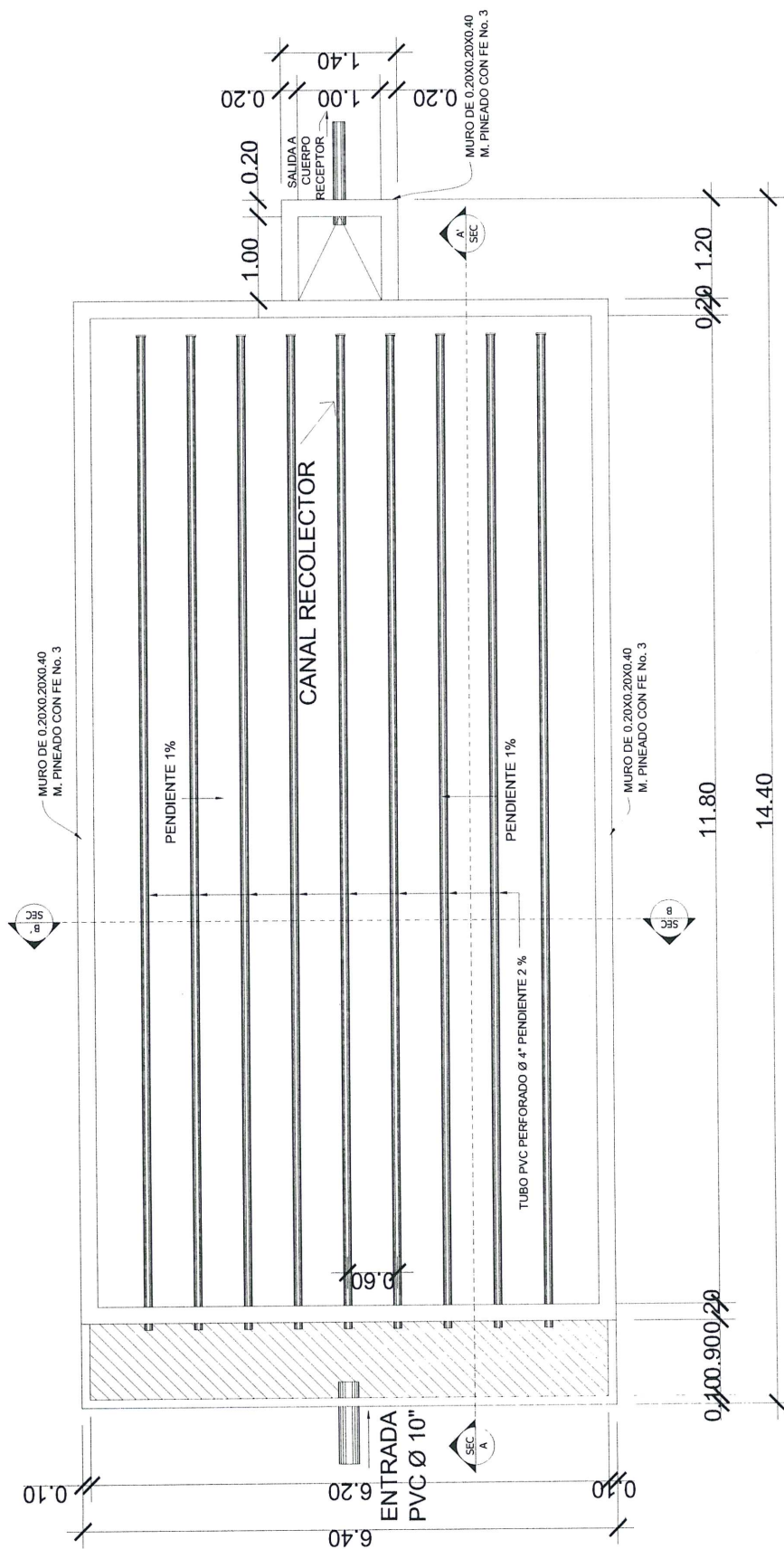
ESCALA 1:60



**SECCION B - B ' FOSA SEPTICA**

ESCALA 1:60

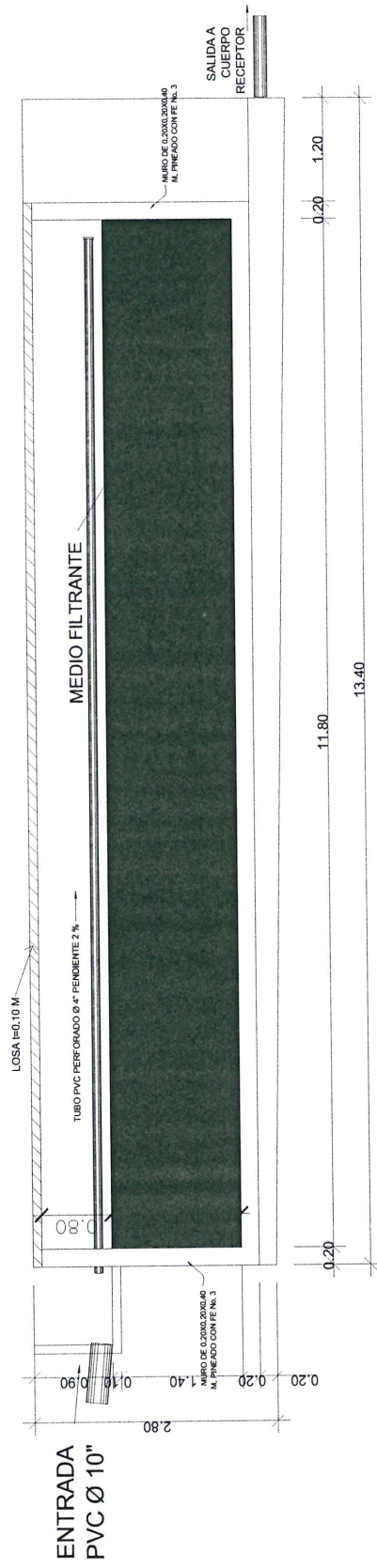
PROYECTO: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DESCARGA EL DELIRIO	
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA CENTRO UNIVERSITARIO DE SAN OCCIDENTE INGENIERIA AMBIENTAL LOCAL	MAESTRO: CHRISTOPHER SACATEQUIE BETSABIA MICHELL LABRETTOS ALVARADO
CONTENIDO: SECCIONES DE FOSA SEPTICA ASESORIA EN PLANIFICACION Y DISEÑO ING. ALVARO FERNANDO CASTRO CZECH	FECHA: 08/11/2014 N.º DE CANTOS: 2013A3131 FECHA: NOVIEMBRE 2017
ESCALA: INDICADA	10



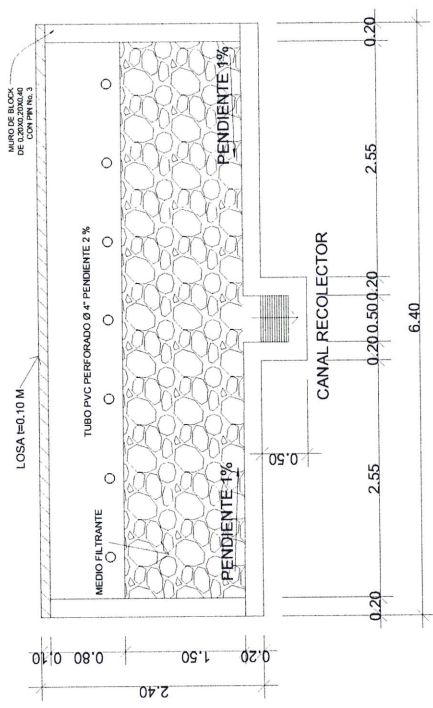

**PLANTA DE FILTRO PERCOLADOR DE ALTA CAPACIDAD POR GOTEO**

ESCALA 1/75

<b>PROYECTO: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DESCARGA EL DELIRIO</b>	
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA CENTRO UNIVERSITARIO DE SUR OCCIDENTE INGENIERIA AMBIENTAL LOCAL	AUTOR: GUSTAVO MIGUEL SUAREZ REVISOR: MICHEL LAMBERTO ALVARADO
CONTENIDO: PLANTA DE FILTRO PERCOLADOR ASOCIADO EN PAISES: ING. ALAN FERNANDO CASTRO GUECH	No. DE LAMINA: 2023A031 FECHA: NOVIEMBRE 2017
ESCALA: INDICADA	Hoja: 09 de 10

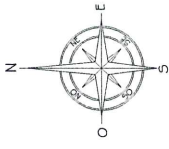


**SECCION A - A FILTRO PERCOLADOR** Escala: 1/75  
**DE ALTA CAPACIDAD POR GOTEO**

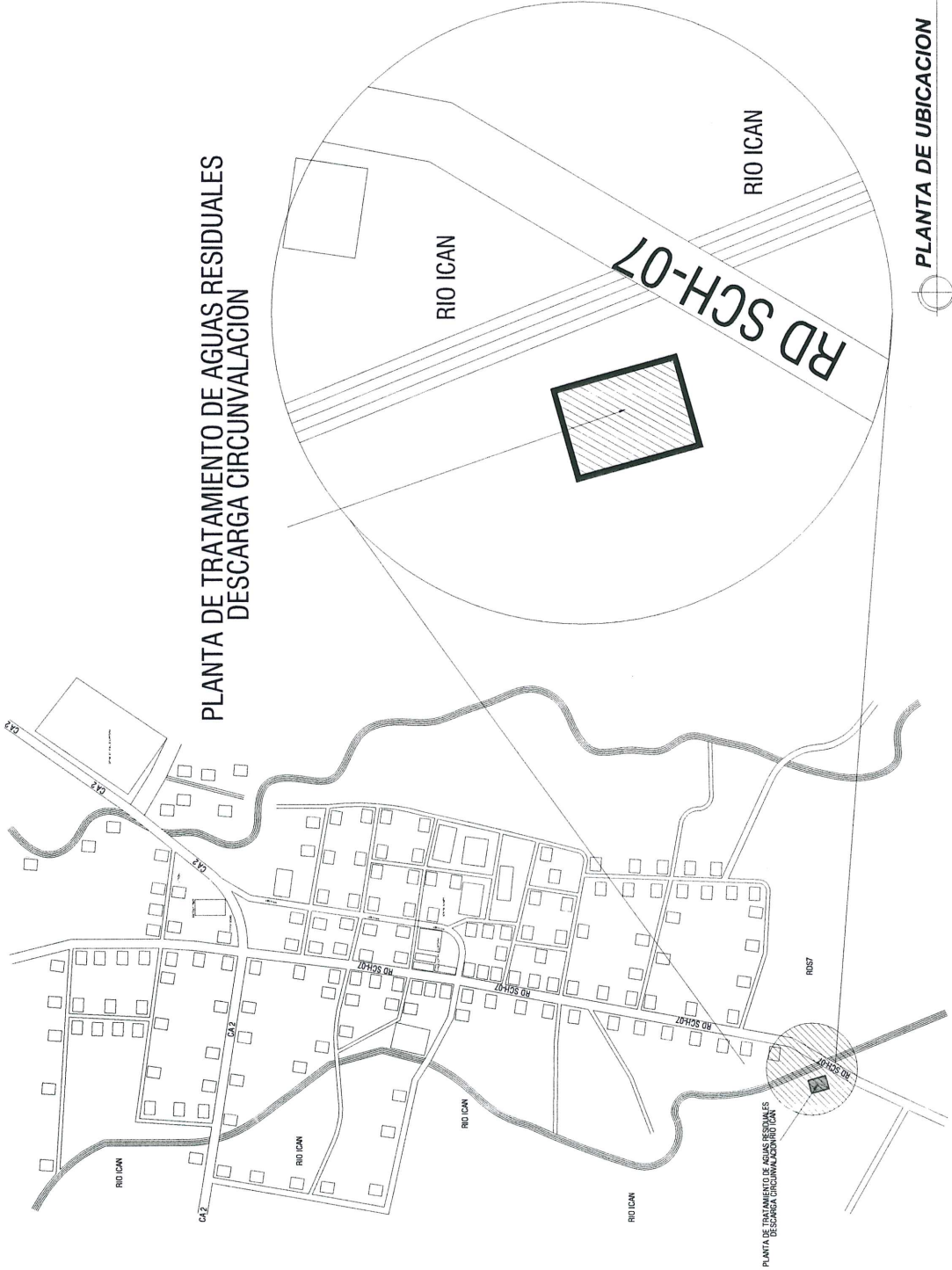


**SECCION B - B' FILTRO PERCOLADOR** Escala: 1/75  
**DE ALTA CAPACIDAD POR GOTEO**

<b>PROYECTO: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES  DESCARGA EL DELIRIO</b>	
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA CENTRO UNIVERSITARIO DE SUR OCCIDENTE INGENIERIA AMBIENTAL (LDA)	UNIDAD: CIUDADANOS DOCUMENTOS AUTOR: RITSA MARICHELL MARRIENTOS A. VARGAS
CONTENIDO: SECCIONES DE FILTRO PERCOLADOR	No. DE CANTAS: 20134131
ASESOR EN PLANOS: ING. ALAN FERNANDO CASTRO CZECH	No. DE PLANOS: 10 / 10
ESCALA: INDICADA	FECHA: NOVIEMBRE 2017
V. B.	



# PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DESCARGA CIRCUNVALACION

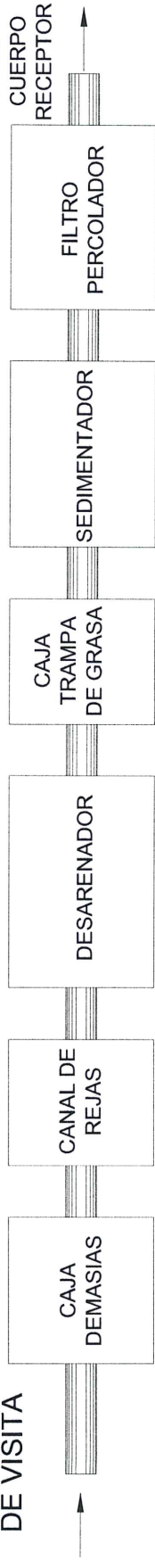


PLANTA DE UBICACION

PLANTA DE LOCALIZACION

<b>PROYECTO:</b> PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DESCARGA CIRCUNVALACION	
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA INSTITUTO DE INVESTIGACIONES Y PROYECTOS DE INGENIERIA AMBIENTAL LOCAL	LUGAR: CANTONAMIENTO SACATEVUQUEZ RETENIDA MICHELL LAPARRIENTOS A VARADO
CONTENIDO: DIAGRAMA P.T.A.R. - CAJA DEMASIAS	No. DE DISEÑO: 20191011
ASesor EN PLANOS: ING. ALAN FERRANDO CASTRO GUECH	ESCALA: INDICADA
FECHA: NOVIEMBRE 2017	Hoja N.º: 01 / 09

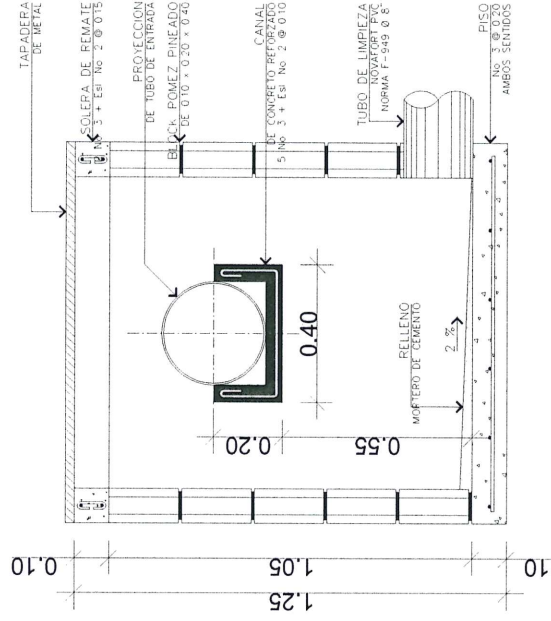
VIENE DEL  
ULTIMO POZO  
DE VISITA



PRETRATAMIENTO

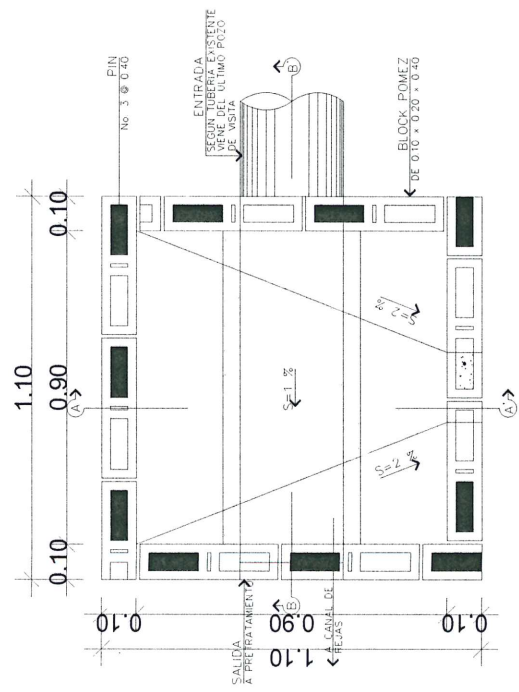
# DIAGRAMA DE PLANTA DE TRATAMIENTO

ESCALA 1 : 30



SECCION A - A'  
DE CAJA DE DEMASIAS

ESCALA 1 : 20



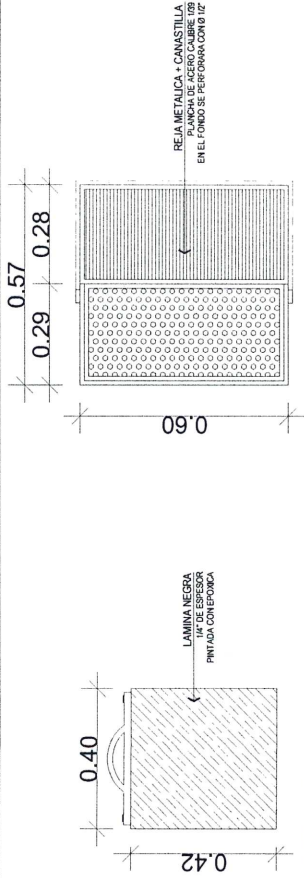
PLANTA DE CAJA DE DEMASIAS

ESCALA 1 : 20

<b>PROYECTO: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DESCARGA CIRCUNVALACION</b>			
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL LOCAL		UNIVERSIDAD DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL LOCAL	
CONTENIDO: DIAGRAMA P.T.A.R. - CAJA DE MASIAS		No. de C.A.M.: 2014431	
ASESOR EN PLANOS: ING. ALFONSO CASTRO GUEZA	ESCALA: INDICADA	FECHA: NOVIEMBRE 2017	09

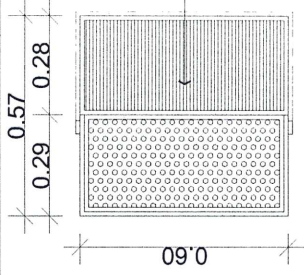






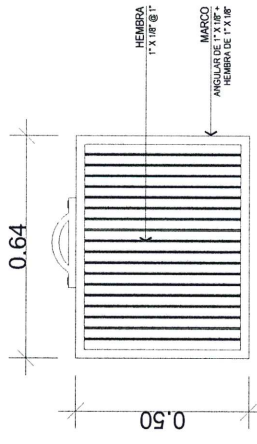
DETALLE DE COMPUERTA

ESCALA 1:20



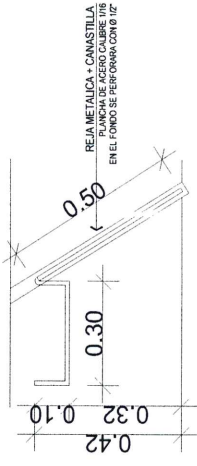
DETALLE DE CANASTILLA

ESCALA 1:20



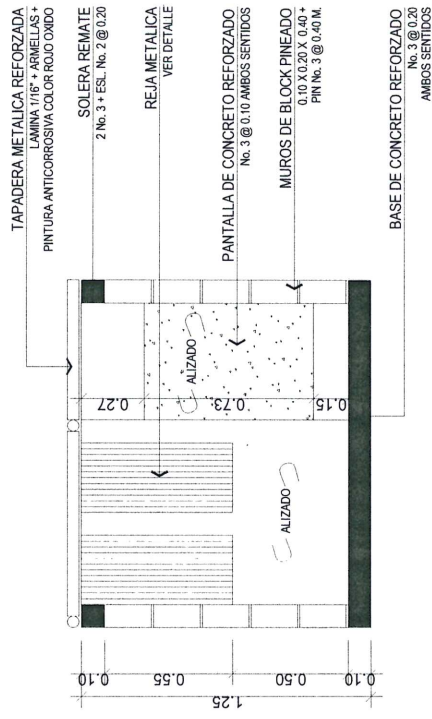
DETALLE DE REJA METALICA

ESCALA 1:20



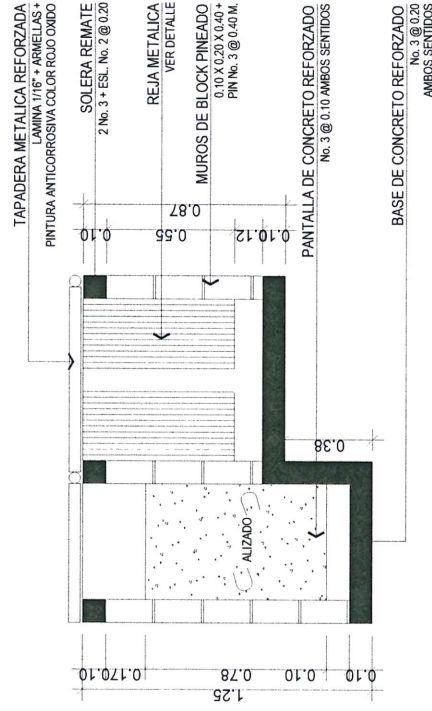
DETALLE DE CANASTILLA

ESCALA 1:20



CAJA DE REJAS Y DESARENADOR SECCION A-A'

ESCALA 1:30



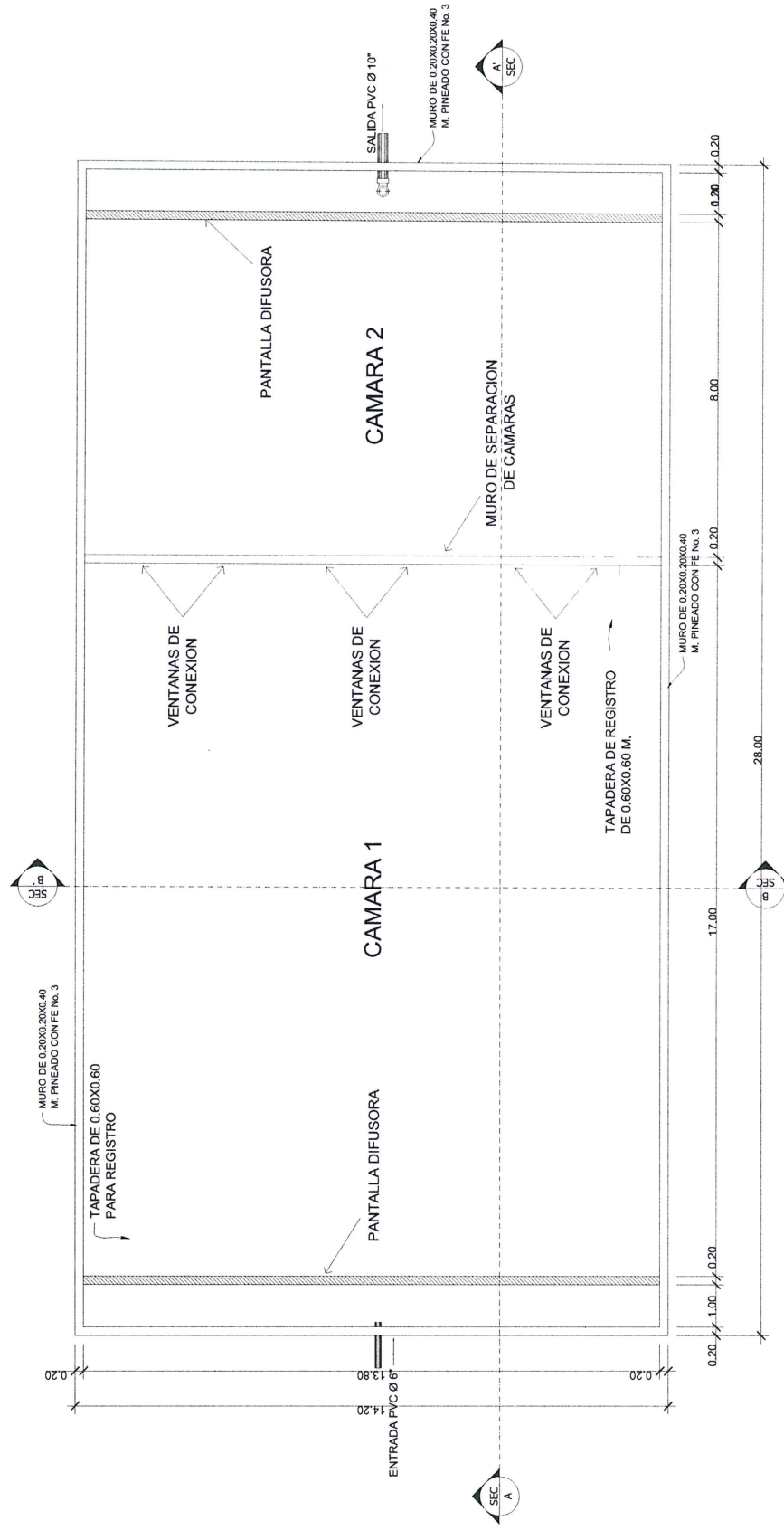
CAJA DE REJAS Y DESARENADOR

SECCION B-B'

ESCALA 1:30

PROYECTO: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DESCARGA CIRCUNVALACION	
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA CENTRO UNIVERSITARIO DE SAN VICENTE INGENIERIA AMBIENTAL LOCAL	UNIVERSIDAD COTACAHUQUE REYESA MICHEL BARRIENTOS ALVARADO
CONTENIDO: DETALLES DE CANAL DE REJAS Y DESARENADOR	No. DE CAD. 20180131
ASESOR EN PLANOS: ING. ALBERTO CASTRO GUECH	ESCALA: INDICADA
FECHA: NOVIEMBRE 2017	09

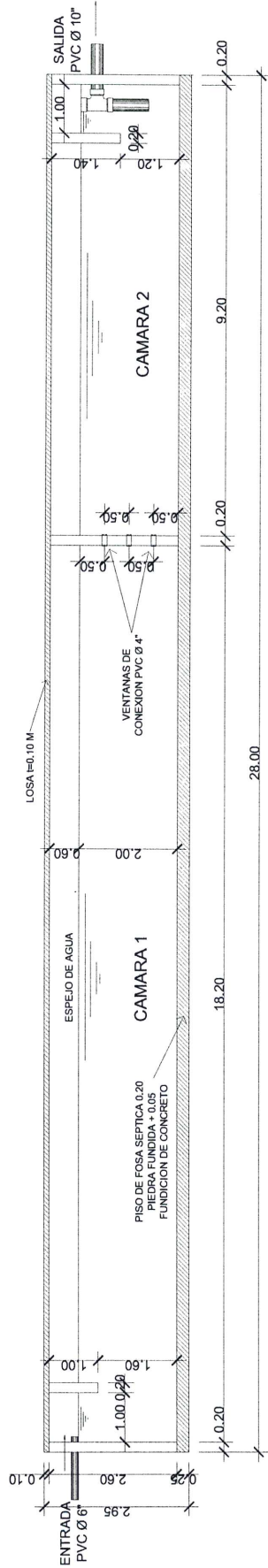




# PLANTA FOSA SEPTICA

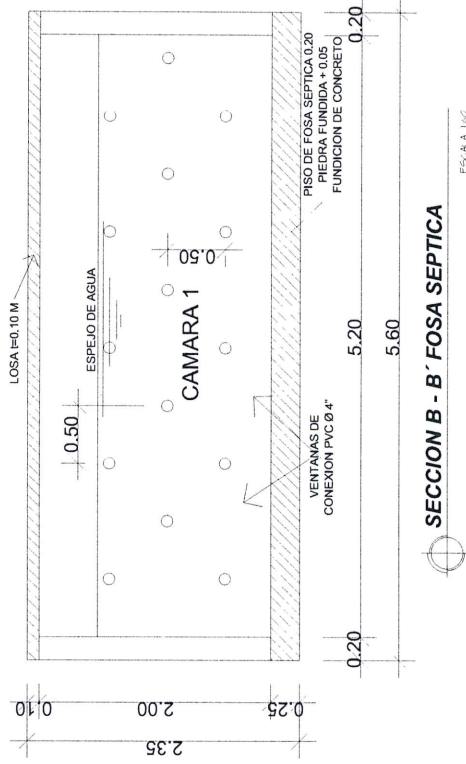
ESCALA 1:50

<b>PROYECTO: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DESCARGA CIRCUNVALACION</b>	
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA CENTRO DE INVESTIGACIONES Y PROYECTOS INGENIERIA AMBIENTAL LOCAL	TITULAR: CORTIJAÑO, JOSEFIDOR AUTOR: BERTOLINI MICHEL BARRIENTOS ALVARADO
CONTENIDO: PLANTA DE FOSA SEPTICA TASEOR EN PLANOS: ING. ALAN FERNANDO CASTRO CECILIA	No. DE CAD: 20190131 ESCALA: INDICADA FECHA: NOVIEMBRE 2017
Hoja No. 06	09



# SECCION A - A FOSA SEPTICA

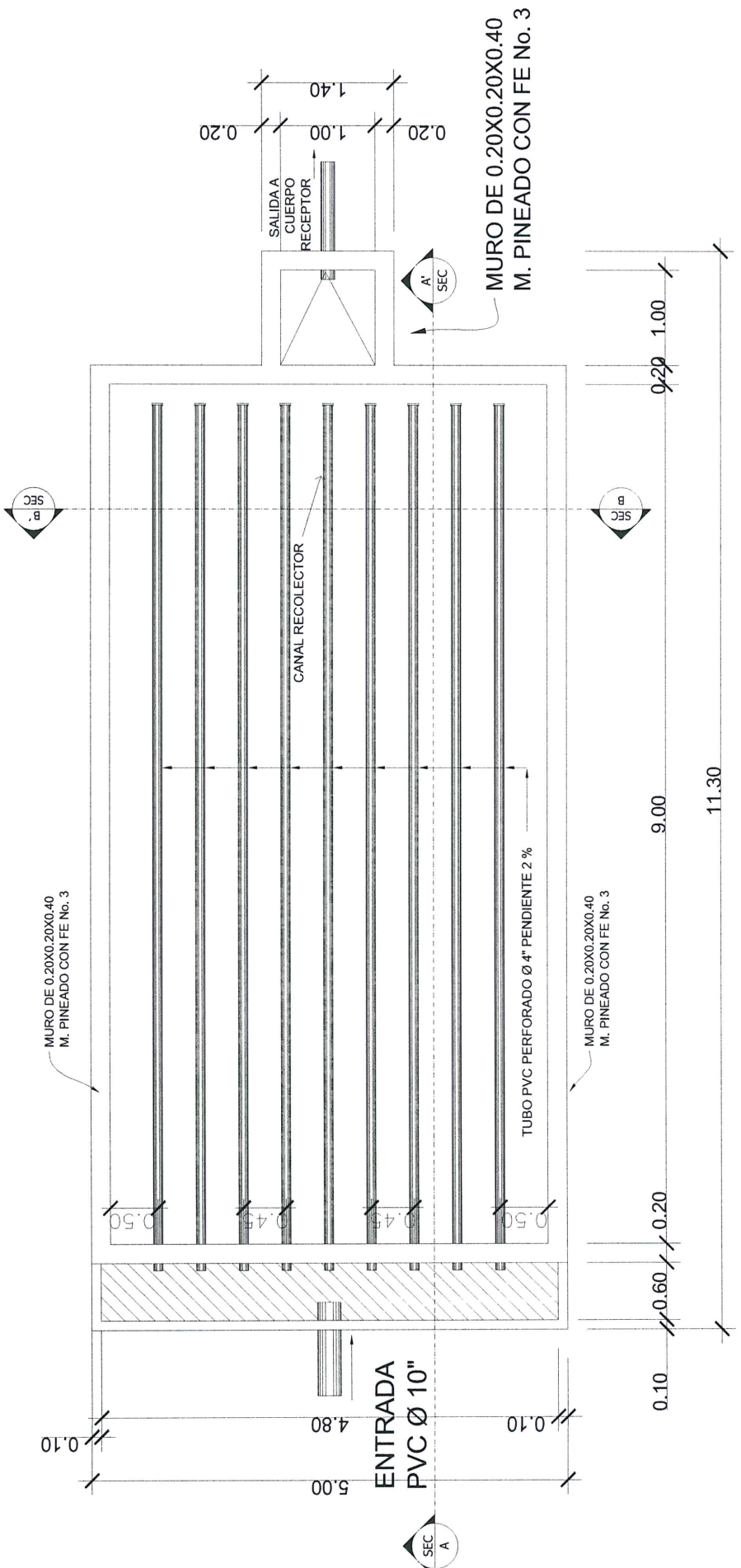
ESCALA 1:125



# SECCION B - B FOSA SEPTICA

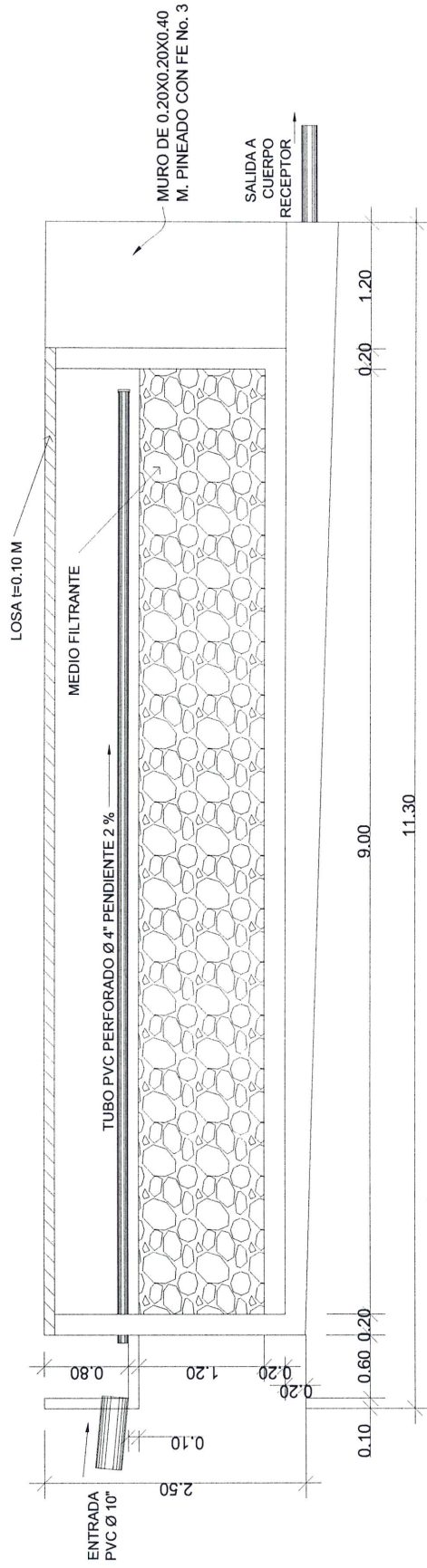
ESCALA 1:60

PROYECTO: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DESCARGA CIRCUNVALACION	
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA INSTITUTO DE INVESTIGACIONES Y SERVICIOS INGENIERIA AMBIENTAL LOCAL	MAESTRO: CINTALIANO BICHTEPIREZ BETSIARA MICHELL BARRIENTOS ALVARADO
CONTENIDO: SECCIONES DE FOSA SEPTICA	N.º DE CARR: 20140131
ASESOR EN PLANOS: ING. ALAN FERNANDO CASTRO CECILIA	FECHA: NOVIEMBRE 2017
ESCALA: INDICADA	07 / 09

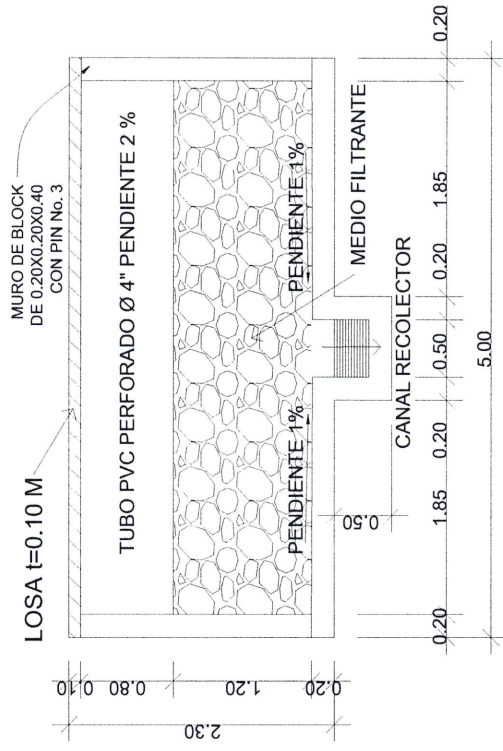


**PLANTA DE FILTRO PERCOLADOR DE ALTA CAPACIDAD POR GOTEO** ESCALA 1:60

PROYECTO: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DESCARGA CIRCUNVALACION	
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EN INGENIERIA AMBIENTAL LOCAL	MAESTRO: CERVANTES MONTANO, SOROTINDOZET BETSABIA MICHELL BARRANTIS A VARRAD
CONTENIDO: PLANTA DE FILTRO PERCOLADOR	No. DE DISEÑO: 20190321
ASESOR EN PLANOS: ING. ALAN FERRANDO CASTRO CEDEI	ESCALA: INDICADA
	FECHA: NOVIEMBRE 2017 / 09



**SECCION A - A FILTRO PERCOLADOR  
DE ALTA CAPACIDAD POR GOTEO** ESCALA 1:60



**SECCION B - B' FILTRO PERCOLADOR  
DE ALTA CAPACIDAD POR GOTEO** ESCALA 1:60

PROYECTO: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DESCARGA CIRCUNVALACION			
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA CENTRO INVESTIGADOR DE SIG OCCIDENTE INGENIERIA AMBIENTAL LOCAL		AUTOR: CRISTOBAL DOMESTICO BTSABIA MICHELL MARRIENTES ALVARADO	
CONTENIDO: SECCIONES DE FILTRO PERCOLADOR		No. DE DISEÑO: 20140131	
ASESOR EN PLANOS: ING. JUAN FERNANDO CASTRO CEDEO	ESCALA: INDICADA	FECHA: NOVIEMBRE 2017	No. DE 09 / 09



Mazatenango, 28 de noviembre del 2017

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

Respetable Ingeniera Cárdenas:

Respetuosamente me dirijo a usted para presentarle el informe final de la investigación titulada **“Evaluación de los niveles de concentración de los contaminantes en las aguas residuales del municipio de Cuyotenango, Suchitepéquez”**, presentado por la estudiante **Betsaida Michell Barrientos Alvarado, carné 201343131**, documento que forma parte del Programa de Ejercicio Profesional Supervisado de la Carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental Local, EPSIGAL.

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

Respetuosamente se despide de usted.

Atentamente,

A handwritten signature in blue ink that reads 'Karen Pérez Cifuentes'.

MSc. Karen Rebeca Pérez Cifuentes  
Asesor de EPSIGAL  
Ingeniería en Gestión Ambiental Local  
CUNSUROC


Mazatenango 17 de abril 2018

Coordinación de carrera  
Ingeniería en Gestión Ambiental Local  
CENTRO UNIVERSITARIO DE SUROCCIDENTE

De la manera más atenta, informo que de acuerdo al artículo nueve, del Normativo de Trabajo de Graduación de la Carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental Local, se realizó la revisión y observaciones de la investigación titulada **"Evaluación de los niveles de concentración de contaminantes en las aguas residuales del municipio de Cuyotenango, Suchitepéquez"**, presentado por la estudiante **Betsaida Michell Barrientos Alvarado**, con carné número **201343131** y CUI **2590 53341 1001** .

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

Sin otro particular



Inga. Agra. Iris Yvonne Cárdenas Sagastume  
REVISOR DE TRABAJO DE GRADUACIÓN  
Docente IGAL – CUNSUROC



Mazatenango 17 de abril 2018

Dr. Guillermo Vinicio Tello Cano  
Director  
CENTRO UNIVERSITARIO DE SUROCCIDENTE

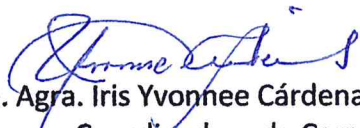
Respetable Señor Director:

De la manera más atenta, me dirijo a usted para referirle el Informe Final de Trabajo de Graduación titulado "**Evaluación de los niveles de concentración de contaminantes en las aguas residuales del municipio de Cuyotenango, Suchitepéquez**", de la estudiante **Betsaida Michell Barrientos Alvarado**, con carné número **201343131**, de la Carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental Local.

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

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

Sin otro particular



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



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Centro Universitario de Sur Occidente  
**INGENIERIA**  
EN GESTION AMBIENTAL  
LOCAL





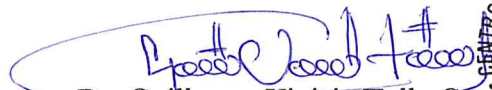
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
CENTRO UNIVERSITARIO DEL SUR OCCIDENTE  
MAZATENANGO, SUCHITEPEQUEZ  
DIRECCIÓN DEL CENTRO UNIVERSITARIO

## CUNSUROC/USAC-I-04-2018

DIRECCION DEL CENTRO UNIVERSITARIO DEL SUROCCIDENTE,  
Mazatenango, Suchitepéquez, el nueve de mayo de dos mil dieciocho-----

Encontrándose agregados al expediente los dictámenes del Asesor y Revisor, se autoriza la impresión del Trabajo de Graduación Titulado: **“EVALUACIÓN DE NIVELES DE CONCENTRACIÓN DE CONTAMINANTES EN LAS AGUAS RESIDUALES DEL MUNICIPIO DE CUYOTENANGO, SUCHITEPÉQUEZ”** de la estudiante: Betsaida Michell Barrientos Alvarado, Carné 201343131 de la Carrera Ingeniería en Gestión Ambiental Local.

**“ID Y ENSEÑAD A TODOS”**

  
Dr. Guillermo Vinicio Tello Cane  
Director



/gris