



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Facultad de Ingeniería  
Carrera de Ingeniería Civil

Trabajo de titulación previo a la obtención  
del Título de Ingeniero Civil

---

## **Evaluación y propuesta de rediseño de la planta de tratamiento de aguas residuales de Santa Ana, parroquia Santa Ana, Cuenca, Ecuador**

---

### ***AUTORES:***

Paúl Esteban Pulla Tenemaza      CI: 0104828983  
Daniel Andrés Tapia Sisalima      CI: 0105675029

### ***DIRECTOR:***

Ing. Andrés Omar Alvarado Martínez Ph.D.  
CI: 0.102246477

CUENCA – ECUADOR  
2018



## **RESUMEN:**

La Empresa Pública Municipal de Telecomunicaciones, Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de Cuenca (ETAPA EP) ha identificado una disminución en la eficiencia del tratamiento de las plantas de las zonas rurales. Debido a la necesidad de devolver operatividad y eficiencia a estas plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR), el presente trabajo contempla la evaluación y propuesta de rediseño del sistema descentralizado ubicado en la comunidad de "Santa Ana", parroquia Santa Ana del cantón Cuenca. A través de inspecciones de campo, mediciones del caudal afluente, y caracterizaciones del agua residual, se estableció el estado de la PTAR actualmente conformada por una estructura de llegada, tanque séptico, filtro anaerobio y humedales artificiales. La propuesta de rediseño incluye una línea de tratamiento preliminar constituida por una rejilla, desarenador y un vertedero triangular. Se plantean intervenciones al tanque séptico y filtro anaerobio existentes para asegurar la eficacia del tratamiento, y la eliminación de los humedales para la implementación de un segundo tanque séptico y de un tratamiento de desinfección de cloración. El reducido espacio disponible para el emplazamiento de unidades no hace viable la implantación de otro proceso de desinfección diferente a la cloración para la remoción de patógenos considerablemente altos en el agua residual, pero por el alto riesgo de la formación de compuestos tóxicos su implementación deberá ser analizada profundamente. Se incluye el manual de operación y mantenimiento, y el presupuesto de la propuesta de rediseño.

## **PALABRAS CLAVE:**

AGUAS RESIDUALES, PLANTA DE TRATAMIENTO, DESCENTRALIZADO, SANTA ANA, ANAEROBIO.



**ABSTRACT:**

The Municipal Public Institution in charge of the telecommunications, drinking water, sewerage and sanitation in Cuenca (ETAPA EP) has identified a decrease in the efficiency of the wastewater treatment facilities located in rural areas. To return operability and efficiency to these wastewater treatment plants (WWTP), this project focuses in the evaluation and a redesign proposal of the decentralized system located in the community of "Santa Ana", in Cuenca canton. The state of the WWTP was established through field inspections, affluent flow measurements, and wastewater characterizations, and it is currently conformed of an arrival structure, a septic tank, an anaerobic filter and three wetlands. The redesign proposal includes a preliminary treatment composed of a bar screen, a grit chamber and a triangular weir. Interventions to the existing septic tank and the anaerobic filter are proposed to ensure the treatment efficiency, and the wetlands elimination is proposed for the implementation of a second septic tank and chlorination disinfection. The small space available for the units placement difficult the implementation of another disinfection process for the removal of high values of pathogens present in the wastewater, but due to the high risk in the formation of toxic compounds, the implementation should be analyzed deeply. The operation and maintenance manual, and the budget are included in the redesign proposal.

**KEY WORDS:**

WASTEWATER, WASTEWATER TREATMENT PLANT, DECENTRALIZED, SANTA ANA, ANAEROBIC.



## Tabla de contenido

1. INTRODUCCIÓN .....	17
2. OBJETIVOS.....	18
2.1 Objetivo general .....	18
2.2 Objetivos específicos .....	18
3. MARCO TEÓRICO .....	19
3.1 Introducción.....	19
3.1.1 Introducción a la contaminación del agua.....	19
3.1.2 Aguas residuales .....	19
3.1.3 Objetivos del tratamiento de aguas residuales .....	20
3.2 Servicios de Agua y Saneamiento en el Ecuador en áreas rurales.....	20
3.2.1 Servicios de Saneamiento en el cantón Cuenca .....	21
3.2.2 Características generales de la zona de estudio .....	23
3.2.3 Infraestructura sanitaria .....	24
3.3 Caracterización del agua residual .....	25
3.3.1 Contaminantes de importancia en el tratamiento de aguas residuales .....	25
3.3.2 Muestreo.....	26
3.3.3 Aforo .....	27
3.3.4 Método volumétrico .....	27
3.3.5 Vertederos .....	27
3.3.6 Canal Parshall .....	30
3.4 Requisitos de depuración mínima del agua residual a ser descargada en cuerpos de agua .....	30
3.5 Parámetros generales de diseño .....	31
3.5.1 Período de diseño.....	31
3.5.2 Población de diseño .....	32
3.5.3 Caudales de aguas residuales .....	33
3.6 Diseño de los sistemas de depuración de agua residual .....	36
3.6.1 Selección del tratamiento .....	36
3.6.2 Tratamiento preliminar.....	37
3.6.3 Tratamiento primario.....	41
3.6.4 Tratamiento secundario .....	45



3.6.5	Tratamiento terciario.....	51
4.	METODOLOGÍA.....	55
4.1	Introducción.....	55
4.2	Planta de tratamiento de Aguas residuales Santa Ana Cementerio....	55
4.2.1	Ubicación y características generales .....	55
4.2.2	Diseños originales .....	55
4.2.3	Levantamiento topográfico .....	56
4.2.4	Estructura del sistema de tratamiento .....	57
4.3	Estudios de campo y laboratorio .....	59
4.4	Planteamiento de las alternativas de rediseño.....	59
4.5	Desarrollo de la propuesta de rediseño final .....	59
5.	DESCRIPCIÓN Y EVALUACIÓN DEL SISTEMA ACTUAL DE LA PTAR SANTA ANA CEMENTERIO .....	61
5.1	Descripción del sistema de alcantarillado .....	61
5.2	Área de cobertura de la PTAR Santa Ana Cementerio .....	61
5.3	Configuración actual y funcionamiento de la PTAR Santa Ana Cementerio .....	62
5.4	Estado de las estructuras actuales .....	64
5.4.1	Cerramiento.....	64
5.4.2	Tratamiento preliminar.....	65
5.4.3	Tratamiento primario.....	67
5.4.4	Tratamiento secundario .....	69
5.4.5	Estructura de salida .....	70
5.5	Caracterización físico-química y microbiológica de las aguas residuales	71
5.5.1	Materiales de muestreo .....	71
5.5.2	Rotulado y cuidado de la muestra .....	71
5.5.3	Muestreo.....	72
5.5.4	Parámetros de análisis .....	72
5.5.5	Análisis de las caracterizaciones .....	73
5.6	Aforo.....	77
5.7	Caudal que soporta el tanque séptico actual .....	79
5.8	Intervalos a los que debe trabajar el filtro anaerobio actual .....	80



6.	RESULTADOS .....	82
6.1	Alternativas de rediseño.....	82
6.1.1	Tanque de ecualización.....	82
6.1.2	Alternativas del medio de empaque.....	82
6.1.3	Tratamiento terciario.....	83
6.2	Propuesta de rediseño .....	84
6.2.1	Tratamiento preliminar.....	84
6.2.2	Tratamiento primario.....	85
6.2.3	Tratamiento secundario .....	85
6.2.4	Tratamiento terciario.....	86
6.3	Mejoras implementadas .....	86
6.4	Parámetros generales de diseño .....	87
6.4.1	Período de diseño.....	87
6.4.2	Población de diseño .....	87
6.4.3	Caudales de aguas residuales .....	90
6.5	Dimensionamiento de las unidades de tratamiento.....	92
6.5.1	Tratamiento preliminar.....	92
6.5.2	Tratamiento primario.....	95
6.5.3	Tratamiento secundario .....	96
6.5.4	Tratamiento terciario.....	97
7.	MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO.....	98
7.1	Tratamiento preliminar .....	98
7.1.1	Rejillas.....	98
7.1.2	Desarenador.....	99
7.1.3	Aforo de caudales.....	99
7.1.4	Separador de caudales.....	99
7.2	Tratamiento primario .....	100
7.2.1	Tanque séptico .....	100
7.3	Tratamiento secundario.....	101
7.3.1	Filtro anaerobio de flujo ascendente.....	101
7.4	Tratamiento terciario .....	103
8.	PRESUPUESTO.....	104
9.	CONCLUSIONES .....	106



10. REFERENCIAS .....	108
ANEXO A. Plano levantamiento topográfico. ....	111
ANEXO B. Caracterizaciones PTAR Santa Ana Cementerio .....	112
ANEXO C. Aforos de caudales.....	130
ANEXO D. Proforma medio de empaque.....	139
ANEXO E. Evaluación de las estructuras existentes.....	140
ANEXO F. Dimensionamiento de las estructuras de la propuesta de rediseño de la PTAR.....	142
ANEXO G. Planos propuesta de rediseño final .....	148

**ÍNDICE DE TABLAS**

Tabla 3.1. Plantas de Tratamiento de aguas residuales rurales del cantón Cuenca.....	23
Tabla 3.2. Características de la zona de estudio.....	24
Tabla 3.3. Contaminantes de importancia en el tratamiento del agua residual.....	26
Tabla 3.4. Procedimiento de calibración de un vertedero.....	29
Tabla 3.5. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.....	31
Tabla 3.6. Dotaciones recomendadas.....	34
Tabla 3.7. Características de rejillas de barra.....	38
Tabla 3.8. Valores usuales para el diseño del desarenador.....	39
Tabla 3.9. Dimensionamiento de un desarenador.....	41
Tabla 3.10. Volumen de lodos producidos por habitante y por año.....	43
Tabla 3.11. Criterios de diseño para filtros anaerobios aplicables para el post tratamiento de efluentes de reactores anaerobios.....	47
Tabla 3.12. Dimensionamiento de un FAFA en función de la variación del caudal.....	50
Tabla 4.1. Datos técnicos de diseño.....	56
Tabla 5.1. Métodos de análisis de los parámetros de calidad.....	73
Tabla 5.2. Eficiencias de remoción por unidades del sistema de tratamiento.....	77
Tabla 5.3. Caudales al ingreso de la PTAR.....	78
Tabla 5.4. Datos y resultados para la determinación del caudal máximo a tratar por el tanque séptico actual.....	80
Tabla 5.5. Datos y resultados de los intervalos en los que debe trabajar el Filtro Anaerobio.....	81
Tabla 6.1. Población según los censos poblacionales de la Parroquia Santa Ana y tasa de crecimiento r.....	88
Tabla 6.2. Datos para el cálculo de la población de diseño.....	89
Tabla 6.3. Datos para el cálculo de los caudales de aguas residuales domésticas.....	91
Tabla 6.4. Datos y resultados del dimensionamiento del canal de aproximación.....	93
Tabla 6.5. Resultados del dimensionamiento de la rejilla.....	93
Tabla 6.6. Datos y resultados del dimensionamiento del desarenador.....	94
Tabla 6.7. Resultados del dimensionamiento del nuevo tanque séptico.....	96
Tabla 6.8. Datos y resultados del dimensionamiento del filtro anaerobio.....	96
Tabla 6.9. Datos y resultados del dimensionamiento de la dosificación y tanque de cloración.....	97
Tabla 8.1. Presupuesto del proyecto.....	105



**ÍNDICE DE GRÁFICOS**

Gráfico 3.1. Detalle del tanque séptico.....	44
Gráfico 3.2. Curva generalizada obtenida durante la cloración al <i>breakpoint</i> . .	53
Gráfico 4.1. Esquema del sistema actual de la PTAR Santa Ana Cementerio. 56	
Gráfico 4.2. Fotografía configuración original PTAR Santa Ana Cementerio. ..	57
Gráfico 4.3. Esquema configuración original PTAR Santa Ana Cementerio. ...	57
Gráfico 4.4. Espacio otorgado por el GAD a ETAPA para la intervención de limpieza. ....	58
Gráfico 4.5. Sistema Actual de la PTAR Santa Ana Cementerio.....	58
Gráfico 5.1. Sistema de alcantarillado Parroquia Santa Ana.....	61
Gráfico 5.2. Área de cobertura de la PTAR Santa Ana Cementerio.....	62
Gráfico 5.3. Esquema actual PTAR Santa Ana Cementerio. ....	63
Gráfico 5.4. Flujo de agua de la PTAR.....	64
Gráfico 5.5. Ubicación punto de descarga. ....	64
Gráfico 5.6. Cerramiento perimetral con el cementerio. ....	65
Gráfico 5.7. Cerramiento perimetral con la vía de acceso.....	65
Gráfico 5.8. Sólidos que ingresan al tanque séptico. ....	66
Gráfico 5.9. Cajón de entrada. ....	66
Gráfico 5.10. Retención de arenas y materia orgánica en el cajón de llegada. 67	
Gráfico 5.11. Lecho de secado de arenas.....	67
Gráfico 5.12. Ductos de ventilación taponados. ....	68
Gráfico 5.13. Agua Residual en el primer compartimiento del tanque séptico. 68	
Gráfico 5.14. Medio de empaque del Filtro Anaerobio. ....	69
Gráfico 5.15. Humedales Artificiales. ....	70
Gráfico 5.16. Estructura de efluente de los humedales.....	71
Gráfico 5.17. Estructura de efluente final. ....	71
Gráfico 5.18. Envases plásticos para toma de muestras. ....	72
Gráfico 5.19. Análisis de la DBO. ....	74
Gráfico 5.20. Análisis de la DQO.....	74
Gráfico 5.21. Análisis de la Nitrógeno Amoniacal.....	75
Gráfico 5.22. Análisis de los Coliformes Totales. ....	76
Gráfico 5.23. Resultados y comparación de los caudales diarios. ....	79
Gráfico 6.1. Codo 90° con abertura. ....	86
Gráfico 6.2. Comparación entre el agua residual antes y después de la modificación en la tubería de entrada de caudal. ....	87
Gráfico 6.3. Tasas de crecimiento de la Parroquia Santa Ana. ....	88
Gráfico 6.4. Configuración del vertedero posterior al desarenador. ....	95
Gráfico 6.5. Configuración del vertedero de distribución de caudal a los tanques sépticos. ....	95



## ANEXOS

ANEXO A. Plano levantamiento topográfico. ....	111
ANEXO B. Caracterizaciones PTAR Santa Ana Cementerio .....	112
ANEXO C. Aforos de caudales.....	130
ANEXO D. Proforma medio de empaque.....	139
ANEXO E. Evaluación de las estructuras existentes.....	140
ANEXO F. Dimensionamiento de las estructuras de la propuesta de rediseño de la PTAR.....	142
ANEXO G. Planos propuesta de rediseño final .....	148



### Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio Institucional

---

#### Cláusula de licencia y autorización para publicación en el

Paúl Esteban Pulla Tenemaza en calidad de autor y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación "Evaluación y propuesta de rediseño de la planta de tratamiento de aguas residuales de Santa Ana, parroquia Santa Ana, Cuenca, Ecuador", de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el repositorio institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación

Cuenca, octubre 2018

Paúl Esteban Pulla Tenemaza

C.I: 0104828983

Daniel Andrés Tapia Sisalima

C.I: 0103675026



### Cláusula de Propiedad Intelectual

---

Paúl Esteban Pulla Tenemaza, autor del trabajo de titulación "Evaluación y propuesta de rediseño de la planta de tratamiento de aguas residuales de Santa Ana, parroquia Santa Ana, Cuenca, Ecuador", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor.

Cuenca, octubre 2018

---

Paúl Esteban Pulla Tenemaza

C.I: 0104828983



### Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio Institucional

---

Daniel Andrés Tapia Sisalima en calidad de autor y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación "Evaluación y propuesta de rediseño de la planta de tratamiento de aguas residuales de Santa Ana, parroquia Santa Ana, Cuenca, Ecuador", de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el repositorio institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, octubre 2018

---

Daniel Andrés Tapia Sisalima

C.I: 0105675029



---

### Cláusula de Propiedad Intelectual

---

Daniel Andrés Tapia Sisalima, autor del trabajo de titulación "Evaluación y propuesta de rediseño de la planta de tratamiento de aguas residuales de Santa Ana, parroquia Santa Ana, Cuenca, Ecuador", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor.

Cuenca, octubre 2018

---

Daniel Andrés Tapia Sisalima

C.I: 0105675029



## DEDICATORIA

Este trabajo lo dedico a mi familia, en especial a mis padres Inés y Rubén, y a mis hermanas Fernanda y Karina, quienes me han brindado todo el apoyo para culminar esta etapa de mi vida. Es grato poder recompensar todo el sacrificio y confianza puesta en mí con este nuevo logro, todo lo que soy como persona ha sido gracias a ustedes.

Con mucho cariño también le dedico esto a mis sobrinos Lio, Dome y Damián, cada sonrisa suya ha sido una fuente de motivación y alegría.

Por último, mencionar que cuando se alcanza una meta, a medida que pasa el tiempo uno se da cuenta que lo que más se disfrutó fue el recorrido, por eso también dedico este trabajo a mis amigos, sin ellos tal vez la experiencia pudo haber sido diferente.

**Paúl Esteban**

En primer lugar, esta tesis la dedico a Dios, por cada día bendecirme con salud, inteligencia y amor, dándome la oportunidad de dar lo mejor de mí.

A mi madre, Carmita, el centro de mi vida y de mi hogar, quien me ha guiado desde pequeño y guiado en este camino incondicionalmente con amor y paciencia, y por ser la mejor mamá del mundo.

A mi padre, Mauro, mi más grande ejemplo de superación, gracias por inspirarme en este mundo de la ingeniería y con tu ejemplo querer llegar más lejos cada día.

A mi hermano, Juan Diego, en quien me he apoyado académicamente y ser un profesor en casa, por enseñarme, guiarme y exigirme siempre al máximo.

A mi pequeña hermana, María José, mi gran cómplice de vida, solo ella sabe cuánto la amo y admiro, espero tanto que como yo he crecido tú lo hagas y pueda ser partícipe de cada uno de tus logros.

A toda mi familia quienes han sido un apoyo inimaginable e incomparable a lo largo de toda mi vida apoyándome en ustedes en cualquier momento.

A mis amigos quienes han hecho de esta etapa universitaria la más grande experiencia vivida hasta el momento.

***Daniel Andrés***



## AGRADECIMIENTOS

Agradecemos de manera muy especial a nuestro director el Ing. Andrés Alvarado Martínez, PhD. docente de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Cuenca, por su valioso aporte en la realización del presente proyecto que con su conocimiento y experiencia ha sido una guía en nuestras labores.

A las estudiantes Brenda, Ana Laura y Emily, y a los doctores Clyde Munster y Anish Jantrania, miembros de la Universidad de Texas A&M, por su apoyo en la ejecución del proyecto y permitirnos compartir experiencias de cada uno de nuestros países en materia de la ingeniería de saneamiento.

A la Ing. Verónica Rodas y al equipo de trabajo del departamento de Saneamiento de la empresa pública ETAPA, por el apoyo brindado durante la ejecución del proyecto.

Al GAD Parroquial Santa Ana, por el interés y colaboración en el proyecto, que esperamos sirva para mejorar la calidad de vida de los habitantes de la parroquia.

***Paúl y Andrés***





## 1. INTRODUCCIÓN

En las próximas décadas los países en desarrollo enfrentarán una mayor competencia por el acceso al agua debido al crecimiento demográfico, nuevos hábitos de vida y el desarrollo urbano e industrial sin una adecuada planificación. Por otra parte, la disposición final de las aguas residuales, en constante incremento, producidas por las diferentes actividades humanas (principalmente usos domésticos e industriales) representa un reto para el desarrollo en estos países, por la falta de fondos y experiencia en saneamiento.

El aumento en la demanda de agua por el crecimiento poblacional y la extensa actividad humana ha provocado altas producciones de aguas residuales que superan la capacidad depurativa de la naturaleza. La mala disposición de las aguas residuales causa problemas no solo físicos o estéticos en los cuerpos receptores de agua, sino que afecta directamente a la salud de la población por el uso y el contacto con agua contaminada. Encarar este problema es imperante, a nivel mundial más del 80 % de las aguas residuales resultantes de las actividades humanas se vierten en ríos o el mar sin que se eliminen, se calcula que unas 842000 personas mueren cada año de diarrea como consecuencia de la insalubridad del agua, de un saneamiento insuficiente o de una mala higiene de las manos, siendo los niños y niñas los más vulnerables con cerca de 1000 muertes diarias a causa de enfermedades diarreicas prevenibles (OMS, 2017).

A nivel mundial, se ha logrado un desarrollo significativo en el tratamiento de aguas residuales para las áreas urbanas en comparación con las áreas rurales (Massoud et al., 2009). Los sistemas centralizados de recolección y tratamiento de aguas residuales son costosos de construir y operar, especialmente en áreas con baja densidad poblacional (Wilderer & Schreff, 2000). Proporcionar un tratamiento de aguas residuales confiable y asequible en las áreas rurales es un desafío en muchas partes del mundo, particularmente en los países en vías de desarrollo, que poseen recursos limitados y escasa experiencia técnica para administrar y operar estos sistemas. Así, los sistemas descentralizados de gestión de aguas residuales resultan apropiados para pequeñas comunidades rurales. Económicamente, la diferencia entre los sistemas centralizados y descentralizados es muy relevante, además, el tratamiento descentralizado de aguas residuales es una forma de saneamiento ecológicamente más sostenible (Crites & Tchobanoglous, 2000), y brinda la oportunidad de recuperar recursos de las aguas residuales, como agua para determinados fines agrícolas e industriales, lo que reduce la demanda de agua dulce (Bakir, 2001).

Cuenca, la tercera ciudad más grande de Ecuador, lidera los servicios de saneamiento en el país, operando la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) más grande del país en el sector de Ucubamba, que tiene una



cobertura del 90 % del área urbana (Alvarado et al., 2017). En el área rural del cantón Cuenca, sin embargo, la cobertura de los servicios de alcantarillado está alrededor del 60%, disponiéndose de 32 sistemas de tratamiento descentralizados de aguas residuales en 13 parroquias rurales del cantón (Alvarado & Cárdenas, 2015). La mayoría de éstos sistemas están conformados por un tratamiento preliminar (rejillas), un tratamiento primario (pozo séptico), y un tratamiento secundario (filtro anaerobio o humedal artificial) (Ordoñez, 2009). Se ha evidenciado que los sistemas descentralizados son una solución eficaz para zonas rurales, no obstante, su aplicación en Cuenca no ha sido del todo satisfactoria por la falta de programas de operación y mantenimiento que aseguren el funcionamiento adecuado, y por la generalización de los diseños implementados. Los principales retos de diseño en los sectores rurales constituyen las condiciones climáticas y físicas, capacidades financieras y de recursos humanos, y que se consiga la aceptabilidad social en el sitio específico.

El presente trabajo evalúa la PTAR localizada en la Comunidad de “Santa Ana”, del cantón Cuenca, analizando posibles soluciones para el sistema y llevando a diseño final una solución viable y sustentable, sirviendo además de guía metodológica para posibles intervenciones en otros sistemas rurales que presentan deficiencias en su funcionamiento. Este proyecto está enmarcado dentro del convenio de cooperación entre el College of Agriculture and Life Sciences de la Universidad Texas A&M, USA y la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Cuenca, por lo que se contó con el apoyo académico de estudiantes y docentes de la Universidad Texas A&M en todas las etapas de desarrollo.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo general

Proponer soluciones integrales para el mejoramiento de sistemas descentralizados de tratamiento de agua residual en el área rural del Ecuador.

### 2.2 Objetivos específicos

- Diagnosticar el estado y funcionalidad actual de la PTAR de Santa Ana.
- Reconocer los factores que provocan falencias en el funcionamiento de los distintos procesos de depuración.
- Analizar las posibles soluciones a las falencias del sistema.
- Evaluar las distintas alternativas y llevar a diseño final una solución viable y sostenible.



## 3. MARCO TEÓRICO

### 3.1 Introducción

El presente capítulo presenta una visión general de los conceptos básicos referentes al Saneamiento Ambiental y en específico al tratamiento de aguas residuales. Aspectos que cubre este capítulo son: (1) estado de los servicios e infraestructura de saneamiento en Ecuador, (2) conceptos fundamentales de calidad de aguas residuales y objetivos del tratamiento de aguas residuales, (3) principales contaminantes de las aguas residuales y legislación vigente en nuestro país para la descarga de efluentes, (4) parámetros generales para el diseño de sistemas de tratamiento de aguas residuales, (5) criterios para la selección del tratamiento de aguas residuales, (6) descripción y procedimientos de diseño para los sistemas específicos a implementarse en la PTAR en análisis.

#### 3.1.1 Introducción a la contaminación del agua

El agua es el componente químico más abundante en la biósfera y quizá también el más importante (Terry et al., 2010). La contaminación del agua es la adición de sustancias o formas de energía que alteran directa o indirectamente su naturaleza de tal manera que afecta negativamente sus usos legítimos.

Debido a las propiedades del agua como solvente y su capacidad para transportar partículas, se puede decir que su calidad es el resultado de la acción de condiciones naturales que pueden afectarla, o debido a las actividades de los seres humanos (Metcalf & Eddy, 1995). Las condiciones naturales hacen referencia a la contaminación del agua por el contacto con partículas, sustancias e impurezas en el suelo a través de la escorrentía y la infiltración. Las actividades de los seres humanos pueden referirse a la intervención del hombre de una manera concentrada, como las descargas de aguas residuales domésticas o industriales, o en forma difusa, como en la aplicación de fertilizantes o pesticidas en el suelo. (Von Sperling, 2007)

#### 3.1.2 Aguas residuales

Las aguas residuales son esencialmente aquellas aguas de abastecimiento cuya calidad se ha deteriorado por diferentes usos. Se pueden definir como la combinación de agua y residuos procedentes de las viviendas, instituciones públicas y establecimientos industriales, agropecuarios y comerciales, a los que pueden agregarse, de manera eventual, determinados volúmenes de aguas subterráneas, superficiales y pluviales (Metcalf & Eddy, 1995).

Se consideran aguas residuales domésticas los líquidos provenientes de las viviendas, edificios comerciales e institucionales, en las cuales los principales



contaminantes son: sólidos suspendidos, materia orgánica biodegradable, nutrientes y organismos patógenos.

Otro término generalmente usado es denominar aguas negras a las aguas residuales provenientes de inodoros, es decir, aquellas que transportan excrementos humanos y orina. Y aguas grises a las procedentes de tinajas, duchas, lavamanos y lavadores, esto es, aguas residuales domésticas, excluyendo las de los inodoros.

### 3.1.3 Objetivos del tratamiento de aguas residuales

La generación de aguas residuales es un producto inevitable de la actividad humana, y, dada su condición de poseer material orgánico putrescible de la materia fecal y orina, si se dejan estancar las aguas residuales crudas, la descomposición de la materia orgánica puede dar lugar a la producción de grandes cantidades de gases pestilentes. Además, las aguas residuales contienen usualmente, numerosos organismos patógenos causantes de muchas enfermedades, los cuales habitan en el aparato intestinal humano. Por consiguiente, el agua residual constituye un riesgo para la salud al ser putrescible, olorosa y ofensiva, y de igual manera, por tener estas características, la disposición de aguas residuales crudas en un río o cuerpo de agua, que superen a su capacidad de asimilación de contaminantes, resultará en la disminución de su calidad y aptitud para usos por parte del hombre.

De esta manera el objetivo básico del tratamiento de aguas residuales es proteger la salud y promover el bienestar de los individuos miembros de la sociedad. Objetivo que se consigue diseñando los sistemas de tratamiento de tal manera que se logre la remoción de sólidos gruesos, disminución de la carga orgánica y microbiológica del agua residual hasta niveles que no produzcan efectos contaminantes en el cuerpo receptor, de forma que, en la zona aguas abajo de los puntos de descarga, puedan ser utilizadas con seguridad para otras actividades,

## 3.2 Servicios de Agua y Saneamiento en el Ecuador en áreas rurales

En Ecuador, un país megadiverso y pluricultural, uno de los temas relevantes es el cuidado y uso responsable del agua, así como un adecuado saneamiento ambiental que favorezca la salud y la protección del medioambiente. Por otro lado, la gran brecha entre zonas urbanas y rurales en lo que respecta a la disposición de servicios básicos es evidente, siendo uno de los indicadores principales el de la pobreza (Escobar et al., 2017). En el país la incidencia de la pobreza alcanza en 33.7% a nivel nacional, siendo 4.3 veces mayor en las zonas rurales que en hogares urbanos (Acosta et al., 2018).

En su esfuerzo por lograr una mayor equidad social, en el Ecuador se han



formulado varios planes y programas con metas específicas para reducir la brecha urbano-rural en todos los aspectos que caracterizan el progreso de la sociedad. Es así que, en lo concerniente al acceso al agua y saneamiento los resultados han sido evidentes (Fernández et al., 2018):

- La brecha urbano-rural de acceso al agua disminuyó del 31 % en el 2001 a 19 % en el 2014; evolución explicada básicamente por el significativo incremento de la cobertura rural, que pasó del 53.33 % en el 2001 a 64.91 % en el 2010, y luego, a 74.35 % en el 2014.
- La brecha urbano-rural del acceso al saneamiento disminuyó del 30 % en el 2001 a solo 6 % en el 2014, debido al incremento de la cobertura rural, que pasó de 36.59 % en el 2001 a 53.07 % en el 2010, y luego, a 65.44 % en el 2014.

Así también, la inequidad no está únicamente entre el área urbana y rural, sino trasciende geográficamente por regiones. Las coberturas a nivel nacional en la sierra son considerablemente mayores tanto en servicios de agua como saneamiento (Fernández et al., 2018):

- La cobertura de agua en el 2014 de la región sierra fue de 97.12 %, seguido por la región insular con 93.80 %, la región costera con 81.96 %, y (por último) la región amazónica con 75.13 %.
- La cobertura de saneamiento de la sierra también es la más alta con 86.96 % en el 2014, seguido por la región amazónica con 62.36 %, la región costera con 56.59 %, y la región insular con 44.56 %.

### 3.2.1 Servicios de Saneamiento en el cantón Cuenca

La cobertura del servicio de agua en el cantón Cuenca por red pública es del 87.9 % y la cobertura de alcantarillado alcanzó el 73.6% (SENPLADES, 2014).

El sector urbano del cantón cuenta con un sistema de alcantarillado casi en totalidad de tipo combinado con una cobertura del 71.9% (INEC, 2010). Los caudales son captados al sistema de interceptores mediante las unidades de derivación y transportados hacia la PTAR de Ucubamba que trata el 90% de las aguas residuales de la ciudad.

El sector rural, que representa un tercio de población del cantón Cuenca, ha podido acceder a los servicios de agua potable y saneamiento de forma limitada, entre otros factores por el costo de implementación de la infraestructura, la situación económica de la población, falta de planificación rural, el incremento de zonas periféricas consolidadas, la dispersión de la prestación de servicio mediante pequeños sistemas de abastecimiento normalmente administrados por las comunidades, inadecuada operación y



mantenimiento, falta de asistencia técnica, entre los principales.

A pesar de todos estas limitaciones se conoce que en el sector rural del cantón la cobertura del sistema de alcantarillado alcanza el 60 % (Alvarado et al., 2017) y existen 32 PTAR rurales. La mayoría de estos sistemas consisten en un tratamiento preliminar (rejillas), un tratamiento primario (pozo séptico), y un tratamiento secundario (filtro anaerobio o humedal artificial). Así también, a pesar de las variaciones sustanciales en las características de cada zona de cobertura de las PTAR, las dimensiones y la configuración de las estructuras principales son evidentemente las mismas, lo cual implica una generalización en su diseño y construcción, como se puede observar en la Tabla 3.1.

Nro.	NOMBRE DEL SISTEMA	UBICACIÓN	ÁREA DE COBERTURA (ha)	TIPO DE SISTEMA	EN OPERACIÓN
1	Ricaurte	Flor de camino	-	FS+FA	-
2	Molleturo	Luz y Guia	-	-	-
3	Abdón Calderon	Molleturo	72.2	FS+HA	✓
4	Estero Piedra	(Molleturo)	-	FS+HA	✓
5	Flor y Selva	(Molleturo)	55.8	FS+HA	✓
6	Jesús del Gran Poder	Molleturo	417.5	FS+HA	✓
7	La Suya	Molleturo	43.5	FS+FA	✓
8	Tamarindo	Molleturo	N/D	FS+HA	✓
9	San Antonio	Chaucha	N/D	FS+FA	✓
10	San Gabriel – Parte Baja	Chaucha	N/D	FS+FAM	✓
11	San Gabriel	Chaucha	75.2	FS+FAM	✓
12	Cruz Verde	Chiquintad	75.2	FS	✓
13	La Isla	Chiquintad	54.3	FS	✓
14	Churuguzo	Victoria del Portete	226.5	FS+HA	✓
15	Escaleras	Victoria del Portete	49.3	FS+FA	✓
16	Cumbe	Victoria del Portete	40.3	FS+FA	✓
17	Quillopungo	El Valle	150.8	A+B+D	✓
18	Soldados	San Joaquin	N/D	FS+HA	✓
19	Achayacu	Tarqui	129.4	FS+FA	✓
20	Tutupali	Tarqui	41.5	FS+FA	✓
21	El Chorro	Santa Ana	47.9	FS+FA	✓
22	Guabo	Sidcay	25.4	FS+FA	✓
23	Santa Ana Laureles	Santa Ana	24.4	FS+FA	✓
24	San Pedro	Santa Ana	71.0	FS+FA	✓



Nro.	NOMBRE DEL SISTEMA	UBICACIÓN	ÁREA DE COBERTURA (ha)	TIPO DE SISTEMA	EN OPERACIÓN
25	Santa Ana Cementerio	Santa Ana	32.9	FS+FA+HA	✓
26	Santa Bárbara	Santa Ana	8.6	FS+FAM	✓
27	Macas de Quingeo	Quingeo	11.1	FS+FA	✓
28	Quingeo Centro	Quingeo	103.6	FS+FA	✓
29	Octavio Cordero Palacios	Victoria del Portete	38.4	FS	✓
30	Tarqui Centro	Victoria del Portete	605.1	FS+HA	✓
31	Bella Unión	Santa Ana	76.5	-	✓
32	Pueblo Nuevo	Molleturo	55.8	FS+FA	✓

FS: Fosa Séptica

FA: Filtro Anaerobio

FAM: Filtro Anaerobio Monoblock

HA: Humedales Artificiales

B: Biofiltros

D: Desinfección

Tabla 3.1. Plantas de Tratamiento de aguas residuales rurales del cantón Cuenca.

FUENTE: (Andrés Alvarado et al., 2017)

La Empresa Pública Municipal de Telecomunicaciones, Agua Potable, Alcantarillado, y Saneamiento de Cuenca (ETAPA), es la responsable de los servicios de agua potable y saneamiento en el cantón Cuenca, que involucra la planeación, ejecución y administración de las redes de alcantarillado, así como de las PTAR existentes.

### 3.2.2 Características generales de la zona de estudio

La parroquia de Santa Ana está ubicada al Sur Oriente del cantón Cuenca, Provincia del Azuay, aproximadamente a 20 km de la ciudad de Cuenca en el trayecto Cuenca - El Valle - Gualaceo. Características complementarias se detallan en la Tabla 3.2.

<b>CARACTERÍSTICAS GENERALES</b>	
Población (INEC, 2010)	5366 habitantes
División Política	21 comunidades
Superficie	4731.94 ha
Cabera Parroquial	Centro Parroquial
<b>CARACTERÍSTICAS GEOGRÁFICAS</b>	
Red hídrica	Río Gordeleg Río Quingeo Río Malguay
Altimetría	2480 msnm – 335msnm
Pendientes	8% - 30%
<b>CARACTERÍSTICAS CLIMATOLÓGICAS</b>	
Temperatura media mensual	15.7 °C
Precipitación media anual	700mm – 900mm

Tabla 3.2. Características de la zona de estudio.

### 3.2.3 Infraestructura sanitaria

#### 3.2.3.1 Agua de consumo humano

La parroquia Santa Ana cuenta con dos plantas de tratamiento de agua potable ubicadas en las comunidades El Chorro y Bella Unión, y cuatro tanques de reserva ubicados en las comunidades Centro Parroquial, Ingapirca, Playa de los Ángeles y Bella Unión.

La Cooperativa de Desarrollo de la Comunidad de la Parroquia Santa Ana, (CODESA), brinda el servicio de agua a 18 comunidades de la parroquia, que conjuntamente con ETAPA realizan una gestión mixta. Para las comunidades restantes, el servicio de agua es brindado por las juntas administradoras de agua de cada una de ellas.

La disponibilidad del servicio de agua para el consumo humano en la parroquia de Santa Ana es del 92%.

#### 3.2.3.2 Aguas residuales

En la parroquia Santa Ana existe un déficit grande de cobertura de red de alcantarillado, 16 de las 21 comunidades carecen del servicio. (Bueno et al., 2015)

Actualmente existen dos sistemas de alcantarillado en la parroquia. La cobertura del alcantarillado sanitario es muy reducida y brinda servicio a las





comunidades del Centro Parroquial, Los Laureles y una parte de la comunidad de Tepal. El segundo sistema corresponde a la red de alcantarillado combinado que cubre la comunidad El Chorro.

La eliminación de excretas por medio de alcantarillado corresponde al 28% de las comunidades, y por pozo séptico el 70%, quedando como método de eliminación al aire libre el 3% de los asentamientos, aspecto que se debe considerar sobre todo en la contaminación del medio físico de la parroquia.

En relación a las viviendas que disponen del servicio de alcantarillado, según datos del Censo del INEC 2010, el 90% carece del mismo, realizando la evacuación de las aguas servidas el 41% a pozos sépticos, 10% a pozos ciegos, 8% a letrinas, el 1% con descarga directa al río o quebradas y los que no disponen representa el 30%.

Existen seis plantas de tratamiento de aguas servidas, la PTAR “Cementerio” que sirve a la comunidad en su centro Parroquial, y, por otro lado, las PTAR Bella Unión, Los Laureles, El Chorro, San Pedro y Santa Bárbara dan tratamiento a las comunidades que llevan su mismo nombre.

### 3.3 Caracterización del agua residual

#### 3.3.1 Contaminantes de importancia en el tratamiento de aguas residuales

Toda agua residual afecta en alguna manera la calidad del cuerpo de agua receptor, la magnitud de los efectos es función de sus características o composición, que depende de los usos a los que se sometió el agua. Estos usos varían de acuerdo al clima, los hábitos de la población y su situación social y económica (Von Sperling, 2007).

En las pruebas de laboratorio para el diseño de una PTAR, no se determinan todos los componentes de las aguas residuales, sino que solo se determinan aquellos que representen su potencial contaminante. En la Tabla 3.3 se presentan los contaminantes de interés en el tratamiento del agua residual y sus efectos de polución.

CONTAMINANTE	PARÁMETRO TÍPICO DE MEDIDA	RAZÓN DE SU IMPORTANCIA
Sólidos suspendidos	Sólidos suspendidos totales (SST)	Puede conducir al desarrollo de depósitos de lodos y condiciones anaerobias cuando se descargan aguas residuales crudas en un medio acuático.
Materia orgánica biodegradable	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	Está compuesta principalmente de proteínas, carbohidratos y grasas. Si no es previamente removida puede producir agotamiento del oxígeno disuelto (OD) de la fuente receptora y desarrollo de condiciones sépticas.
	Demanda Química de Oxígeno (DQO)	
Patógenos	Coliformes	Producen enfermedades
Nutrientes	Nitrógeno	Cuando se descargan en las aguas residuales pueden producir crecimiento de vida acuática indeseable. Cuando se descargan en cantidades excesivas sobre el suelo pueden producir polución del agua subterránea.
	Fósforo	
Metales pesados	Elementos específicos (As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn, etc.)	Pueden ser tóxicos, y algunos pueden inhibir el tratamiento biológico de aguas residuales. Los metales pesados son añadidos frecuentemente por ciertas actividades comerciales e industriales, y puede ser necesario eliminarlos si se pretende reutilizar el agua residual.
Sólidos inorgánicos disueltos	Sólidos disueltos totales (SDT)	Es posible que deban ser removidos para reuso del agua ya que pueden ocasionar problemas de salinidad excesiva en el riego de plantaciones, o problemas con la permeabilidad del suelo (Sodio).
	Conductividad	

Tabla 3.3. Contaminantes de importancia en el tratamiento del agua residual.

FUENTE: (Metcalf &amp; Eddy, 1995)

### 3.3.2 Muestreo

En el diseño de procesos de tratamiento es de suma importancia la realización de una adecuada caracterización del agua residual, y dado que las características del agua residual cambian durante el día solo se logrará una adecuada caracterización si la muestra de agua es representativa del caudal global de aguas residuales y no solamente del caudal que circula en el instante de muestreo.

En el muestreo de agua residual es común la toma de muestras compuestas, las cuales están conformadas por varias fracciones recolectadas a intervalos



iguales de tiempo durante un día de muestreo. Las muestras se pueden componer con base en el tiempo o en el caudal. En muestras compuestas con respecto al caudal se añade a la mezcla una cantidad proporcional al caudal para cada instante de muestreo. En muestras compuestas con base en el tiempo, se agrega una cantidad fija de muestra, de cada período, a la mezcla (Crites & Tchobanoglous, 2000).

Los periodos de muestreo dependen del régimen de variación del caudal, de la disponibilidad de recursos económicos y de los propósitos del programa de muestreo (Romero, 2000).

### 3.3.3 Aforo

Los dispositivos de medición de caudal son esenciales para la operación de las PTAR y se incluyen por lo general en el tratamiento preliminar de los sistemas. Los métodos más utilizados para la medición de caudales son el método volumétrico, vertederos, y los medidores de régimen crítico (el más usado es el canal Parshall).

### 3.3.4 Método volumétrico

La medición directa del tiempo que se tarda en llenar un recipiente de volumen conocido resulta la manera más sencilla para el cálculo de pequeños caudales. Se expresa según la Ecuación (1).

$$Q = \frac{V}{t} \quad (1)$$

En donde:

Q: Caudal (L/s)

V: Volumen del recipiente de aforo (L)

t: Tiempo de llenado del recipiente (s)

Para caudales de más de 4 L/s, es adecuado un recipiente de 10 litros de capacidad, y para caudales mayores, un recipiente de 200 litros puede servir para corrientes de hasta 50 L/s. (Hudson, 1997)

Se recomienda tomar varias medidas de tiempo que tarda en llenarse un recipiente y promediarlas para obtener un valor más preciso. La variación entre las diversas mediciones efectuadas sucesivamente dará una indicación de la precisión de los resultados.

### 3.3.5 Vertederos

Los aforos realizados mediante vertederos, se utilizan principalmente en caudales de pequeñas corrientes. Un vertedero es una obstrucción realizada en un canal que permite controlar el paso del caudal de tal manera que el



líquido fluye sobre o a través de ella. Midiendo la altura de la superficie líquida corriente arriba es posible determinar el caudal.

El tipo de vertedero más utilizado es el de pared delgada, debido a que es una estructura de construcción sencilla, barata y de fácil instalación, pero al constituir una obstrucción del flujo de agua tiene como desventaja la acumulación de material sedimentable.

La Ecuación (2) representa una expresión aproximada para el vertedero triangular o de muesca en V (90°) (Streeter & Wylie, 1988).

$$Q = 1.38 H^{2.50} \quad (2)$$

En donde:

$Q$ : Caudal ( $m^3/s$ )  
 $H$ : Carga de agua ( $m$ )

Y para un vertedero rectangular la Ecuación (3).

$$Q = 1.84 L H^{3/2} \quad (3)$$

En donde:

$Q$ : Caudal ( $m^3/s$ )  
 $H$ : Carga de agua ( $m$ )  
 $L$ : Ancho ( $m$ )

### 3.3.5.1 Calibración

La metodología de calibración de un vertedero consiste en efectuar un aforo volumétrico de caudales, a la vez que se registran sus correspondientes alturas de agua en el vertedero. La ecuación para calcular el caudal a partir de la altura de agua sobre el vertedero puede obtenerse mediante una ecuación experimental o determinado un factor de corrección para una ecuación teórica,

El procedimiento para la calibración se presenta en la Tabla 3.4.

CONCEPTO	OBSERVACIONES
	Aplicar la ecuación $Q_{medido} = V/t(x)$
Cálculo del caudal medido ( $Q_{medido}$ )	En donde: Q: Caudal (L/s) V: Volumen del recipiente de aforo (L) t: Tiempo de llenado promedio de las mediciones de caudal efectuadas (s)
Medición de la altura sobre el vertedero (H)	H = altura medida sobre la cresta del vertedero (cm)
Expresión del caudal calibrado	La ecuación modelo utilizada para vertederos triangulares experimentalmente es del tipo exponencial: $Q_{calibrado} = KH^n$ En donde: $Q_{calibrado}$ : Caudal (L/s) K: Factor adimensional n: Factor adimensional
Determinación de K y n	Aplicando logaritmos a la ecuación de $Q_{calibrado}$ : $\log Q_{calibrado} = \log K + n \log H$ La anterior ecuación tiene la forma de la de la ecuación de la recta $y = mx + b$ donde: $y = \log Q$ $m = n$ $x = \log H$ $b = \log K$ Para encontrar los valores de n y K se grafican los logaritmos de las alturas (H) contra los logaritmos de los caudales medidos ( $Q_{medido}$ ). La pendiente de la línea de tendencia (m) es el valor de n, y el valor de K es el logaritmo inverso de b.
Expresión del caudal real	$Q_{real} = C_d * Q_{teórico}$ $C_d$ : Coeficiente de descarga $Q_{teórico}$ : Expresión teórica
Cálculo del coeficiente de descarga ( $C_d$ )	Se grafican los caudales medidos contra los caudales teóricos y se obtiene la línea de tendencia, cuya pendiente es igual al coeficiente de descarga ( $m = C_d$ ).
Porcentajes de error entre las diferentes ecuaciones obtenidas, en %	$error = \frac{Q_{medido} - Q_{calibrado/real}}{Q_{medido}} * 100$
NOTA: La utilización de la expresión $Q_{real}$ ó $Q_{calibrado}$ dependerá del porcentaje de error que presenten los caudales calculados comparados con los caudales obtenidos del método volumétrico. Se selecciona la expresión que presente el menor error.	

Tabla 3.4. Procedimiento de calibración de un vertedero.



### 3.3.6 Canal Parshall

Es una estructura hidráulica que permite medir la cantidad de agua que pasa por una sección de un canal determinado. Su funcionamiento se basa en aplicar un estrechamiento y un levantamiento de la base del canal, de tal forma de provocar una aceleración del flujo para cambiar el cambio de régimen subcrítico a supercrítico, lo que implica que se debe pasar por el calado crítico (sección de control).

En el canal Parshall la relación entre el calado y el caudal está regida por la Ecuación (4).

$$Q = KH^n \quad (4)$$

En donde:

$Q$ : Caudal

$H$ : Altura de agua

$K, n$ : Valores constantes que se presentan en tablas

### 3.4 Requisitos de depuración mínima del agua residual a ser descargada en cuerpos de agua

Las cargas o concentración de contaminantes y nutrientes, constituyen el objeto de la regulación, por parte de leyes, decretos y normas, para establecer la calidad y el control de la contaminación apropiada del agua, de acuerdo con los diferentes usos aplicables a ella. La norma técnica ecuatoriana pertinente que establece los criterios de calidad de las aguas para distintos usos constituye el Anexo 1 del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente: Norma de calidad ambiental y descarga de efluentes: recurso agua. Normativa que presenta los límites de descarga a un cuerpo de agua dulce, y establece, entre otros aspectos, los siguientes requerimientos de depuración mínima del agua residual a ser descargada en cuerpos hídricos superficiales, Tabla 3.5.

PARÁMETRO	EXPRESADO COMO	UNIDAD	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE
Coliformes Fecales	NMP	NMP/100 ml	2000
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	$DBO_5$	mg/l	100
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	200
Fósforo Total	P	mg/l	10.0
Materia flotante	Visibles	-	Ausencia
Nitrógeno Amoniacal	N	mg/l	30.0
Nitrógeno Total Kjeldahl	N	mg/l	50.0
Potencial de hidrógeno	pH	-	6-9
Sólidos Suspendidos Totales	SST	mg/l	130
Sólidos totales	ST	mg/l	1600

Tabla 3.5. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce

FUENTE: Anexo 1 del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente: Norma de calidad ambiental y descarga de efluentes: recurso agua

### 3.5 Parámetros generales de diseño

#### 3.5.1 Período de diseño

Una PTAR se proyecta de tal manera de atender las necesidades de una comunidad durante un determinado periodo. El horizonte o período de diseño de una PTAR es el lapso durante el cual la obra cumple su función satisfactoriamente sin necesidad de ampliaciones.

Los períodos de diseño están vinculados con los aspectos económicos, siendo de vital importancia considerar costos de inversión y de operación que pueden afectar el balance financiero del organismo encargado de pagar por las obras y su operación (CONAGUA, 2015a). El seleccionar un adecuado periodo de diseño afecta no solo los costos de la PTAR en términos de construcción y operación, sino también su rendimiento (Von Sperling, 2007).

Otros factores que intervienen en la selección del periodo de diseño son la durabilidad o vida útil de las estructuras y equipo, posibilidad de ampliaciones o sustituciones, calidad del agua, operación y mantenimiento, condiciones ambientales, entre otros (López, 1995).



Periodos típicos para plantas de tratamiento de aguas residuales en poblaciones de crecimiento bajo comprenden de 20 a 25 años, y para crecimiento alto de 10 a 15 años (López, 1995). Von Sperling (2007) recomienda que el periodo de diseño debe ser corto, preferiblemente de 20 años o menos, mismo valor que establece el Código Ecuatoriano de la Construcción de Obras Sanitarias en las “Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural”.

### 3.5.2 Población de diseño

La población de diseño es la cantidad de personas que se espera tener en una localidad al final del período de diseño. La población de diseño se calcula en base de la población actual determinada mediante un recuento poblacional. En nuestro país la información de los datos censales la proporciona el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC).

Una ciudad o comunidad es un ente dinámico donde su población crece por nacimientos e inmigraciones y decrece por muertes y emigraciones, por lo que es necesario, para estimar la población futura, estudiar la características sociales, culturales y económicas de la población en el pasado y en el presente, y hacer predicciones sobre su futuro desarrollo en lo concerniente a turismo y desarrollo industrial y comercial. (López, 1995)

Las estimaciones poblacionales constituyen un instrumento indispensable para llevar a cabo la planificación de los requerimientos futuros de la población en cuanto a términos demográficos, económicos, sociales y políticos, así mismo, también permiten establecer posibles escenarios y prever acciones. En el caso de una PTAR la población de diseño comprende un parámetro básico para el cálculo del caudal de diseño para la comunidad.

Existen varios métodos para la proyección de población: Método aritmético, geométrico, exponencial, etc., pero el Código Ecuatoriano de la Construcción de Obras Sanitarias establece que para el cálculo de la población futura se debe emplear el método geométrico, por lo que solo se presentará la descripción de esta metodología.

Para el cálculo de la tasa de crecimiento poblacional, se tomará como base los datos estadísticos proporcionados por los censos nacionales y recuentos sanitarios.

#### 3.5.2.1 Método geométrico

Este método asume un porcentaje constante de cambio por unidad de tiempo, es decir, la población crece en progresión geométrica o multiplicándose cada





año por un factor constante. La población en el tiempo  $n$  se determina mediante:

$$P_F = P_a (1 + r)^n \quad (5)$$

En donde:

$P_F$ : Población futura (habitantes)

$P_a$ : Población actual (habitantes)

$r$ : Tasa de crecimiento geométrico de la población expresada como fracción decimal

$n$ : Período de diseño (años)

### 3.5.3 Caudales de aguas residuales

Una estimación del caudal de aguas residuales para el diseño de una PTAR comprende la determinación de varios aportes, que, realizándose de la manera más aproximada o exacta posible, permitirán un diseño acorde a las condiciones reales de la localidad. Los colectores y PTAR reciben los aportes de tres procedencias diferentes: las aguas residuales provenientes del abastecimiento, las aguas que se infiltran a los colectores procedentes del subsuelo, y, si es el caso de alcantarillados combinados, las aguas lluvias que clandestinamente entran al sistema. (Arocha, 1983)

Los caudales de aguas residuales se caracterizan por sus variaciones a corto plazo (horarias, diarias), semanales y estacionales, lo que debe tenerse en cuenta en el diseño de los sistemas de tratamiento. Los valores sobrevalorados o subestimados afectan directamente el rendimiento técnico y económico del diseño de las obras (Von Sperling, 2007). Cuando estos caudales no se pueden medir directamente ni se dispone de series históricas de las mismas, se pueden hacer estimaciones a partir de los datos existentes sobre el abastecimiento de agua. Si tampoco se dispone de esta información, la estimación puede realizarse utilizando los valores típicos de las dotaciones según el tipo de usuario, los aparatos domésticos e industriales existentes y la fracción de agua de abasto que se transforma en residual (Metcalf & Eddy, 1995).

#### 3.5.3.1 Dotación

Para la selección de la dotación se debe hacer, al menos, una investigación cualitativa según la localidad. Cuando no se disponga de planos urbanísticos que presenten áreas zonificadas de acuerdo al uso y permitan predecir los consumos con aproximación, es necesario estimar las dotaciones en base literatura o normativas, que basadas en investigaciones, asignan cifras para las dotaciones de agua tomando en cuenta el uso de la tierra, la zonificación y las características de la población (Arocha, 1980). Para nuestro país, si no se

dispone de datos, las normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural, parte del Código Ecuatoriano de la Construcción de Obras Sanitarias Parte IX: Obras Sanitarias, permite utilizar las dotaciones indicadas en la Tabla 3.6.

<b>POBLACIÓN (habitantes)</b>	<b>CLIMA</b>	<b>DOTACIÓN MEDIA FUTURA (l/hab/día)</b>
Hasta 5000	Frío	120-150
	Templado	130-160
	Cálido	170-200
5000 a 50000	Frío	180-200
	Templado	190-220
	Cálido	200-230
Más de 50000	Frío	>200
	Templado	>220
	Cálido	>230

Tabla 3.6. Dotaciones recomendadas.

FUENTE: Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural

### 3.5.3.2 Caudal de aguas residuales domésticas

Lo conforma el agua residual procedente de zonas residenciales o instalaciones comerciales, públicas y similares. Este caudal comprende solo una fracción del agua abastecida debido a que no todo el volumen de agua abastecida ingresa a las redes sanitarias, esto por: las pérdidas del agua de dotación en determinadas actividades (riego de jardines, consumo de animales, sistemas contra incendios, limpieza de patios, etc.), la cobertura de suministro de agua a usuarios no conectados a la red de evacuación, y las pérdidas en el sistema de abasto.

#### 3.5.3.2.1 Coeficiente de Retorno

La fracción del agua suministrada que ingresa al sistema de alcantarillado en forma de aguas residuales se denomina coeficiente de retorno R, y depende de varios factores como la localización y tipo de residencia (si posee o no jardines), uso del suelo, tipo de regulaciones, condiciones de pavimento de las vías, tipo de clima, costumbres, entre otros (Ramalho, 1990). El coeficiente de retorno R fluctúa entre 0.65 0.85 (Arocha, 1983) siendo usual utilizar el valor de 0.8 (Von Sperling, 2007).



### 3.5.3.2.2 Caudal medio de aguas residuales domésticas

El caudal medio de aguas residuales domésticas se calcula con la Ecuación (6).

$$Q_{m\ AR\ Domésticas} = \frac{P \times D \times R}{86400} \quad (6)$$

En donde:

$Q_{m\ AR\ Domésticas}$ : Caudal medio de aguas residuales domesticas (L/s)

$P$ : Población al final del periodo de diseño (habitantes)

$D$ : Dotación (L/habitantes.día)

$R$ : Coeficiente de retorno

### 3.5.3.2.3 Variaciones de caudal

El consumo de agua y la generación de aguas residuales en una localidad varían a lo largo del día (variaciones horarias), durante la semana (variaciones diarias) y durante todo el año (variaciones estacionales). Cuando sea posible llevar a cabo mediciones de caudal para determinar las variaciones de caudal reales, los datos resultantes deben utilizarse en los diseños, caso contrario se utilizan los coeficientes  $K_1$ ,  $K_2$ ,  $K_3$  para estimar los caudales mínimos y máximos.

$$Q_{\max\ AR\ Domésticas} = Q_{m\ AR\ Domésticas} \times K_1 \times K_2 \quad (7)$$

$$Q_{\min\ AR\ Domésticas} = Q_{m\ AR\ Domésticas} \times K_3 \quad (8)$$

En donde:

$K_1$ : Coeficiente máximo para el día con el mayor consumo de agua

$K_2$ : Coeficiente máximo para la hora con el mayor consumo de agua

$K_3$ : Coeficiente de reducción para la hora con el menor consumo de agua

Valores comunes para  $K_1$  comprenden de 1.2 a 1.6, y para  $K_2$  entre 2 y 3, siendo recomendado para localidades pequeñas tomar un valor no menor de 2.5 para  $K_2$  (Arocha, 1980). Para  $K_3$  es usual el valor de 0.5 (Von Sperling, 2007).

### 3.5.3.3 Caudal de aguas residuales industriales

Las aguas residuales industriales son todas aquellas aguas residuales vertidas desde locales utilizados para efectuar cualquier actividad comercial o industrial



que no sean aguas residuales domésticas ni aguas de escorrentía pluvial. La contribución de las actividades industriales en la composición de las aguas residuales depende principalmente del grado de industrialización de la localidad y de las características de los vertidos realizados a la red de colectores.

Cuando sea posible se deben realizar las mediciones de los efluentes industriales durante toda la jornada laboral, para registrar el patrón de descarga y las variaciones. Caso contrario el caudal debe ser estimado consultando referencias bibliográficas específicas referentes al proceso industrial. (Von Sperling, 2007)

#### 3.5.3.4 Caudal de aguas de infiltración

La infiltración hace referencia al agua que penetra en el sistema a través de juntas defectuosas, fracturas o grietas, o paredes porosas. La cantidad de agua que ingrese al sistema depende de varios factores, como la longitud de la red de alcantarillado, diámetros de las tuberías, tipo de suelo, profundidad del nivel freático, topografía, porosidad del material de la tubería, tipo de juntas, etc. (Metcalf & Eddy, 1995)

#### 3.5.3.5 Caudal de aguas ilícitas (aportaciones incontroladas)

Las aportaciones incontroladas corresponden a aguas pluviales que se descargan a la red por medio de alcantarillas pluviales, drenes de cimentaciones, bajantes de edificaciones y tapas de pozos de revisión. Su caudal puede estar en el orden del 5 al 10% del caudal máximo horario de aguas residuales (CEPIS, 2005).

### 3.6 Diseño de los sistemas de depuración de agua residual

#### 3.6.1 Selección del tratamiento

Las unidades de tratamiento de aguas residuales están diseñadas para acelerar el proceso de purificación natural que se produce en las aguas, y para eliminar los contaminantes que, de lo contrario, podrían interferir con el proceso natural en las aguas receptoras (Lin & Lee, 2007). Los métodos usados para el tratamiento de las aguas residuales se denominan operaciones unitarias y procesos unitarios. Las operaciones unitarias remueven los contaminantes por fuerzas físicas, mientras que los procesos unitarios consisten en reacciones químicas y/o por medio de actividad biológica.

La eliminación de contaminantes durante el tratamiento para alcanzar la calidad deseada o el estándar de descarga requerido implica la combinación de operaciones y procesos unitarios, dando lugar a los conceptos de nivel de tratamiento, que generalmente se clasifican de acuerdo a los siguientes



niveles: preliminar, primario, secundario y terciario.

La complejidad del sistema de tratamiento es función de los objetivos propuestos. De acuerdo con cada problema individual de estudio pueden considerarse objetivos diferentes, sin embargo, en el tratamiento de aguas residuales se consideran como objetivos principales la remoción de DBO, remoción de sólidos suspendidos y remoción de patógenos, posteriormente se puede considerar la remoción de nitrógeno y fósforo, y por último se puede incluir la remoción metales pesados, sustancias inorgánicas disueltas, y sustancias orgánicas refractarias (detergentes, fenoles y pesticidas). (Romero, 2000)

La selección del tratamiento de las aguas residuales depende de ciertos factores, entre los que se encuentran: características del agua residual, costos, disponibilidad de terrenos, normativas ambientales, requerimientos de energía, operación y mantenimiento, calidad requerida del efluente (Metcalf & Eddy, 1995; Ramalho, 1990). El determinante más importante en la selección del sistema de tratamiento lo constituye la naturaleza del agua residual cruda y los requerimientos de uso o disposición del efluente, mientras que el costo inicial y los costos de operación y mantenimiento constituyen el factor principal para garantizar la sostenibilidad de un sistema de tratamiento adoptado (Romero, 2000). Un sistema de tratamiento de aguas residuales de diseño y eficiencia excelente, pero con costos de operación y mantenimiento tan altos que la entidad encargada no podrá solventar, es mejor no construirlo.

### 3.6.2 Tratamiento preliminar

El tratamiento preliminar tiene como propósito la remoción de sólidos gruesos para proteger a los dispositivos de transporte de aguas residuales (bombas y tuberías), y a las unidades de tratamiento posteriores, así como, eliminar o reducir la posibilidad de obstrucciones. Son métodos de tratamiento donde predominan las fuerzas físicas.

#### 3.6.2.1 Rejillas

La eliminación de sólidos gruesos y otros materiales flotantes que pueden transportar las aguas residuales se realiza con frecuencia mediante rejillas, que eliminan material con dimensiones mayores que los espacios entre las barras. Las aberturas de las rejillas dependen del objeto de las mismas, y su limpieza puede ser manual o mecánica. El canal de acceso a la rejilla debe ser preferiblemente horizontal, recto y perpendicular a la rejilla para promover una distribución uniforme de los sólidos retenidos por ella.

Consideraciones para el diseño de rejillas de limpieza manual o mecánica se



presentan en la Tabla 3.7.

CARACTERÍSTICA	DE LIMPIEZA MANUAL	DE LIMPIEZA MECÁNICA
Ancho de las barras	0.5 – 1.5 cm	0.5 – 1.5 cm
Profundidad de las barras	2.5 – 7.5 cm	2.5 – 7.5 cm
Abertura o espaciamiento	2.5 – 5.0 cm	1.5 – 7.5 cm
Pendiente con la vertical	30° - 45°	0° - 30°
Velocidad de acercamiento	0.3 - 0.6 m/s	0.6 - 1 m/s
Pérdida de energía permisible	15 cm	15 cm

Tabla 3.7. Características de rejillas de barra.

FUENTE: (Romero, 2000)

### 3.6.2.1.1 Pérdida de carga

Si la corriente de agua llega perpendicular a la rejilla, según Kirschmer la pérdida de energía puede calcularse mediante:

$$h_f = \beta \left(\frac{w}{b}\right)^{4/3} \frac{v^2}{2g} \sin \theta \quad (9)$$

En donde:

$h_f$ : Pérdida de energía (m)

$w$ : Ancho máximo de las barras (m)

$b$ : Claro libre mínimo entre barras (m)

$v$ : Velocidad de llegada del agua (m/s)

$g$ : Aceleración de la gravedad (m/s<sup>2</sup>):

$\beta$ : Factor de forma de las barras cuyo valor puede ser:

2.42 para barras rectangulares de caras rectas

1.67 para barras rectangulares con caras

semicircular aguas arriba y abajo

1.83 para barras rectangulares con cara semicircular

aguas arriba

1.79 para barras circulares

### 3.6.2.2 Desarenadores

La eliminación de arena contenida en las aguas residuales se realiza a través de unidades especiales llamadas desarenadores. Los desarenadores protegen el equipo mecánico del desgaste anormal y reducen la formación de depósitos pesados en tuberías, canales y conductos. El mecanismo de eliminación de arena es simplemente por sedimentación: los granos de arena, de dimensiones y densidad mayores se depositan en el fondo, mientras que la materia orgánica, que se asienta mucho más lentamente, permanece en suspensión y

pasa a las unidades posteriores. (Von Sperling, 2007)

Los desarenadores de flujo horizontal se diseñan para un velocidad horizontal de flujo aproximadamente igual a 30 cm/s (Romero, 2000), velocidad que permite el transporte de la mayor parte de partículas orgánicas del agua residual a través de la cámara y tiende a resuspender el material orgánico sedimentado, pero permitiendo el asentamiento de material pesado inorgánico. Mientras que la velocidad de sedimentación a considerarse en de 2 cm/s, que permite la remoción de las partículas de diámetros iguales o mayores de 0.2 mm (Arruda & Pachecho, 1982).

### 3.6.2.2.1 Dimensionamiento

Los valores que usualmente se consideran en el diseño se exponen en la Tabla 3.8.

PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR	
		INTERVALO	VALOR USUAL
Tiempo de retención	s	45 – 90	60
Velocidad horizontal	m/s	0.25 – 0.4	0.3
Velocidad de sedimentación para remover			
Material de 0.21 mm	m/min	1.0 – 1.3 (*)	1.15
Material de 0.15 mm	m/min	0.6 – 0.9 (*)	0.75
Pérdidas de carga en la sección de control como porcentaje de la profundidad del canal	%	30 - 40	36(**)
Longitud adicional por aumento en turbulencia a la entrada y salida	%	25 - 50	30

Tabla 3.8. Valores usuales para el diseño del desarenador.

(\*) Si la gravedad específica de la arena es significante menor a 2.65 se deben usar velocidades menores

(\*\*) Para la canaleta Parshall como unidad de control

FUENTES: Crites & Tchobanoglous (2000)

Adaptado de Tchobanoglous & Burton (1991)

En la Tabla 3.9 se presenta la secuencia de cálculo a seguir para el dimensionamiento de un desarenador aplicado como tratamiento preliminar. El procedimiento se basa en la teoría de la sedimentación de partículas, y consiste en calcular la velocidad con la que sedimenta una partícula para, a partir de ella, determinar la longitud necesaria para realizar dicho proceso.

CONCEPTO	OBSERVACIONES
Velocidad de sedimentación para régimen laminar (Hazen y Stokes)	Aplicar la ecuación: $v_s = \frac{g}{18} \frac{(\rho_s - \rho_w)}{\rho_w} d_p^2$ En donde: $v_s$ : Velocidad de sedimentación (cm/s) $\rho_s$ : Densidad de la partícula (kg/cm <sup>3</sup> ) $\rho_w$ : Densidad del agua (kg/cm <sup>3</sup> ) $g$ : Gravedad (cm/s <sup>2</sup> ) $d_p$ : Diámetro de la partícula (cm) $u$ : Viscosidad cinemática (cm <sup>2</sup> /s)
Número de Reynolds ( $N_R$ )	Aplicar la ecuación: $N_R = \frac{\phi_p v_s d_p}{\nu}$ En donde: $\phi_p$ : Factor de forma o esfericidad de la partícula (para arenas redondas 1.0 y para arenas angulares 0.73)  NOTA: Si $N_R$ es mayor a 1, entonces no se trata de un flujo de régimen laminar por lo que se deberá aplicar la ecuación de Newton para el cálculo de la velocidad de sedimentación.
Velocidad de sedimentación para régimen en transición (Newton)	Aplicar la ecuación: $v_s = \sqrt{\frac{4g}{3C_d} \frac{(\rho_s - \rho_w)}{\rho_w} d_p}$ En donde: $v_s$ : Velocidad de sedimentación (cm/s) $C_d$ : Coeficiente de arrastre
Coeficiente de arrastre	Aplicar la ecuación: $C_d = \frac{24}{N_R} + \frac{3}{\sqrt{N_R}} + 0.34$ NOTA: El proceso para calcular la velocidad de sedimentación mediante la ecuación desarrollada por Newton resulta de un proceso iterativo. El número de Reynolds será recalculado iniciando el proceso iterativo con la última $v_s$ obtenida.
Tiempo de sedimentación ( $t_1$ )	$t_1 = \frac{H}{v_s}$ En donde: $t_1$ : Tiempo de sedimentación $H$ : Altura de agua en el desarenador (cm)



CONCEPTO	OBSERVACIONES
	A partir de las relaciones $v_s = \frac{H}{t_1} \quad v_H = \frac{L}{t_2}$ En donde: L: Longitud del desarenador (cm) v <sub>H</sub> : Velocidad horizontal de flujo
Longitud del desarenador	Debido a que el tiempo de la partícula para recorrer las distancias L y H son las mismas (t <sub>1</sub> = t <sub>2</sub> ), la longitud del desarenador se obtiene mediante la ecuación: $L = t_1 * v_H$ A la misma se le suma una longitud adicional por el aumento de la turbulencia a la entrada y salida.

Tabla 3.9. Dimensionamiento de un desarenador.

### 3.6.3 Tratamiento primario

Posterior al tratamiento preliminar, las aguas residuales aun contienen sólidos en suspensión que pueden eliminarse parcialmente en unidades de sedimentación. El tratamiento primario tiene como objetivo la eliminación de una parte de los sólidos en suspensión y de la materia orgánica. El efluente del tratamiento primario suele contener una cantidad considerable de materia orgánica y una DBO alta, por lo que el papel principal del tratamiento primario es el de acondicionamiento al tratamiento secundario (Metcalf & Eddy, 1995).

El tratamiento primario se lleva a cabo mediante operaciones físicas como la sedimentación, en unidades de sedimentación o en tanques sépticos, donde las aguas residuales fluyen lentamente, permitiendo que los sólidos en suspensión, con una densidad mayor que el líquido circundante, se depositen lentamente en el fondo. La eficacia del tratamiento primario en la eliminación de sólidos suspendidos, se puede mejorar mediante la adición de coagulantes como sulfato de aluminio, cloruro férrico u otros, ayudado o no por un polímero (Von Sperling, 2007).

#### 3.6.3.1 Tanque séptico

El tanque séptico es un depósito de uno o más compartimentos, impermeable, de escurrimiento continuo y forma rectangular o cilíndrica. Su construcción es generalmente subterránea y puede hacerse de piedra, ladrillo, concreto u otro material resistente a la corrosión. (Mara, 2004)

El tanque séptico está diseñado para cumplir con tres funciones importantes: eliminación de sólidos suspendidos y material flotante, almacenamiento de



natas y lodos, y digestión de los lodos sedimentados. Una de las mayores ventajas es que debido a que no tienen partes mecánicas, necesitan muy poco mantenimiento y atención (CONAGUA, 2015c), y dado que la sedimentación y la digestión ocurren dentro del mismo tanque se evitan problemas por dificultad de construcción y excavación profunda de otras estructuras como el tanque Imhoff (Romero, 2000).

En los tanques sépticos se consigue una remoción del 50% al 70% de los sólidos sedimentables, de un 30% al 50% de la DBO, y de aproximadamente un 10% del fósforo de las aguas residuales. Si se utilizan coagulantes alrededor de un 80% a 90% de los sólidos suspendidos totales son removidos (Lin & Lee, 2007).

#### 3.6.3.1.1 Funcionamiento

El agua residual, una vez en el interior del tanque, fluye lentamente para permitir que la materia sedimentable se precipite y acumule en el fondo, mientras que la mayoría de los sólidos ligeros, como la materia grasa, permanecen en el interior, formando en la superficie del agua una capa de nata o espuma que ayuda a impedir el paso del aire al fluido.

Los sólidos sedimentados en el fondo del tanque son digeridos anaeróbicamente, como resultado, una parte de la materia orgánica pasa de la forma sólida a la líquida y gaseosa, reduciendo en parte la cantidad de lodo acumulado, sin embargo, los lodos acumulados disminuyen el volumen efectivo del tanque séptico y, por consiguiente, el tiempo de retención, por lo que estos deben ser removidos a determinados periodos de tiempo. (Mara, 2004)

En algunos diseños, el tanque séptico está equipado con pantallas o deflectores colgantes tanto en la entrada, para conseguir una distribución eficaz del agua y evitar altas velocidades, como en la salida, para evitar que escape la capa de espuma y nata que se forma durante su funcionamiento. Finalmente, el agua residual tratada sale a través de una tubería colocada en el extremo opuesto a la entrada.

#### 3.6.3.1.2 Diseño

El procedimiento que se presenta para el diseño de un tanque séptico es en base a las Especificaciones técnicas establecidas por el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS). Básicamente el dimensionamiento consiste en la determinación de tres volúmenes que conforman el tanque séptico, que son: el volumen de sedimentación, de almacenamiento de lodos, y el volumen de natas. El detalle de las partes que conforman el tanque se presenta en el Gráfico 3.1.



A continuación se presentan, en orden secuencial, los parámetros necesarios a determinarse para el dimensionamiento de un tanque séptico (CEPIS, 2003):

- Tiempo de retención hidráulico del volumen de sedimentación:

$$Pr = 1.5 - 0.3 * \log(P * q) \quad (10)$$

En donde:

Pr: Tiempo promedio de retención hidráulico (días)

P : Población servida (habitantes)

q: Caudal de aporte unitario de aguas residuales  
(litros/habitante.día)

- Volumen de sedimentación:

$$Vs = 10^{-3} P q Pr \quad (11)$$

En donde:

Vs: Volumen de sedimentación ( $m^3$ )

- Volumen de almacenamiento de lodos:

$$Vd = G P N 10^{-3} \quad (12)$$

En donde:

Vd: Volumen de almacenamiento de lodos ( $m^3$ )

G: Volumen de lodos producido por persona y por año (litros)

N: Intervalo de limpieza o retiro de lodos (años)

- Volumen de lodos producidos: la cantidad de lodos producido por habitante y por año, depende de la temperatura ambiental y de la descarga de residuos de cocina. Los valores a considerar se presentan en la Tabla 3.10.

PARÁMETRO	VALOR
Clima cálido	40 litros/habitante.año
Clima frío	50 litros/habitante.año

Tabla 3.10. Volumen de lodos producidos por habitante y por año.

FUENTE: Especificaciones técnicas para el diseño de tanques sépticos(CEPIS, 2003)

- Volumen de natas: Como valor normal se considera un volumen mínimo de  $0,7 m^3$ .

- Espacio de seguridad: La distancia entre la parte inferior del ramal de la tee de salida y la superficie inferior de la capa de natas no debe ser menor a 0,10 m.
- Profundidad de sedimentación: Valor resultante de la división entre el volumen de sedimentación y el área superficial del tanque séptico.
- Profundidad de natas: División del volumen de natas entre el área superficial del tanque séptico
- Profundidad de almacenamiento de lodos: División del volumen de lodos entre el área superficial del tanque séptico.
- Profundidad neta del tanque séptico: La profundidad neta del tanque séptico se obtiene a partir de la suma de las profundidades de natas, sedimentación, almacenamiento de lodos y del espacio de seguridad.

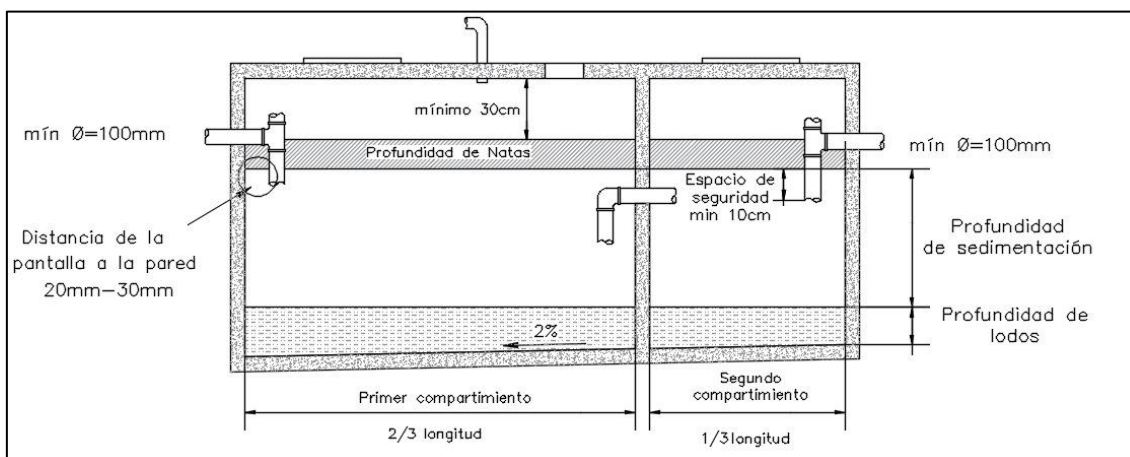


Gráfico 3.1. Detalle del tanque séptico

### 3.6.3.1.3 Consideraciones y requerimientos del tanque séptico

Consideraciones y requerimientos a tomar en cuenta en el dimensionamiento del tanque séptico son (CEPIS, 2003; Mara, 2004; Romero, 2000):

- El tiempo de retención hidráulico del tanque debe ser de uno a tres días. Siendo un día el valor más usual para conseguir que la sedimentación de sólidos sea efectiva.
- En ningún caso, la profundidad de sedimentación debe ser menor a 30 cm.
- La distancia mínima desde la parte superior de la superficie de natas a la losa superior del tanque debe ser de 30 cm.
- La relación largo:ancho del área superficial del tanque séptico debe estar comprendida entre 2:1 a 5:1.



- El fondo de los tanques sépticos debe tener una pendiente de 2% orientada hacia el punto de ingreso de los líquidos.
- El período de limpieza del tanque séptico no debe ser mayor a cinco años.
- Cuando el tanque tenga más de un compartimiento, las interconexiones entre compartimientos se deben colocar de tal forma que evite el paso de natas y lodos.
- El techo del tanque séptico debe tener losas removibles y registros de inspección. Las losas removibles deben colocarse sobre los dispositivos de entrada, salida e interconexión y deberán ser no menor a 0.60 x 0.60 m.
- En la entrada y salida debe colocarse una tubería tee a fin de evitar que las natas precipiten y ayudar que el afluente sea dirigido hacia el fondo y facilite la sedimentación.
- En tanques con dos compartimientos, normalmente la longitud del primer compartimiento corresponde a los dos tercios de la longitud total, y el un tercio restante para el segundo.

#### 3.6.4 Tratamiento secundario

El objetivo en este nivel de tratamiento es la remoción de materia orgánica coloidal y disuelta presente en las aguas residuales después del tratamiento preliminar y primario. La eliminación de la materia orgánica en el tratamiento secundario se lleva a cabo a través de reacciones bioquímicas realizadas por microorganismos, a diferencia de los tratamientos preliminar y primario, que son métodos predominantemente físicos. (Von Sperling, 2007)

La base de todo el proceso biológico es el contacto efectivo entre estos organismos y la materia orgánica contenida en las aguas residuales, de tal forma que puede usarse como alimento para los microorganismos. Los microorganismos involucrados transforman los compuestos orgánicos biodegradables en subproductos (dióxido de carbono, metano, etc.) que pueden eliminarse del sistema de tratamiento. En el proceso utilizado, ya sea aeróbico o anaeróbico, la capacidad para usar los compuestos orgánicos dependerá de la actividad microbiana de la biomasa presente en el sistema. (de Lemos Chernicharo, 2007)

El contacto entre microorganismos y compuestos orgánicos se logra suspendiendo la biomasa en el agua residual, o haciendo pasar el agua residual sobre una película de biomasa adherida a una superficie sólida (Ramalho, 1990). La eficiencia de la remoción de DBO y sólidos suspendidos totales en este nivel de tratamiento puede alcanzar hasta un 80-90 %, pero no es efectivo para la remoción de nutrientes (Nitrógeno y Fósforo), metales pesados, materia orgánica no biodegradable, bacterias, virus y otros



microorganismos (Lin & Lee, 2007).

#### 3.6.4.1 Tratamientos anaerobios

En los tratamientos anaerobios la descomposición de la materia orgánica e inorgánica se produce en ausencia de oxígeno molecular. En el proceso de digestión anaerobia los compuestos orgánicos presentes en la materia a tratar son convertidos en metano y biomasa a través de un mecanismo básico que implica hidrólisis, acidogénesis, acetogénesis y metanogénesis en ausencia de oxígeno (Metcalf & Eddy, 1995).

Generalmente la calidad del efluente que se alcanza en estos sistemas es solo de baja a moderada, y debido a la poca remoción de nitrógeno, fósforo y patógenos, los efluentes de estos sistemas usualmente requieren un tratamiento posterior. A pesar de la baja eliminación orgánica y de nutrientes, los sistemas de tratamiento anaerobio son tecnologías simples y de bajo costo, y por la producción de gas metano pueden ser un proveedor de energía. (Singh et al., 2015)

Entre las características positivas de los tratamientos anaerobios resalta la baja producción de sólidos, el requerir espacios reducidos, bajo consumo de energía y que operan con tiempos de retención hidráulicos bajos con periodos de retención de sólidos altos. Algunos problemas de estos sistemas incluyen una lenta puesta en marcha, que su eficacia sea baja en zonas de baja temperatura, y posibles problemas de olor y corrosión. (de Lemos Chernicharo, 2007)

#### 3.6.4.2 Filtro anaerobio de flujo ascendente

El filtro anaerobio de flujo ascendente es un sistema de tratamiento de aguas residuales con biopelícula fija. El filtro anaerobio está constituido por un tanque relleno con un medio sólido para soporte del crecimiento biológico anaerobio. El agua residual fluye en sentido ascendente y es puesta en contacto con el crecimiento bacteriano anaerobio adherido al medio. Como las bacterias son retenidas sobre el medio y no salen en el efluente, es posible obtener tiempos de retención celular del orden de 100 días con tiempos de retención hidráulicos cortos, permitiendo así el tratamiento de aguas residuales de baja concentración a temperatura ambiente. (Metcalf & Eddy, 1995)

En el filtro anaerobio se usa como medio de soporte de crecimiento entre otros materiales, piedras o anillos de plástico. Aunque algunos tipos de medios son más eficientes que otros en la retención de biomasa, la selección dependerá de las condiciones locales específicas, de consideraciones económicas y de factores operacionales (de Lemos Chernicharo, 2007).



La mayor parte de la biomasa se acumula en los vacíos intersticiales existentes entre el medio, existiendo un riesgo de que la acumulación de biomasa y de sólidos inertes pueda causar canalización y cortocircuito. Estos problemas están más asociados con los filtros anaerobios de flujo ascendente que usan piedra o piedra triturada como material de empaque, filtros más modernos, empaquetados con material plástico no han tenido problemas de obstrucción (de Lemos Chernicharo, 2007).

El proceso no utiliza recirculación ni calentamiento y produce una cantidad mínima de lodo. El arranque de un proceso de crecimiento adherido puede ser más lento que el de un proceso de crecimiento suspendido, pudiendo demorar unos seis meses en aguas residuales de baja concentración y de temperatura baja.

### 3.6.4.2.1 Diseño

#### 3.6.4.2.1.1 Consideraciones de Diseño

El dimensionamiento de los filtros anaerobios de flujo ascendente se basa fundamentalmente en experiencias observadas por diferentes investigadores, quienes han fijado los intervalos de operación para cargas hidráulicas y cargas volumétricas en función del caudal y la carga orgánica. La Tabla 3.11 presenta un resumen de criterios de diseño para filtros anaerobios cuando estos se han aplicado como postratamiento de efluentes anaerobios.

PARÁMETROS DE DISEÑO	RANGO DE VALORES COMO UNA FUNCIÓN DEL CAUDAL		
	Q promedio	Q máximo diario	Q máximo horario
Medio de empaque	Piedra	Piedra	Piedra
Altura del medio filtrante (m)	0.8 a 3.0	0.8 a 3.0	0.8 a 3.0
Tiempo de retención hidráulico*(horas)	5 a 10	4 a 8	3 a 6
Carga hidráulica superficial ( $m^3 / (m^2 \cdot día)$ )	6 a 10	8 a 12	10 a 15
Carga orgánica volumétrica (kg de $DBO / (m^3 \cdot día)$ )	0.15 a 0.50	0.15 a 0.50	0.15 a 0.50
Carga orgánica en el medio filtrante (kg de $DBO / (m^3 \cdot día)$ )	0.25 a 0.75	0.25 a 0.75	0.25 a 0.75

Tabla 3.11. Criterios de diseño para filtros anaerobios aplicables para el post tratamiento de efluentes de reactores anaerobios.

FUENTE: (de Lemos Chernicharo, 2007)

(\*) La selección de los límites inferiores de TRH en el diseño de filtros anaerobios requiere especial atención en cuanto al tipo de medio de empaque, la presencia de SST en el efluente y la altura del lecho de empaque. Además de que la rutina operativa exigirá una frecuencia de descarga de lodos mayor para evitar problemas de obstrucción.

A continuación, se describen los parámetros que intervienen en el diseño de un filtro anaerobio.



### 3.6.4.2.1.2 Tiempo de retención hidráulico

El tiempo de retención hidráulico (TRH) se refiere al promedio del tiempo de residencia del líquido dentro del filtro. El TRH se determina mediante la Ecuación (13)(11).

$$TRH = \frac{V}{Q} \quad (13)$$

En donde:

*TRH*: Tiempo de retención hidráulico (días)

*V*: Volumen del filtro anaerobio ( $m^3$ )

*Q*: Caudal en el afluente ( $m^3/día$ )

### 3.6.4.2.1.3 Carga orgánica volumétrica

La carga orgánica volumétrica (COV) se refiere a la carga de la materia orgánica aplicada por unidad de volumen del filtro o medio empacado. Se calcula mediante la Ecuación (14).

$$COV = \frac{Q * S_o}{V} \quad (14)$$

En donde:

*COV*: Carga orgánica volumétrica, en kg de *DQO*/( $m^3 \cdot día$ ) o kg de *DBO*/( $m^3 \cdot día$ )

*Q*: Caudal ( $m^3/día$ )

*S<sub>o</sub>*: Concentración total de *DBO* en el afluente ( $mg/L$ )

*V*: Volumen total del filtro o volumen ocupado por el medio empacado ( $m^3$ )

### 3.6.4.2.1.4 Volumen

El volumen del filtro (*V*) se puede determinar de la Ecuación (14).

$$V = \frac{Q * S_o}{COV} \quad (15)$$

### 3.6.4.2.1.5 Carga hidráulica superficial

Se refiere al volumen del agua residual aplicada diariamente por unidad de superficie (área) del medio empacado del filtro. Para su determinación se utiliza la Ecuación (16).





$$CHS = \frac{Q}{A} \quad (16)$$

En donde:

*CHS*: Carga hidráulica superficial ( $m^3/(m^2 \cdot día)$ )

*Q*: Caudal ( $m^3/día$ )

*A*: Área superficial del medio empacado ( $m^2$ )

#### 3.6.4.2.1.6 Eficiencia de Remoción

Van Haandel y Lettinga (1994) proponen la Ecuación (17) para el cálculo de la eficiencia de remoción en un filtro anaerobio, obtenida a partir del ajuste de datos experimentales de diferentes investigaciones sobre filtros anaerobios.

$$E = 100(1 - 0.87 TRH^{-0.5}) \quad (17)$$

En donde:

*E*: Eficiencia de un filtro anaerobio (%)

*TRH*: Tiempo de retención hidráulico (horas)

0.87: Coeficiente empírico del sistema

0.50: Coeficiente empírico del medio filtrante

#### 3.6.4.2.1.7 Concentración de DBO esperada en el efluente

La concentración estimada de DBO en el efluente se puede calcular utilizando la Ecuación (18).

$$DBO_{ef} = S_o - \frac{E S_o}{100} \quad (18)$$

En donde:

*DBO<sub>ef</sub>* : Concentración total de DBO en el efluente ( $mg/L$ )

*S<sub>o</sub>*: Concentración total de DBO en el afluente ( $mg/L$ )

*E*: Remoción (%)

#### 3.6.4.2.2 Dimensionamiento

En la Tabla 3.12 se presenta la secuencia de cálculo a seguir en el dimensionamiento de un filtro anaerobio de flujo ascendente aplicado como postratamiento de efluentes anaerobios. El proceso consiste en calcular la carga hidráulica superficial para el caudal medio, el máximo diario y el máximo horario, verificando que los valores se encuentren en los intervalos de diseño presentados en la Tabla 3.11, al igual que las cargas volumétricas respectivas.

CONCEPTO	OBSERVACIONES
	Aplicar la ecuación $V = Q(TRH)$
Cálculo del volumen del filtro, en $m^3$	donde: $Q$ = caudal medio, en $m^3/d$ $TRH$ = Tiempo de retención hidráulico, en $d$
Cálculo de la altura total del filtro, en $m$	$H$ = altura del fondo + altura del empaque + bordo libre
	$A = \frac{V}{H}$
Cálculo del área del filtro anaerobio, en $m^2$	donde: $V$ = volumen del filtro, en $m^3$ $A$ = área del filtro, en $m^2$ $H$ = altura total del filtro, en $m$
Cálculo del volumen del medio filtrante en $m^3$	$V_{mf} = A(\text{altura del empaque})$
Verificación de la carga hidráulica superficial. Se calcula para:	$CSH = \frac{Q}{A}$
Caudal medio, en $m^3/d$	$CSH$ medio, en $m^3/(m^2d)$
Caudal máximo diario, en $m^3/d$	$CSH$ máximo diario, en $m^3/(m^2d)$
Caudal máximo horario, en $m^3/d$	$CSH$ máximo horario, en $m^3/(m^2d)$
Verificación de la carga orgánica volumétrica	$COV = \frac{Q * S_o}{V}$ $COV_{mf} = \frac{Q * S_o}{V_{mf}}$
Se calcula para: Todo el filtro Medio de empaque	donde: $COV$ = carga orgánica volumétrica, en $kg$ de $DBO m^3/d$ $COV_{mf}$ = carga orgánica volumétrica para el medio filtrante, en $kg$ de $DBO m^3/d$
Cálculo de la remoción del filtro anaerobio	$E = 100(1 - 0.87 TRH^{-0.5})$
Concentración de DBO esperada en el efluente	$DBO_{ef} = S_o - \frac{E S_o}{100}$
NOTA: La carga hidráulica superficial y la carga orgánica volumétrica deben estar en los intervalos presentados en la Tabla 3.11.	

Tabla 3.12. Dimensionamiento de un FFA en función de la variación del caudal.  
FUENTE: (CONAGUA, 2015b)

### 3.6.4.2.3 Consideraciones y requerimientos de un filtro anaerobio

En el diseño de un filtro anaerobio deben tomarse en consideración los siguientes aspectos:



- El TRH debe comprender de 4 a 10 horas (de Lemos Chernicharo, 2007).
- Para filtros empacados con piedra para pulir efluentes de tanques sépticos, la altura del empaque recomendado por De Lemos Chernicharo (2007) debería estar entre 0.8 y 3 metros, siendo el valor más usual 1.5 metros.
- Para distribuir el agua de una manera uniforme en todo el medio filtrante, se acostumbra distribuir el caudal mediante un emparrillado formado por tuberías perforadas.
- Los tamaños de material para el filtro reportados con los mejores resultados comprenden de 2.5 a 7.5 cm, con tamaño uniforme desde la parte superior hasta el fondo. (CONAGUA, 2015b)

### 3.6.5 Tratamiento terciario

En la mayoría de los casos, es suficiente el tratamiento secundario de las aguas residuales para que el efluente cumpla con las normativas ambientales, sin embargo, en algunas ocasiones puede requerirse tratamiento adicional. El tratamiento terciario considera la remoción adicional de contaminantes específicos (generalmente compuestos tóxicos o no biodegradables) o la eliminación complementaria de contaminantes tratados en la etapa secundaria. El tratamiento terciario es poco común en los países en desarrollo (Von Sperling, 2007).

#### 3.6.5.1 Cloración

La desinfección como parte del tratamiento de aguas residuales es un proceso con el propósito principal de eliminar o inactivar a los microorganismos patógenos que causan enfermedades. La desinfección con cloro es el proceso de desinfección de aguas residuales usado más comúnmente, y consiste en la adición de cloro o hipoclorito al agua residual. El cloro gas ( $\text{Cl}_2$ ), el hipoclorito sódico ( $\text{NaOCl}$ ), y el hipoclorito de calcio ( $\text{Ca(OCl)}_2$ ) son los compuestos de cloro usados más comúnmente en las plantas de tratamiento de aguas residuales. El cloro al combinarse con el agua forma iones hipoclorito ( $\text{ClO}^-$ ) y ácido hipocloroso ( $\text{HClO}$ ), siendo este último el principal responsable de la desinfección.

La demanda de cloro se determina mediante la diferencia entre el cloro suministrado y la concentración del cloro residual, medido después de un tiempo de la aplicación del cloro, que puede ser de 15 a 45 minutos, siendo usual un tiempo de 15 minutos para caudal punta. La estimación del cloro residual requerido se puede determinar a partir de la ecuación:



$$\frac{N_t}{N_0} = (1 + 0.23C_t t)^{-3} \quad (19)$$

En donde:

$N_t$ : Número de organismos coliformes en el tiempo  $t$

$N_0$ : Número de organismos coliformes en el tiempo 0 (inicial)

$C_t$ : Cloro residual medido en el tiempo  $t$  ( $mg/L$ )

$t$ : Tiempo de contacto (minutos)

La adición de la disolución de cloro se suele llevar a cabo mediante un difusor, que puede consistir en una conducción de plástico con agujeros perforados a través de los cuales se puede distribuir el cloro uniformemente a la corriente de agua residual (Metcalf & Eddy, 1995). El diseño del tanque de contacto de cloro debe tener pantallas para conseguir un buen mezclado y evitar zonas muertas. Un tanque profundo y estrecho provoca características de dispersión relativamente pobres, por lo que se recomienda que la relación profundidad/ancho sea 1 o menor, y la relación longitud/profundidad esté entre 40 a 70 (Lin & Lee, 2007).

#### 3.6.5.1.1 Química de la cloración al *breakpoint*

Para la desinfección de las aguas residuales, los fenómenos que resultan al añadir cloro a un agua residual que contenga amoníaco se pueden explicar a partir de la Gráfico 3.2. El cloro libre al ser un fuerte agente oxidante reacciona con facilidad con un gran número de sustancias, como el  $Fe^{+2}$ , el  $Mn^{+2}$ , el  $H_2S$  o la materia orgánica, y lo reducen en gran parte a ion cloruro (tramo A del Gráfico 3.2). Una vez satisfecha esta demanda el cloro reaccionará con el nitrógeno amoniacal formando cloraminas (tramo B del Gráfico 3.2), las mismas que tienen un poder bactericida varias veces menor que el ácido hipocloroso. Si se continua añadiendo cloro, todas las cloraminas se oxidaran a óxido de nitrógeno ( $N_2O$ ) y nitrógeno ( $N_2$ ) o nitritos y ácido clorhídrico que no son detectados como cloro libre, originando una disminución del cloro residual, hasta un valor mínimo, denominado punto de quiebre o *breakpoint*. La adición de cloro más allá del *breakpoint*, producirá un aumento del cloro libre disponible directamente proporcional al cloro añadido. La presencia del ácido clorhídrico formado durante la cloración da lugar a la reacción con la alcalinidad del agua residual, y en casi todos los casos, la reducción del pH será pequeña.

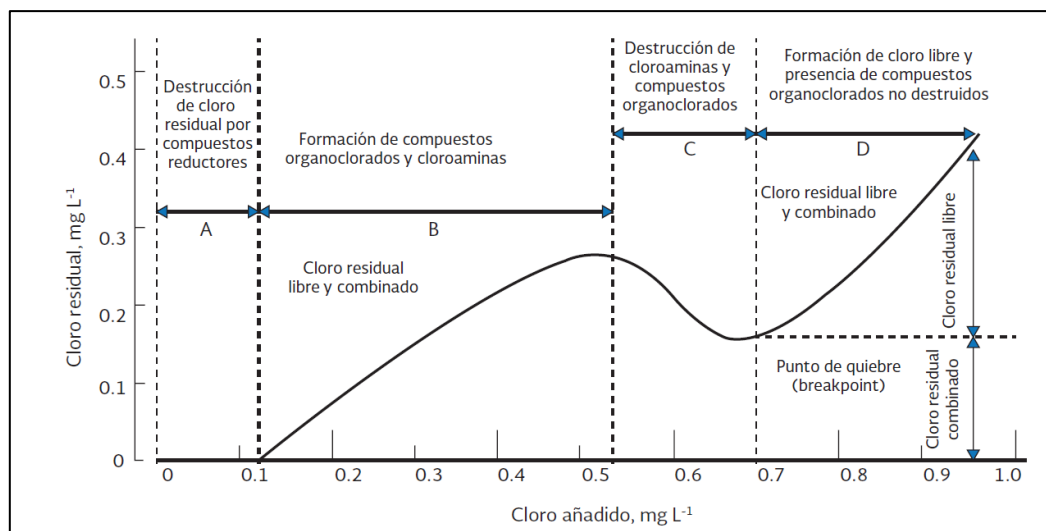
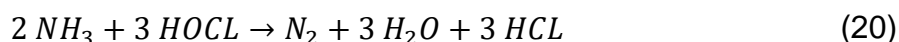


Gráfico 3.2. Curva generalizada obtenida durante la cloración al *breakpoint*.  
FUENTE: (Metcalf & Eddy, 1995)

### 3.6.5.1.2 Remoción de Nitrógeno Amoniacal mediante cloración al *breakpoint*

La cloración al *breakpoint* se puede emplear para eliminar el nitrógeno amoniacal de los efluentes de las plantas de tratamiento. La ventaja más importante de este proceso es que, con un control apropiado, es oxidado todo el nitrógeno amoniacal del agua residual, y se consigue la desinfección simultánea del efluente.

La ecuación representativa útil para describir la reacción global entre el cloro y el nitrógeno amoniacal es:



Donde la relación estequiométrica de masas entre el cloro y el amoniaco es 7.6:1, valor que en la práctica se ha constatado que varía entre 10:1 y 8:1 (Metcalf & Eddy, 1995). Para evitar las grandes dosis de cloro necesarias cuando se utiliza como tratamiento independiente, y para conseguir niveles bajos de amoniaco en el efluente, la cloración al *breakpoint* se puede incorporar a continuación de la nitrificación biológica. Además suele ser necesario declorar el efluente para evitar los potenciales problemas de toxicidad que pueden surgir si se vierten compuestos clorados al medio ambiente.

### 3.6.5.1.3 Decloración

Después de la cloración es necesario declorar el agua para eliminar el cloro residual combinado y reducir los efectos tóxicos de los efluentes. El producto químico de mayor uso para llevar a cabo la decloración es el dióxido de azufre,



que elimina, el cloro libre y las cloraminas. La relación estequiométrica entre el dióxido de azufre y el cloro es de 0.9:1, necesitándose en la práctica una relación de 1:1. No son necesarias cámaras de contacto dado que la reacción con el cloro es casi instantánea (Metcalf & Eddy, 1995).



## 4. METODOLOGÍA

### 4.1 Introducción

La evaluación de la PTAR de Santa Ana consistió en realizar estudios de campo, de gabinete, laboratorio y análisis con la finalidad de diagnosticar el estado y funcionalidad de la misma, desarrollar las alternativas de rediseño y plantear la propuesta final. Información general del sistema, un breve resumen de las actividades realizadas e información recolectada durante el desarrollo de todo el proyecto se presenta a continuación.

### 4.2 Planta de tratamiento de Aguas residuales Santa Ana Cementerio

#### 4.2.1 Ubicación y características generales

La PTAR Santa Ana Cementerio se encuentra ubicada en las coordenadas geográficas 2°56'12.49"S, 78°55'19.90"O, se ubica en una zona cercana al parque central de la comunidad, sirviendo al Centro Parroquial conjuntamente con la PTAR Los Laureles. Ambas plantas de tratamiento de aguas servidas se encuentran al tope de capacidad (Bueno et al., 2015). Su nombre se debe a que fue emplazada aledaña al sector del cementerio de la parroquia, con una superficie de aproximadamente 200 m<sup>2</sup>. El acceso a la PTAR se da por una única vía que conecta el parque central con el cementerio, la misma que se encuentra asfaltada.

#### 4.2.2 Diseños originales

Respecto de los diseños originales de la PTAR, se dispone únicamente de información secundaria, que se ha tomado de la evaluación realizada en el año 2004 por el Ing. Alfonso Neira que se presenta en la Tabla 4.1.

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD
Caudal	0.39	L/s
Caudal Medio Diario	33.3	m <sup>3</sup> /día
Caudal Máximo	133.2	m <sup>3</sup> /día
	1.54	L/s
Periodo	22	años
Horizonte	2026	año
Población	333	habitantes
Dotación	100	L/hab – día
DBO	40	gr/hab – día
	400	mg/l
DQO	60	gr/hab – día
	600	mg/l
SS	35	gr/hab – día
	350	mg/l

Tabla 4.1. Datos técnicos de diseño.

FUENTE:(D. Alvarado &amp; Cárdenas, 2015)

#### 4.2.3 Levantamiento topográfico

Debido a la escasa información encontrada referente al diseño original, planos, emplazamiento e intervenciones realizadas, se realizó un levantamiento planimétrico completo de la PTAR el día 21 de Diciembre del 2017, mediante el uso de una estación total. Los planos resultantes se observan en el ANEXO A. En el Gráfico 4.1 se presenta un esquema del sistema.

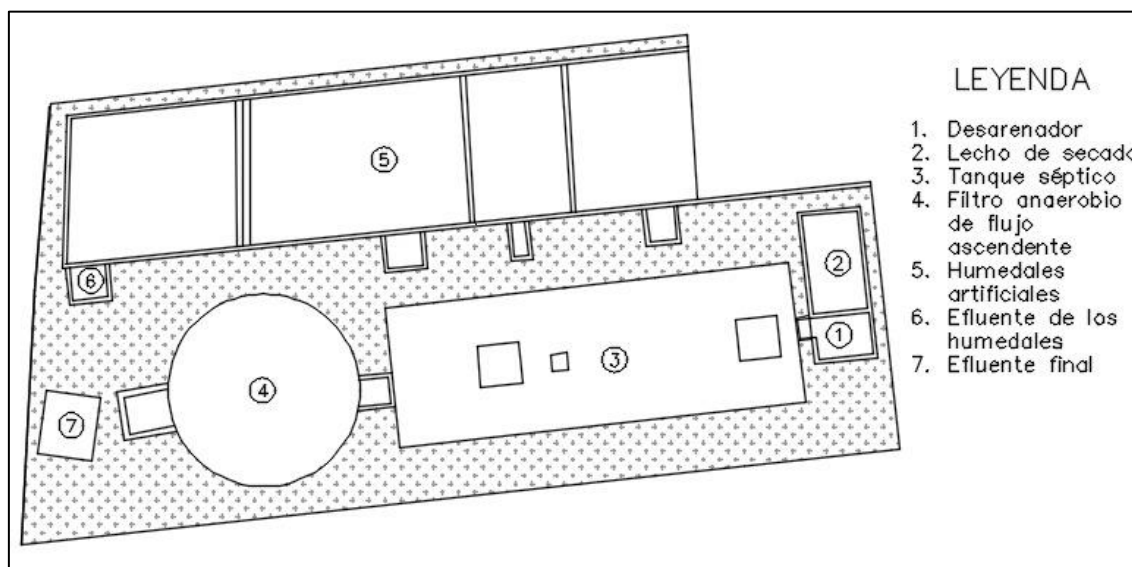


Gráfico 4.1. Esquema del sistema actual de la PTAR Santa Ana Cementerio.



#### 4.2.4 Estructura del sistema de tratamiento

El sistema original de la planta, Gráfico 4.2 y Gráfico 4.3, constituía una estructura de entrada con rejilla, seguida de un tanque séptico de dos compartimientos y un filtro anaerobio de flujo ascendente. Ambas estructuras construidas de hormigón armado.



Gráfico 4.2. Fotografía configuración original PTAR Santa Ana Cementerio.

FUENTE: ETAPA

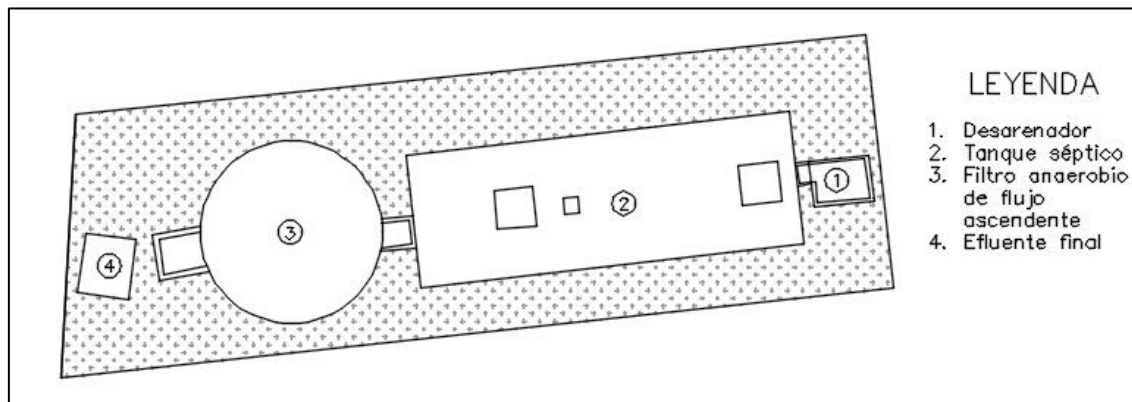


Gráfico 4.3. Esquema configuración original PTAR Santa Ana Cementerio.

FUENTE: ETAPA

ETAPA, en el año 2015 realizó una intervención en la planta de tratamiento cuyo objetivo principal fue limpiar por completo tanto el tanque séptico como el filtro, para lo cual se gestionó que el GAD de la parroquia de Santa Ana donara una parte de terreno de aproximadamente 62 m<sup>2</sup> pertenecientes al cementerio a ETAPA para realizar los trabajos necesarios. Con este nuevo espacio, se construyó una estructura que permitió desviar la entrada de aguas residuales y proceder a los trabajos de limpieza. Durante estas actividades, debido a excesivas lluvias se produjeron desbordamientos de agua del sistema en varias

ocasiones.

Una vez desviado el caudal, el proceso de limpieza del tanque séptico consistió en succionar el agua residual y el contenido de los lodos en el tanque, mediante un *hidrocleaner*, para luego realizar un lavado completo y remover los residuos faltantes en los dos compartimentos.

En el filtro anaerobio, se optó por remover la cubierta para realizar una limpieza total del sistema, en la cual, se extrajeron los lodos del fondo mediante succión con el *hidrocleaner* y se lavó el medio filtrante con agua a presión, esto con la finalidad de remover cualquier residuo que pudiera haber estado ocasionado taponamientos de este sistema.

La intervención también se realizó con el objetivo de mejorar el tratamiento de las aguas residuales, decidiéndose por la implementación de humedales artificiales posterior al filtro anaerobio. Las nuevas unidades de tratamiento fueron construidas en el nuevo espacio disponible por donde se había desviado el caudal. La configuración de los humedales se puede observar en el Gráfico 4.5.



Gráfico 4.4. Espacio otorgado por el GAD a ETAPA para la intervención de limpieza.

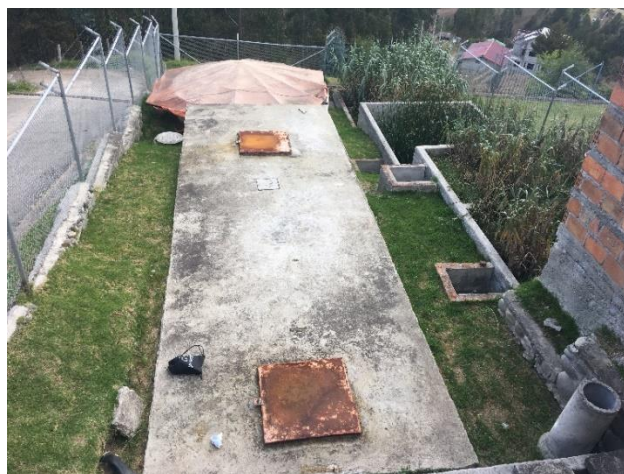


Gráfico 4.5. Sistema Actual de la PTAR Santa Ana Cementerio.



### 4.3 Estudios de campo y laboratorio

El trabajo de campo incluyó en primera instancia, el levantamiento topográfico de la PTAR. Posteriormente, la verificación del estado y funcionamiento actual de la planta se realizó mediante inspecciones con el personal encargado de la operación y mantenimiento pertenecientes a la empresa ETAPA. Las actividades realizadas durante las visitas fueron: a) se comprobó que las dimensiones y distribución de las estructuras que conforman el sistema sean concordantes de acuerdo al plano realizado mediante el levantamiento topográfico; b) se constató el funcionamiento de cada una de las unidades que componen el sistema y su estado físico; c) se identificaron posibles desperfectos u obstrucciones que pudieran interferir con los procesos de tratamiento; d) se verificó el funcionamiento de válvulas y tuberías de paso de un sistema a otro; y e) se examinaron las características físicas del agua residual en cada unidad de tratamiento, así como en los efluentes, a fin de identificar que los procesos llevados a cabo estén cumpliendo su objetivo.

Al no tener a disposición los diseños originales, por medio de entrevistas al personal encargado de la PTAR se pudo conocer las intervenciones realizadas a la misma, así como las actividades de mantenimiento de cada unidad de tratamiento. Por otra parte, también se realizaron aforos del caudal que entra a la planta y toma de muestras del agua residual que fueron analizadas en el Laboratorio de la Dirección de Gestión Ambiental de ETAPA.

### 4.4 Planteamiento de las alternativas de rediseño

La información recolectada de los estudios de campo y laboratorio permitieron conocer las características principales de la comunidad y evaluar el estado tanto funcional como infraestructural en el que se encuentra actualmente la planta. Estos estudios permitieron reconocer los factores que provocan falencias en el funcionamiento de los distintos procesos de depuración, en base a los cuales se plantearon las alternativas para un mejoramiento integral del sistema.

Para determinar que unidades se rediseñarían y que nuevas unidades conformarían la nueva planta de tratamiento, también se consideraron las disposiciones y parámetros especificados en la normativa ecuatoriana referente a la disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural.

### 4.5 Desarrollo de la propuesta de rediseño final

En la reestructuración final del sistema se consideró que la propuesta final sea técnicamente viable y acorde a la situación social y económica de la comunidad



del Centro Parroquial de Santa Ana. La principal limitante para aumentar la capacidad del tratamiento fue el reducido espacio para la implementación de nuevas tecnologías o reponteciameinto de las estructuras existentes.

Se realizaron esquemas y planos de la configuración final que se propone, una propuesta de operación y mantenimiento que garantice su funcionamiento óptimo, y el presupuesto necesario para su implementación.

## 5. DESCRIPCIÓN Y EVALUACIÓN DEL SISTEMA ACTUAL DE LA PTAR SANTA ANA CEMENTERIO

### 5.1 Descripción del sistema de alcantarillado

La red colectora del sistema de alcantarillado la conforman dos tipos de sistemas, uno combinado que es el que predomina en las comunidades que disponen de cobertura de alcantarillado en la parroquia de Santa Ana, y el otro, un sistema sanitario, que se ha implementado en los últimos años; dichos sistemas trabajan completamente a gravedad, predominando el recorrido de la red de alcantarillado por la vía principal del Centro Parroquial.

A partir de la red existente en Santa Ana proporcionada por ETAPA, se determinó la longitud de la misma, obteniéndose una longitud de la red de alcantarillado combinado de aproximadamente 2196 m, y de la red sanitaria de 516 m, resultando en un total de 2712 m. El trazado de la red se presenta en el Gráfico 5.1.

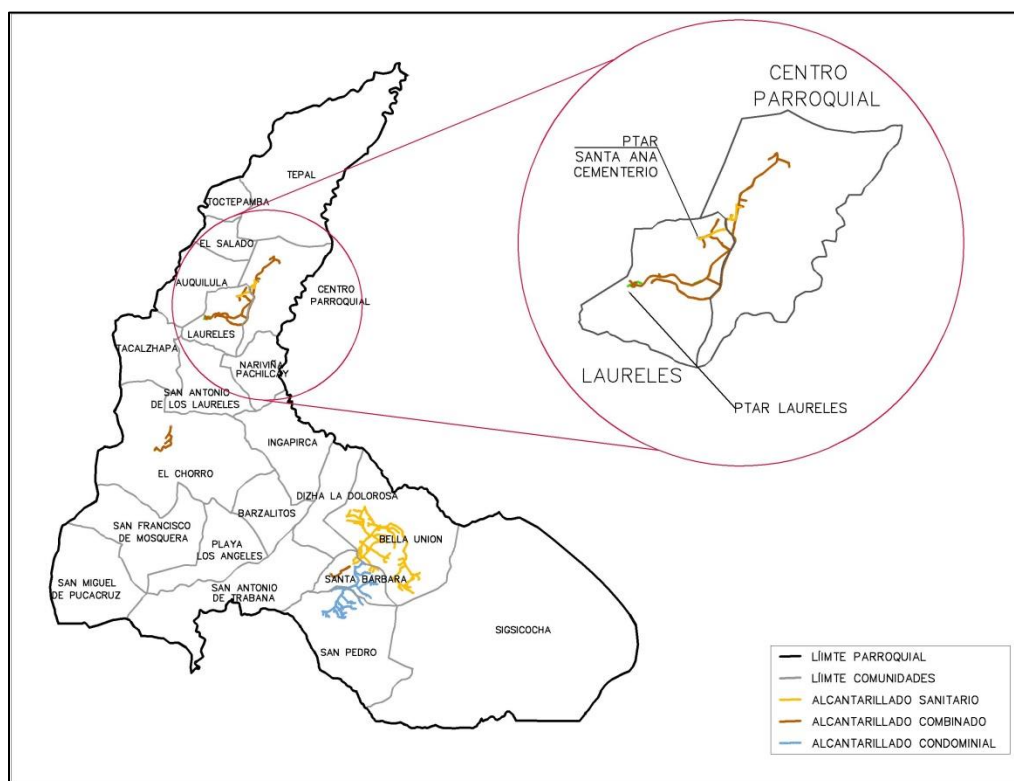


Gráfico 5.1. Sistema de alcantarillado Parroquia Santa Ana.

### 5.2 Área de cobertura de la PTAR Santa Ana Cementerio

Para la determinación del área de cobertura de la PTAR Santa Ana Cementerio, se utilizó:

- Curvas de nivel (Cartografía de libre acceso del IGM)
- Red de alcantarillado (Obtenida del catastro de sistemas de

alcantarillado de ETAPA)

- Cartografía del Centro Parroquial Santa Ana (Facilitada por el GAD Parroquial Santa Ana)
- Levantamiento topográfico de la PTAR Santa Ana Cementerio (Realizado por los autores)
- Software QGIS
- Software CivilCAD (Autodesk, EUA)

Con esta información, la delimitación del área se realizó considerando que englobe en su totalidad el trazado de la red alcantarillado, que cubra los asentamientos poblacionales existentes en la cartografía del Centro Parroquial, y, en base a la topografía (curvas de nivel), todas las posibles ampliaciones y conexiones que se podrían vincular al sistema de alcantarillado. El área de cobertura así obtenida se presenta en el Gráfico 5.2, con una superficie de 27.92 ha, valor similar al proporcionado por ETAPA en su página web de 32.9 ha.

En el presente estudio se consideró el valor de 27.9 ha como área de cobertura, ya que fue el obtenido de acuerdo a los criterios ya expuestos en esta sección. El agua residual recolectada por dicha área comprende la comunidad del Centro Parroquial y una pequeña zona de la comunidad Los Laureles.

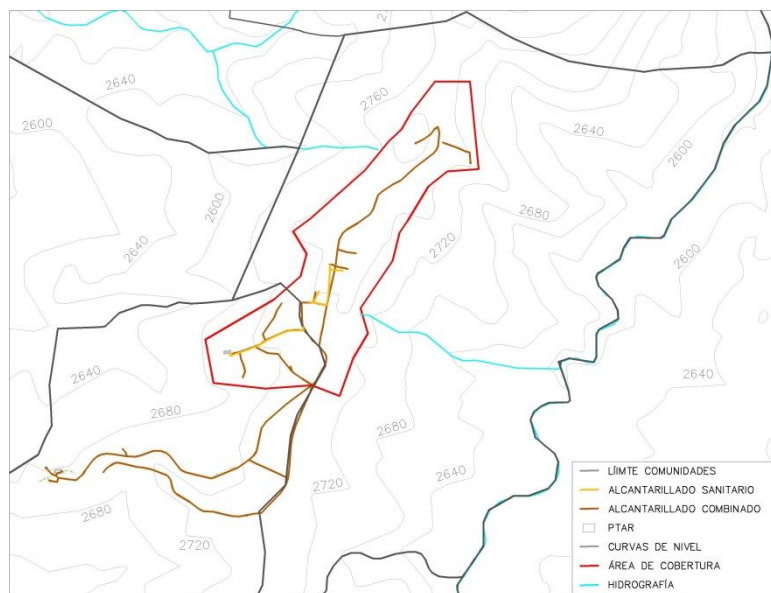


Gráfico 5.2. Área de cobertura de la PTAR Santa Ana Cementerio.

### 5.3 Configuración actual y funcionamiento de la PTAR Santa Ana Cementerio

Mediante el software ArchiCAD, se diseñó el modelado 3D de la PTAR Santa Ana Cementerio el cual ayuda a una correcta visualización de su configuración

(Gráfico 5.3).



Gráfico 5.3. Esquema actual PTAR Santa Ana Cementerio.

Previo al ingreso del agua residual a la PTAR existe una estructura en la que se unen los sistemas de alcantarillado sanitario y combinado, en la cual se encuentra un aliviadero encargado de derivar los excedentes de caudal cuando existen precipitaciones y conducirlo a una quebrada s/n.

El recorrido del agua residual dentro de la PTAR a través de las diferentes estructuras comprende: el agua residual ingresa por una tubería directamente a un cajón de hormigón, a manera de estructura de llegada, que únicamente sirve como paso hacia el tratamiento primario, que comprende un tanque séptico de dos compartimientos; seguidamente las aguas son dirigidas a un filtro anaerobio de flujo ascendente, y posteriormente, sigue su curso hacia una línea de tres humedales en serie, para finalmente ser dirigida a la estructura de salida por medio de tuberías y descargar en el cuerpo de agua receptor. Todo el flujo de agua del sistema se puede observar en el Gráfico 5.4.

El cuerpo receptor donde se descarga el agua tratada comprende una quebrada, que carece de nombre, de aproximadamente 80 cm de ancho y de caudal bajo por inspección visual. Se encuentra ubicada aproximadamente a 20 m de la descarga de la PTAR.

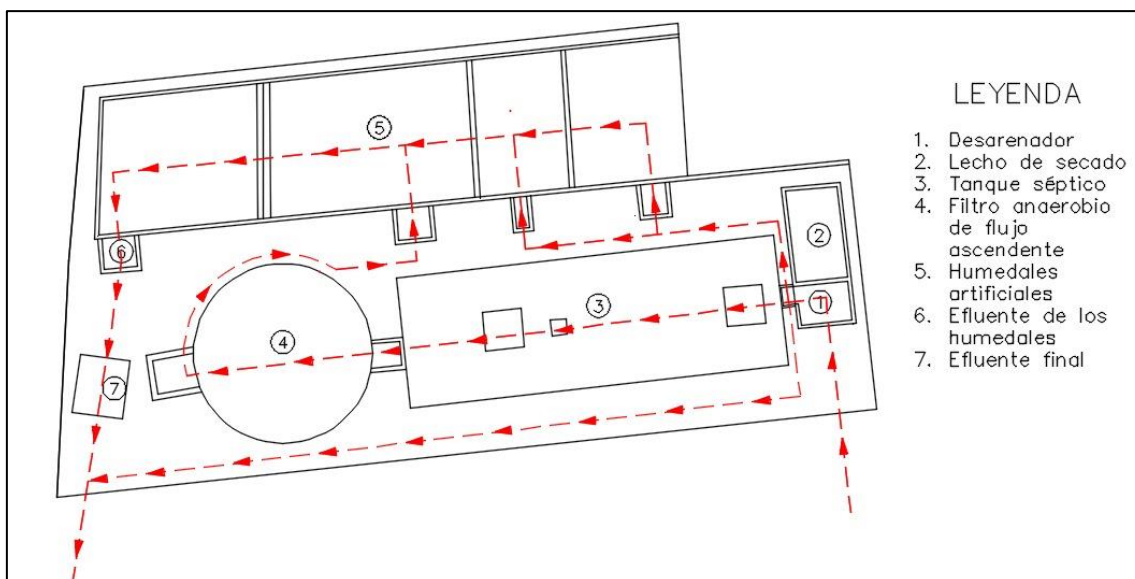


Gráfico 5.4. Flujo de agua de la PTAR.



Gráfico 5.5. Ubicación punto de descarga.

## 5.4 Estado de las estructuras actuales

### 5.4.1 Cerramiento

La PTAR al estar emplazada en una esquina del cementerio del Centro Parroquial dispone de un cerramiento de malla metálica que rodea todo su perímetro (Gráfico 5.6 y Gráfico 5.7), a excepción de un muro divisor que delimita la planta con parte del cementerio; ambas construcciones se encuentra en buenas condiciones, al igual que la puerta de ingreso a la planta, de ancho 1.20 m y localizada frente a la vía de acceso.





Gráfico 5.6. Cerramiento perimetral con el cementerio.



Gráfico 5.7. Cerramiento perimetral con la vía de acceso.

## 5.4.2 Tratamiento preliminar

### 5.4.2.1 Estructura de entrada

La estructura de entrada, encargada de recibir el agua residual proveniente de la red de alcantarillado se encuentra en malas condiciones con ciertos desperfectos en sus paredes y parte de su estructura rota. Originalmente en esta estructura se encontraba dispuesta una rejilla, pero posterior a la intervención realizada en el año 2015 fue retirada por razones no reportadas. La ausencia de una rejilla ocasiona que se permita el paso de materiales sólidos grandes y de otros flotantes como envases plásticos al tanque séptico, como se constató en las inspecciones realizadas (Gráfico 5.8). Otro aspecto a destacar es la carencia de una estructura que permita la medición precisa del caudal de ingreso a la planta.



Gráfico 5.8. Sólidos que ingresan al tanque séptico.

La tubería de entrada a la planta tiene un diámetro de 200 mm y la que conecta al tanque séptico de 160 mm. En esta estructura también se encuentran dos tuberías de diámetro 110 mm que conectan directamente, una a los humedales y otra a la estructura de salida, y que están ubicadas a un nivel superior de la altura del nivel normal de agua, para que, cuando entre un caudal demasiado elevado ayuden al drenaje de esta estructura de entrada y no colapse.

Se observó que esta estructura trabaja como una especie de sedimentador debido a la presencia de arena acumulada (Gráfico 5.10). Sin embargo, la misma no ha sido diseñada con la configuración de un desarenador convencional, sino más bien constituye un cajón de llegada que, por su forma, no solo retiene arenas sino materia orgánica en condiciones sépticas que causa mal olor.

El personal de ETAPA realiza la limpieza de esta estructura mensualmente, y en cada intervención se retiran aproximadamente dos palas de arena.



Gráfico 5.9. Cajón de entrada.



Gráfico 5.10. Retención de arenas y materia orgánica en el cajón de llegada.

#### 5.4.2.2 Lecho de secado de arenas

Paralelamente a la estructura de entrada se encuentra un lecho en forma de cajón (Gráfico 5.11), en el cual se depositan las arenas que sedimentan en la estructura de entrada. Esta estructura se construyó posterior a la intervención del año 2015.



Gráfico 5.11. Lecho de secado de arenas.

#### 5.4.3 Tratamiento primario

##### 5.4.3.1 Tanque séptico

Posterior a la estructura de entrada se encuentra un tanque séptico de dos compartimientos, el mismo que cuenta con dos tapas de revisión, un registro de inspección y dos ductos de ventilación. El tanque es de hormigón armado y su estructura se encuentra deteriorada, no se presentan fugas ni grietas, las tapas de inspección están en malas condiciones y se encuentran oxidadas. Los ductos de ventilación de cada una de las cámaras se encuentran destrozados y taponados (Gráfico 5.12).



Gráfico 5.12. Ductos de ventilación taponados.

Las tuberías de entrada y salida del tanque, de diámetro 160 mm, no son tuberías *tee* como recomienda la literatura, sino que son tuberías rectas. También se pudo observar que el paso del agua residual del primer al segundo compartimiento se da por medio de dos tubos de diámetro 200 mm ubicados a la altura de nivel superior de agua. Estos dos aspectos impiden la formación de natas en la superficie de la primera cámara, tal es así, que al momento de la inspección no se encontró ninguna capa sobrenadante (Gráfico 5.13).



Gráfico 5.13. Agua Residual en el primer compartimiento del tanque séptico.

En cuanto a las dimensiones de los dos compartimientos, estos presentan las longitudes recomendadas, siendo el largo de la primera cámara (6.4 m) igual a los dos tercios de la longitud total del tanque (9.6 m). La relación largo:ancho del área superficial del tanque es de 3:1 encontrándose también entre el rango recomendado por la literatura.

En lo referente a los lodos del fondo del tanque, estos deben ser limpiados cada mes por el personal debido a su rápida acumulación. En el momento de las inspecciones la capa de lodos tenían una altura de aproximadamente 25 cm y se pudo observar que la composición de los lodos era mayoritariamente arena.

#### 5.4.4 Tratamiento secundario

##### 5.4.4.1 Filtro anaerobio de flujo ascendente

El filtro anaerobio de flujo ascendente actualmente no presenta las condiciones óptimas para garantizar el crecimiento bacteriano debido a las siguientes razones:

- Dentro del filtro debe llevarse a cabo un proceso anaerobio, por lo que se debe garantizar un medio sin la presencia de oxígeno, pero posterior a la intervención realizada en el año 2015, en la que se rompió la parte superior de la estructura, solo se cubrió el filtro con una lona, lo que no garantiza una adecuada hermeticidad y permite el paso de aire al sistema.
- El medio de empaque está constituido por grava mal graduada (Gráfico 5.14), siendo lo recomendable que se coloque un medio con tamaño uniforme.
- Deficiente operación y mantenimiento, al ser limpiado con agua aproximadamente mensualmente impidiendo toda posibilidad de desarrollo de microorganismos.



Gráfico 5.14. Medio de empaque del Filtro Anaerobio.

El personal de operación y mantenimiento del sistema supo indicar que se han producido varios colapsos del sistema con desbordamientos de agua, las obstrucciones del filtro también han provocado desbordamientos en el tanque séptico cuando el caudal aumenta significativamente. En una visita se pudo constatar que cuando la condición del filtro es crítica, casi al punto del desbordamiento, el personal de ETAPA opta por abrir la válvula de purga (ubicada en la parte inferior a la salida del filtro) con el fin de que el excedente de agua tanto del filtro como del tanque séptico sea evacuado y así evitar el desbordamiento del sistema. Esta válvula de purga conecta directamente el filtro con la estructura de salida original de la PTAR.

#### 5.4.4.2 Humedales artificiales

Como último proceso de tratamiento se encuentran tres humedales artificiales en serie que se construyeron en la intervención realizada en 2015. Los humedales se encuentran ubicados paralelamente al tanque séptico y, debido al desnivel, el filtro se encuentra conectado al segundo y tercer humedal mediante un sistema de tuberías y válvulas, mientras que el primero sirve de tratamiento al exceso de caudal que ingresa a la planta. El primer y tercer humedal tienen como material vegetal carrizo, mientras que el segundo contiene totoras.



Gráfico 5.15. Humedales Artificiales.

#### 5.4.5 Estructura de salida

El efluente final de la PTAR se compone de dos partes: una estructura de salida al final de los humedales por medio de una tubería de 200 mm (Gráfico 5.16), que conecta, por medio de otra tubería de diámetro de 200 mm, a la estructura de salida original (Gráfico 5.17). Esta última estructura tiene un desnivel considerable entre el nivel del terreno y la salida de agua. En esta estructura también descargan dos tuberías, una que corresponde a la tubería de purga del filtro anaerobio, y la otra que conecta directamente a la estructura de entrada.



Gráfico 5.16. Estructura de efluente de los humedales.



Gráfico 5.17. Estructura de efluente final.

## 5.5 Caracterización físico-química y microbiológica de las aguas residuales

### 5.5.1 Materiales de muestreo

Se realizó un muestreo manual, para el cual se utilizaron los siguientes materiales:

- Guantes
- Mascarilla
- Termómetro
- Envases plásticos (5 L y 500 mL)
- Envase de plástico estéril (100 mL)

### 5.5.2 Rotulado y cuidado de la muestra

Se siguió un protocolo para la preparación de recipientes, etiquetado y transporte para garantizar la preservación de las muestras previo a su análisis en laboratorio.



Gráfico 5.18. Envases plásticos para toma de muestras.

### 5.5.3 Muestreo

Con base en el historial de análisis facilitado por el Departamento de Saneamiento de ETAPA y a la disponibilidad de tiempo del Laboratorio de Saneamiento, se optó por realizar los análisis de agua residual en la PTAR Santa Ana todos los días jueves durante un mes. Las muestras se recolectaron por la mañana y se trasladaron directamente al Laboratorio de Saneamiento de ETAPA para su análisis.

Debido a la variabilidad horaria, es recomendable la toma de muestras compuestas en plantas de tratamiento de efluentes domésticos; sin embargo, debido a factores logísticos del Laboratorio de Saneamiento se realizaron toma de muestras puntuales. Las muestras se tomaron en el afluente y efluente de la PTAR, y en la medida de lograr una mejor caracterización, se realizó un muestreo por etapas, tomando muestras en la entrada y salida del tanque séptico y en la entrada y salida de los humedales.

En total fueron realizadas 5 caracterizaciones consecutivas, una cada jueves a partir del 30 de noviembre del 2017 hasta el 21 de diciembre de 2017, y otras 7 caracterizaciones mensuales, dos de ellas por etapas el 22 de marzo de 2018 y el 28 de junio del 2018. También se dispuso de 17 caracterizaciones adicionales proporcionadas por ETAPA que fueron realizadas en el periodo 23/12/2015 – 01/06/2017.

### 5.5.4 Parámetros de análisis

Los parámetros determinados en las muestras de aguas residuales y el método utilizado por el Laboratorio Saneamiento de ETAPA se presentan en la Tabla 5.1. Los informes de los resultados de laboratorio se presentan en el ANEXO B.





PARÁMETRO	MÉTODO	UNIDADES
Conductividad	SM 2510 B	uS/cm
DBO5	PEE/LS/FQ/01	mg/l
DQO	PEE/LS/FQ/06	mg/l
Fósforo Total	PEE/LS/FQ/03	mg/l
Nitrógeno Amoniacal	SM 4500 NH3 C	mg/l
Nitrógeno Orgánico	SM 4500 Norg B	mg/l
Oxígeno Disuelto	SM 4500 O-G	mg/l
pH	PEE/LS/FQ/07	mg/l
Sólidos Sedimentables	SM 2540 F	ml/l
Sólidos Suspendidos Totales	PEE/LS/FQ/04	mg/l
Sólidos Totales	PEE/LS/FQ/05	mg/l
Sust. Solubles al Hexano	SM 5520 D	mg/l
Coliformes Totales	SM 9221 E	NMP/ 100 ml
Coliformes Termotolerantes	SM 9221 E	NMP/ 100 ml

Tabla 5.1. Métodos de análisis de los parámetros de calidad.

### 5.5.5 Análisis de las caracterizaciones

Comparando los resultados de las caracterizaciones con la Normativa Ambiental (Tabla 3.5) los parámetros de la DBO, DQO, Coliformes Fecales y Nitrógeno Amoniacal son los parámetros que no cumplen con los límites permisibles. A continuación, se hace un análisis de cada parámetro.

#### 5.5.5.1 DBO

La variabilidad de la concentración de DBO a la entrada de la planta es elevada, con un promedio de 395 mg/l y máximo de 1020 mg/l. Se destaca una reducción de la concentración de este parámetro en el efluente de hasta un 90%. Sin embargo, se recalcan las limitaciones del proceso de caracterización donde se tomaron muestras puntuales, por lo que estos valores necesitan un análisis más detallado. A pesar de la remoción existente, en algunas caracterizaciones no se cumple con el valor límite de 100 mg/l de la normativa (Tabla 3.5).

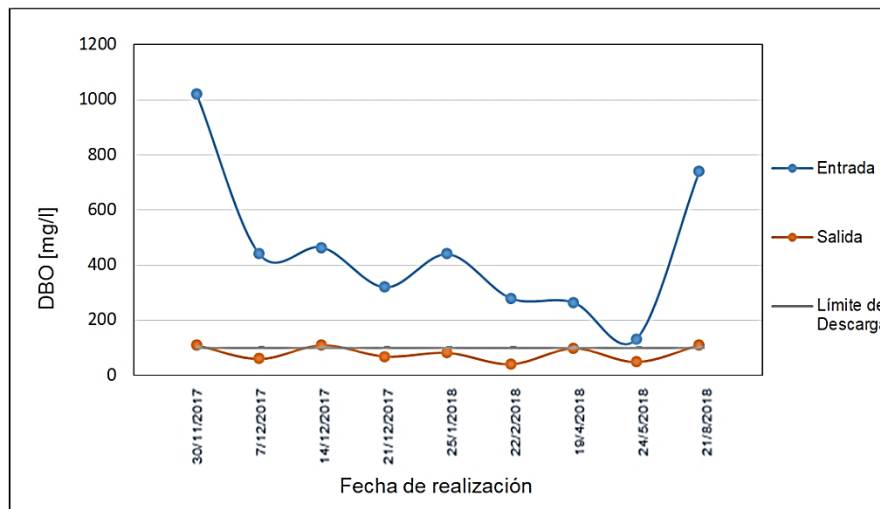


Gráfico 5.19. Análisis de la DBO.

### 5.5.5.2 DQO

Se observa en el Gráfico 5.20, una alta remoción comparable con la DBO; sin embargo, en la mayoría de casos se encuentra por encima del límite de descarga de 200mg/l establecido en la normativa (Tabla 3.5).

La relación existente entre la DBO y la DQO indica la importancia de los vertidos dentro de las aguas residuales y es uno de los factores a ser evaluados para determinar cuáles son los procesos de depuración de las aguas residuales más convenientes para su biodegradación. Si la relación establecida entre la DBO y la DQO es superior a 0,2 es recomendable la utilización de procesos biológicos. Por otro lado, si la relación es inferior a 0,2 es adecuada la utilización de procesos químicos. El valor promedio de la relación DBO/DQO de los análisis es 0.47, lo que expresa que se debe dar un tratamiento al agua mediante procesos biológicos, y que el agua a tratar es altamente biodegradable.

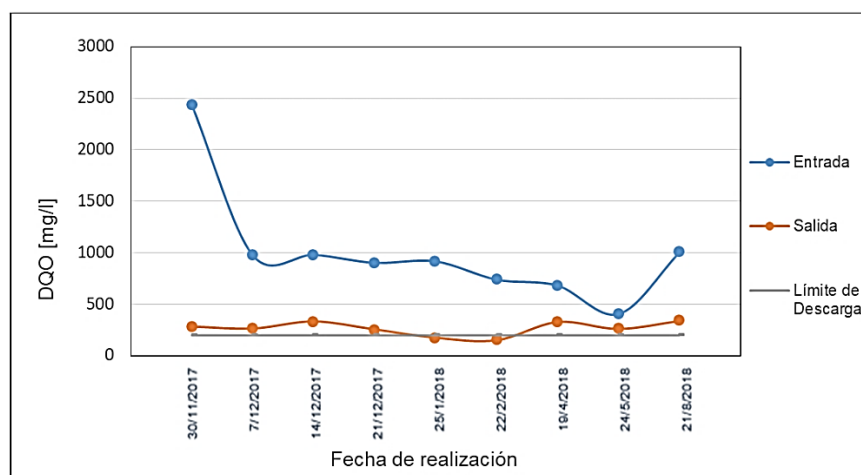


Gráfico 5.20. Análisis de la DQO.

### 5.5.5.3 Nitrógeno Amoniacal

La presencia de nitrógeno en el agua residual es importante para el desarrollo de microorganismos, ya que, cuando el agua no contiene suficiente nitrógeno se generan problemas en los tratamientos biológicos. Sin embargo, los valores de este parámetro a la entrada de la planta son considerablemente altos (Gráfico 5.21), así como también, los valores a la salida que no cumplen o están muy cercanos al límite establecido de 30 mg/l en la Normativa.

Esto resulta desfavorable ya que puede significar una contaminación en la descarga en los cuerpos de agua, debido a que altas concentraciones de nitrógeno provocan crecimiento excesivo de algas y eutrofización de los cuerpos de agua.

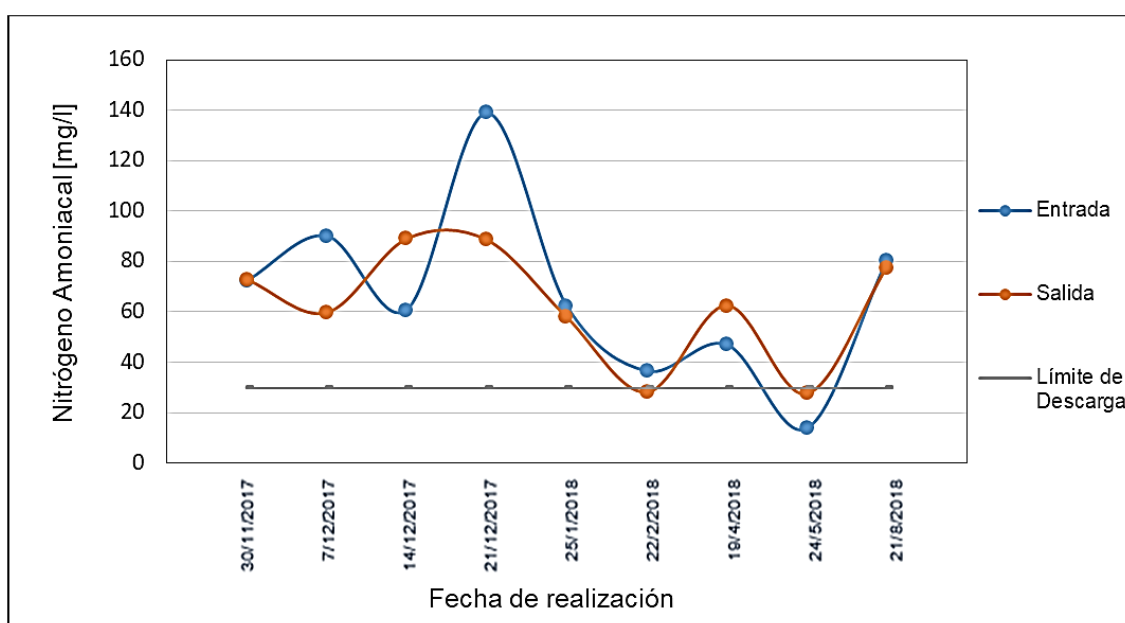


Gráfico 5.21. Análisis de la Nitrógeno Amoniacal.

### 5.5.5.4 Coliformes

Los coliformes fecales comprenden un grupo muy reducido de microorganismos, los cuales al ser de origen fecal son indicadores de calidad. En todos los análisis los valores en el efluente sobrepasan el establecido en la normativa que expresa un límite de descarga de 2000 NMP/100ml (Gráfico 5.22). El hecho de una presencia tan elevada de coliformes implica la imposibilidad de uso alternativo a la quebrada receptora de la descarga.

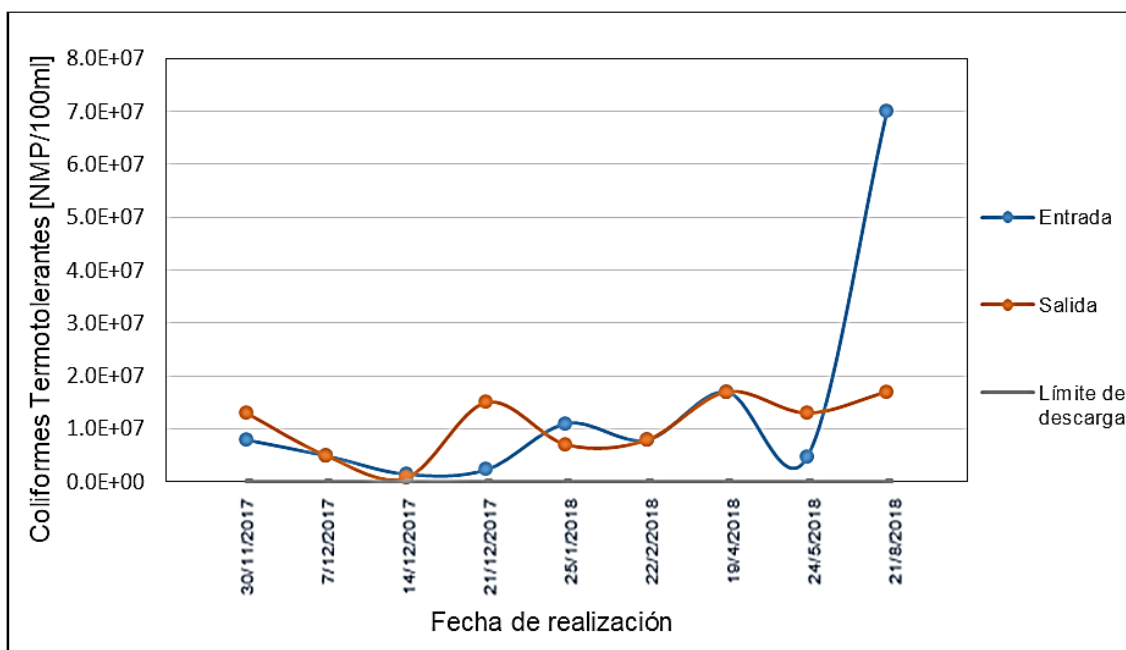


Gráfico 5.22. Análisis de los Coliformes Totales.

### 5.5.5.1 Eficiencia de remoción

De acuerdo a las caracterizaciones del agua residual realizadas por fases (ANEXO B. 3), en donde los valores de los parámetros correspondientes a Entrada - Fase 1 indican el tratamiento que realiza el tanque séptico, los valores de Fase 1 - Fase 2 el tratamiento del Filtro Anaerobio y Fase 2 - Salida la remoción en los humedales; se determinaron las eficiencias de remoción indicadas en la Tabla 5.2.

PARÁMETRO	EFICIENCIA DE REMOCIÓN (%)					
	TANQUE SÉPTICO		FILTRO ANAEROBIO		HUMEDALES	
	22/3/2018	28/6/2018	22/3/2018	28/6/2018	22/3/2018	28/6/2018
Conductividad	-29,41	-32,20	7,45	4,45	6,10	7,58
DBO	78,10	43,28	3,62	26,01	51,13	46,09
DQO	77,64	34,17	21,43	23,18	43,33	50,37
Fósforo Total	71,60	1,16	13,96	1,39	14,56	47,94
Nitrógeno Amoniacal	-49,39	-80,01	9,67	11,84	-0,89	10,09
Nitrógeno Orgánico	62,96	51,86	10,02	5,10	96,31	16,25
Oxígeno disuelto	-25,00	--	-100,00	-90,91	-80,00	-33,33
pH	0,98	12,94	1,42	0,14	-2,30	-2,46
Sólidos Sedimentables	90,91	0,00	50,00	93,33	100,00	0,00
Sólidos Suspendedos Totales	83,16	28,48	39,06	64,83	62,82	38,55

PARÁMETRO	EFICIENCIA DE REMOCIÓN (%)					
	TANQUE SÉPTICO		FILTRO ANAEROBIO		HUMEDALES	
	22/3/2018	28/6/2018	22/3/2018	28/6/2018	22/3/2018	28/6/2018
Sólidos Totales	45,39	12,24	17,00	23,48	19,88	15,20
Sustancias Solubles al Hexano	89,88	31,43	39,00	-47,92	-16,39	57,75
Coliformes Totales	29,17	-42,86	-29,41	52,86	77,73	66,67
Coliformes Termotolerantes	67,08	0,00	-178,48	48,48	77,73	71,18

Tabla 5.2. Eficiencias de remoción por unidades del sistema de tratamiento.

De las eficiencias obtenidas se destaca:

- La eficiencia de remoción de la DBO en el tanque séptico está por encima del rango de valores que especifica la bibliografía, por lo que se confirma que la aplicabilidad de este tipo de tratamiento es eficiente. Sin embargo, en esta misma unidad de tratamiento se presenta una contaminación del agua en lo que respecta a coliformes y nitrógeno amoniacal.
- En los humedales artificiales la eliminación de nutrientes (nitrógeno y fósforo) es muy baja, mientras que sí se presenta una remoción de patógenos (coliformes termotolerantes) pero no lo suficiente para cumplir con el valor límite establecido en la normativa.
- Valores de remoción del 3.62% y 26.01% de DBO en el filtro anaerobio comprueban la poca o nula acción en el sistema de tratamiento.

## 5.6 Aforo

La medición de los caudales que entran a la PTAR se realizó con la implementación de un vertedero triangular previo al tanque séptico. La toma de datos se la realizó durante siete días consecutivos, del 28 de octubre del 2018 al 4 de noviembre del 2018. La ecuación resultante obtenida a partir de la calibración del vertedero para determinar el caudal fue:

$$Q_{calibrado} = 0.0179H^{2.33}$$

La configuración del vertedero y los resultados del proceso de calibración según la metodología de la sección 3.3.5.1 se encuentran en el ANEXO C.

Los caudales de entrada a la PTAR durante los días de aforo se presentan en la Tabla 5.3 y en el Gráfico 5.23



HORA	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	SEMANAL
	28	29	30	1	2	3	4	
7:00	0,20	0,18	0,17	0,10	0,25	0,15	0,17	
7:30	0,11	0,20	0,18	0,20	0,20	0,27	0,21	
8:00	0,14	0,20	0,27	0,15	0,25	0,29	0,18	
8:30	0,12	0,23	0,18	0,23	0,45	0,20	0,15	
9:00	0,54	0,33	0,54	0,51	0,40	0,45	0,40	
9:30	0,43	0,23	0,35	0,43	0,45	0,59	0,35	
10:00	0,51	0,48	0,73	0,48	0,56	0,56	0,51	
10:30	0,56	0,48	0,56	0,43	0,51	0,63	0,43	
11:00	0,63	0,66	0,63	0,48	0,38	0,69	0,56	
11:30	0,45	0,48	0,59	0,35	0,48	0,51	0,48	
12:00	0,48	0,35	0,48	0,43	0,23	0,45	0,43	
12:30	0,43	0,43	0,35	0,31	1,78	0,31	0,33	
13:00	0,45	0,25	0,40	0,21	1,07	0,40	0,27	
13:30	0,14	0,14	0,40	0,17	1,30	0,23	0,18	
14:00	0,23	0,15	0,17	0,17	0,56	0,18	0,17	
14:30	0,25	0,14	0,20	0,15	0,33	0,15	0,20	
15:00	0,38	0,21	0,23	0,18	0,20	0,14	0,12	
15:30	0,33	0,17	0,12	0,17	0,20	0,17	0,17	
16:00	0,14	0,20	0,15	0,15	1,30	0,18	0,20	
16:30	0,23	0,15	0,08	0,14	0,51	0,23	0,20	
17:00	0,21	0,14	0,14	0,12	0,25	0,12	0,12	
17:30	0,21	0,11	0,17	0,10	0,27	0,33	0,10	
18:00	0,14	0,07	0,15	0,12	0,20	0,29	0,11	
18:30	0,09	0,08	0,07	0,10	0,21	0,11	0,09	
19:00	0,12	0,12	0,11	0,09	0,17	0,10	0,08	
<b>CAUDAL PROMEDIO [L/s]</b>	0,30	0,25	0,30	0,24	0,50	0,31	0,25	0,31
<b>CAUDAL MÁXIMO [L/s]</b>	0,63	0,66	0,73	0,51	1,78	0,69	0,56	1,78
<b>CAUDAL MÍNIMO [L/s]</b>	0,09	0,07	0,07	0,09	0,17	0,10	0,08	0,07

Tabla 5.3. Caudales al ingreso de la PTAR.

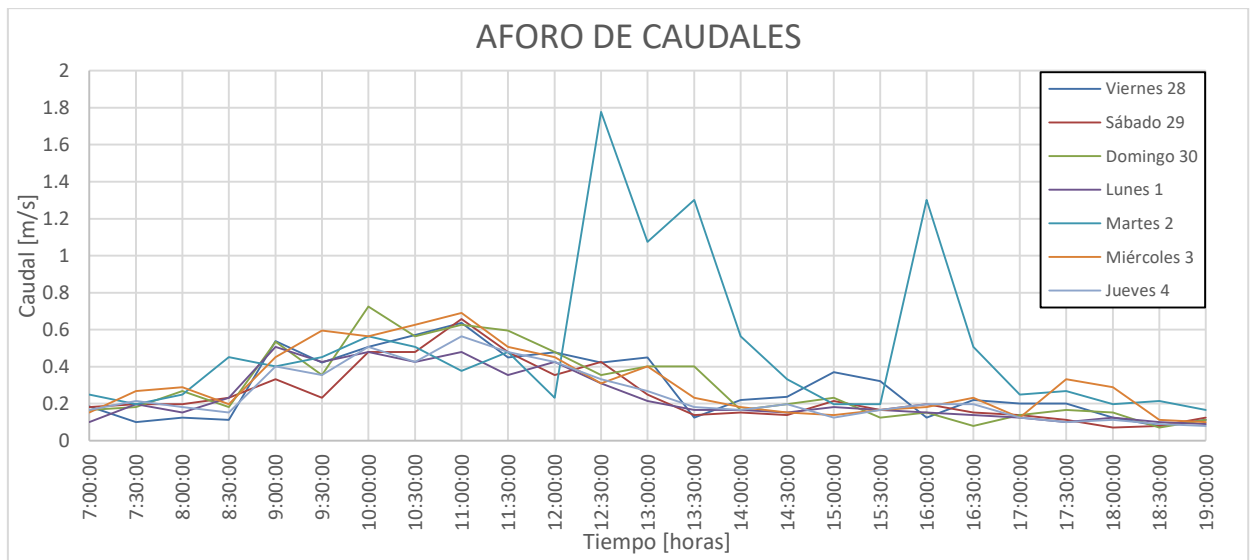


Gráfico 5.23. Resultados y comparación de los caudales diarios.

Como se puede observar en el Gráfico 5.23 los registros de caudales guardan una relación estrecha entre ellos, con picos máximos a las 11:00 y 17:30 y valores mínimos a las 7:00 y 18:30.

El día que se registra un mayor ingreso de caudal es el martes 2 con un valor de 1.78 L/s, esto debido a las precipitaciones que ocurrieron en los periodos de 11:30 a 12:30, 12:45 a 1:30 y 3:10 a 4:00. Así también, se observa que el día con un menor registro de ingreso de caudal es el día lunes y martes con 0.07 L/s, mientras que el caudal promedio semanal es 0.31 L/s.

A pesar de que previo a la PTAR existe una estructura con el objeto de servir a manera de aliviadero, el hecho de que cuando se presentaron las precipitaciones el día martes e ingresó a la PTAR un caudal mayor a 5 veces el promedio (caudal que ingresa el día martes a las 12:30), es un indicativo de la mala operación de esa estructura. Deben realizarse estudios del caudal de aguas lluvias que permita una dilución de las aguas residuales que sea tolerable para el cuerpo de agua receptor, sin embargo, Arocha (1983) recomienda que un aliviadero debe funcionar, dentro un perímetro poblado y si la descarga es en quebradas, cuando el caudal sea cinco veces el caudal medio de las aguas residuales.

## 5.7 Caudal que soporta el tanque séptico actual

Para determinar el caudal que soporta el tanque séptico actual con un periodo de retención de un día se consideraron las dimensiones del tanque (ancho, largo y profundidad), así como las recomendaciones dadas en la sección 3.6.3.1.2 referente al diseño. Se consideró un volumen de lodos producidos ( $G$ ) de 50 litros/habitante.año, que es la cantidad recomendada para clima frío

(Tabla 3.10), y un periodo de intervalo de limpieza ( $N$ ) de 1 año.

Se obtuvo un caudal máximo a tratar por el tanque de 0.35 L/s, valor superior incluso al afluente promedio de 0.31 L/s. Sin embargo, la remoción de la DBO y sólidos sedimentables de esta unidad se encuentran dentro de lo esperado (sección 5.5.5.1) lo que indica que el funcionamiento del tanque es eficiente y que los valores obtenidos en las caracterizaciones que no cumplen con los límites de la normativa se da cuando el caudal que entra a la planta es demasiado elevado de tal manera que el periodo de retención en el tanque es muy corto. Con un caudal de 1.78 L/s correspondiente al máximo registrado durante los aforos realizados (Tabla 5.3) el periodo de retención es de aproximadamente 8 horas, valor aceptable, pero tomando en cuenta que en años futuros el caudal de aguas residuales aumentará y que el período de retención mínimo debe ser de 6 horas se puede decir que el tanque está trabajando actualmente a su máxima capacidad.

Los parámetros y resultados del análisis de la capacidad de tratamiento del tanque séptico actual se presentan en la Tabla 5.4. Las expresiones y cálculos derivados para obtener estos resultados se presentan en el ANEXO E. 1.

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD
<b>DATOS</b>		
Tiempo de retención hidráulico ( $Pr$ )	1	días
Ancho	3.15	m
Largo	9.6	m
Área Superficial	30.24	$m^2$
Altura	1.80	m
<b>RESULTADOS</b>		
Espacio de Seguridad	0.10	m
Profundidad de Sedimentación	0.99	m
Profundidad almacenamiento de lodos	0.38	m
Profundidad de natas	0.02	m
Caudal a tratar	0.35	L/s

Tabla 5.4. Datos y resultados para la determinación del caudal máximo a tratar por el tanque séptico actual.

## 5.8 Intervalos a los que debe trabajar el filtro anaerobio actual

A partir de los factores que intervienen en el dimensionamiento de un filtro anaerobio (sección 3.6.4.2.2) se pueden también determinar, considerando las dimensiones del filtro existente, los valores máximos y mínimos de caudal a los que puede operar una determinada unidad, así como las eficiencias y tiempos de retención hidráulicos. El procedimiento para obtener estos valores máximos y mínimos de operación se basa en el supuesto de que la carga orgánica volumétrica en el medio filtrante debe estar comprendida entre 0.25 y 0.75 kg





de  $DBO/(m^3.día)$  (Tabla 3.11). Los datos y los intervalos en los que debe trabajar el filtro se presentan en la Tabla 5.5. Las expresiones de cálculo y resultados para la determinación de estos intervalos se encuentran en el ANEXO E. 2.

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD
<b>DATOS</b>		
Diámetro del Filtro (D)	4.20	m
Distancia libre en el fondo	0.20	m
Altura del medio de empaque	1.30	m
Borde libre	0.30	m
Altura total del filtro	1.80	m
Concentración total de DBO en el afluente del filtro ( $S_0$ )	155.5	mg/L
<b>RESULTADOS</b>		
Caudal máximo al que debe trabajar el filtro ( $Q_{max}$ )	1.01	L/s
Caudal mínimo al que debe trabajar el filtro ( $Q_{min}$ )	0.34	L/s
Tiempo de retención hidráulico máximo ( $TRH_{max}$ )	14.93	horas
Tiempo de retención hidráulico mínimo ( $TRH_{min}$ )	4.98	horas
Eficiencia máxima esperada ( $E_{max}$ )	77.48	%
Eficiencia mínima esperada ( $E_{min}$ )	61.00	%
Concentración máxima de DBO esperada en el efluente ( $DBO_{max\ ef}$ )	60.65	mg DBO/L
Concentración mínima de DBO esperada en el efluente ( $DBO_{min\ ef}$ )	35.01	mg DBO/L

Tabla 5.5. Datos y resultados de los intervalos en los que debe trabajar el Filtro Anaerobio.

La remoción mínima de la DBO esperada de un filtro con las dimensiones actuales es del 61%, pero su remoción, según las caracterizaciones por fases, no supera el 26 % (sección 5.5.5.1), lo que pone de manifiesto el poco grado de tratamiento que puede alcanzarse derivado de una mala operación y mantenimiento.



## 6. RESULTADOS

### 6.1 Alternativas de rediseño

Una vez determinada la situación actual de la PTAR, así como el estado de cada unidad, el grado de tratamiento que presentan y las deficiencias existentes, se procedió con el análisis de las posibles intervenciones al sistema de tratamiento actual y las modificaciones o reponteciamiento de las unidades actuales.

#### 6.1.1 Tanque de ecualización

Una primera opción para el mejoramiento de la eficiencia del tratamiento fue la inclusión de un tanque de ecualización a fin de solucionar los problemas operacionales causados por las variaciones de caudal, ya que como se determinó en el análisis de la eficiencia del tanque séptico, el tratamiento llevado a cabo en el mismo se encuentra dentro de lo esperado, siendo deficiente únicamente cuando entra un caudal elevado.

El propósito del tanque de ecualización es regular las variaciones de caudal en tiempo seco, en épocas lluviosas, y en la combinación de aguas pluviales y aguas residuales, y por lo mismo, mejora la tratabilidad y reduce los requerimientos de área y las cargas para las unidades posteriores. Con base en los aforos de caudal realizados se determinó el volumen del tanque de ecualización necesario a partir de la curva de caudal afluente acumulado para el día de máximo ingreso, dando como resultado un volumen necesario de 9.5 m<sup>3</sup>, sin embargo, la poca área disponible para su implantación y el hecho de que se requiera un proceso de mezclado para evitar la sedimentación de sólidos en el tanque y proveer aireación para evitar malos olores, fueron las razones para que no sea posible de implementar al sistema.

#### 6.1.2 Alternativas del medio de empaque

Al ser el atascamiento en el medio de empaque el principal inconveniente del filtro anaerobio se han buscado soluciones alternativas al uso de la grava. En los filtros anaerobios el material filtrante debe promover la uniformización del flujo en el reactor, garantizar el contacto entre el líquido afluente y los sólidos biológicos, permitir acumulación de gran cantidad de biomasa y actuar como barrera física evitando la salida de sólidos con el efluente.

Se han planteado el uso de diversidad de materiales como medio de empaque, generándose diferentes alternativas que buscan ser amigables con el medio ambiente y de reutilización de recursos, como es la utilización de materiales de desecho, como tapas plásticas y cilindros de espuma (Alvarado, 2011), rosetas de fibra de vidrio (Carrera & Florian, 2013), aros de guadua (Álvarez & Gómez,



2008), anillos de bambú (Camargo & Nour, 2001), e incluso cascaras de coco (Cruz et al., 2013; Tonon et al., 2015). A pesar de ser opciones más económicas y con resultados prometedores de eficiencias de remoción, las experiencias realizadas son de implementación reciente y en plantas piloto que requieren aún mayor investigación, por lo que el planteamiento del uso de estas tecnologías deberá ser asumido con mucho criterio, especialmente para ser usados en nuestra región.

Los filtros más modernos y que no presentan problemas de taponamiento utilizan materiales plásticos, por lo que se consultaron posibles proveedores que podrían disponer de rosetas plásticas (ANEXO D), pero por el alto precio que imponen principalmente porque este producto no es fabricado en el país, su adquisición hace muy difícil la implantación de esta tecnología, y que el uso de otras alternativas de menor costo deban ser consideradas.

### 6.1.3 Tratamiento terciario

En el historial de análisis de la caracterización del efluente, se presentan valores considerablemente altos de coliformes y también de nitrógeno amoniacal, por lo que se decidió plantear un proceso de cloración, posterior al filtro anaerobio. La ventaja más importante de este proceso es que, con un control apropiado, es oxidado todo el nitrógeno amoniacal del agua residual, y se consigue la desinfección simultánea del efluente. La oxidación del nitrógeno amoniacal mediante este proceso rara vez es usado en efluentes que no han sido nitrificados, pero para el caso de estudio, por el limitado espacio no ha sido posible plantear la utilización de otro medio que resulte más económico y sea viable para conseguir la remoción simultánea de patógenos y del nitrógeno amoniacal. Soluciones alternativas constituyen filtros biológicos, lagunas de estabilización, o los mismos humedales artificiales ya existentes, pero por el espacio tan reducido con el que se dispone en la PTAR, y como se ha podido demostrar con los humedales, sin el área necesaria estas unidades no garantizan un tratamiento eficaz.

Lo que se recomienda es buscar la fuente de contaminación que está provocando la presencia tan elevada y anormal de nitrógeno amoniacal, ya que los valores de los resultados de laboratorio indican que debe tratarse de una contaminación puntual (excrementos de animales, basuras o fertilizantes). Si se encontrara la fuente de contaminación y el nitrógeno amoniacal ya no estuviera presente, el uso de la cloración para la desinfección disminuirá considerablemente ya que es necesaria una relación de masas entre el cloro y amoniaco de 8:1. Por ende, la disminución de costos sería considerable, y la solución de utilizar el cloro solo para tratar los patógenos sería viable ya que el caudal a tratar en la PTAR es pequeño.

La desinfección con cloro en el Ecuador debe efectuarse solamente en el caso



en el que el cuerpo receptor demande una alta calidad bacteriológica y no sea posible la construcción de lagunas, y en caso de diseñarse deben presentarse los debidos justificativos (Secretaría del Agua, 2014). La misma normativa indica que la desinfección con cloro debe ser en forma intermitente y cuando el cuerpo receptor sea usado para actividades recreativas con contacto directo. Por lo que, en nuestro caso, al tratarse de una quebrada no habría la necesidad de efectuar una desinfección con el objeto de eliminar el nitrógeno amoniacal. Por tanto, si la comunidad a la que se brinda el servicio optara por usar el agua del efluente con una finalidad diferente, pudiendo ser esta, recreativa, para riego, u otros usos, se debería considerar la opción planteada, pero analizando si los beneficios derivados de su uso serian redituables. Por otro lado, si la necesidad es la de únicamente eliminar el alto contenido de patógenos presentes en el efluente, la implantación de un proceso de cloración es el proceso que mejor se ajusta para este objetivo.

## 6.2 Propuesta de rediseño

### 6.2.1 Tratamiento preliminar

Para el mejoramiento en el funcionamiento se plantea la remoción total de la estructura de entrada, al constituir un simple cajón de llegada y no cumplir con ningún parámetro de diseño que permita la remoción efectiva de sólidos gruesos, arenas, y la fácil medición del caudal que ingresa a la planta. En remplazo de esta estructura, se plantea la implantación de un canal de aproximación como primer componente de esta etapa, en el cual se dispondrá una rejilla para impedir el paso de sólidos grandes a las unidades posteriores, de tal manera de mejorar la eficiencia de las mismos y evitar los taponamientos en el filtro anaerobio.

Por otra parte, el paso de las arenas al tanque séptico es la causante de la formación acelerada de una densa capa de lodos que reducen su volumen, y está provocando que deba ser limpiado regularmente (aproximadamente cada mes). Esto, sumado a que los malos olores generados en esta etapa son producto de la acumulación y estancamiento de la materia orgánica, y no solamente de arenas, son razones para la implementación de un desarenador que cumpla todas las especificaciones de diseño a fin de que sedimenten únicamente las arenas.

El aforo de caudales es de gran importancia en todas las PTAR a fin de facilitar el monitoreo del caudal que ingresa. Por lo que, posterior al desarenador deberá instalarse un vertedero triangular que permitirá realizar estas mediciones de una manera fácil y rápida.



### 6.2.2 Tratamiento primario

Los desbordamientos ocurridos en el tanque séptico no se deben solo al taponamiento del filtro anaerobio, sino también a que el tanque no soporta el caudal total que entra a la planta. Esto se comprobó al determinarse que la cantidad de caudal máximo a tratar, para un periodo de retención de 24 horas es de 0.35 L/s. De esta forma, a fin de tratar el caudal total proyectado para el año horizonte de diseño, se plantea la construcción de un segundo tanque séptico que trate el caudal excedente que supere al máximo capaz de ser tratado por el tanque séptico actual con un tiempo de retención de un día.

Se decidió por dejar el tanque séptico actual con las mismas dimensiones con el objetivo de abaratar costos y también por la poca disponibilidad de terreno. Ampliar el tanque séptico actual implicaría ocupar el área correspondiente al filtro anaerobio, y por ende, su demolición. Es así que, el segundo tanque séptico ocupará el espacio donde actualmente se encuentran los humedales artificiales.

A pesar de que el tanque existente se mantendrá con las mismas dimensiones, se plantean las siguientes intervenciones para mejorar el tratamiento de esta unidad:

- Los tubos de entrada y salida del tanque, que son simples tuberías rectas, deben ser reemplazadas por *tees* a fin de evitar que las natas en la superficie sedimenten.
- Las tuberías entre las dos cámaras del tanque deben reubicarse, ya que se encuentra a una altura que permiten el paso de las natas al segundo compartimiento.
- Reemplazo de los ductos de ventilación, que actualmente están obstruidos.

### 6.2.3 Tratamiento secundario

Si bien los humedales podrían resultar una opción viable para el tratamiento del agua residual para la comunidad en estudio (sistema económico y de fácil operación y mantenimiento), los mismos, por su extensión tan pequeña, no están ejerciendo una acción eficiente (baja remoción de nitrógeno y fósforo en los análisis de laboratorio). Por la falta de un área mayor para que la eficiencia en el tratamiento de estas unidades sea efectiva, no se pudo plantear la extensión de su área superficial, y se decidió por la eliminación de los mismos para aprovechar el área que estos ocupan.

Por otra parte, los resultados de laboratorio indican que la eficiencia de remoción de la DBO en el filtro anaerobio es solo de, en promedio, de 14.82 %, a partir de esto, y en conjunto con las deficiencias de operación y

mantenimiento y aspectos que inhiben el correcto desarrollo microbiológico (sección 5.4.4.1), se estableció que el filtro no está ejerciendo ninguna acción, por lo que se decidió repotenciar este sistema, incrementado su volumen, así como, utilizar un lecho filtrante de mejores características, que magnifique la eficiencia de remoción contaminante.

Para garantizar que sea un tratamiento netamente anaerobio el techo del filtro deberá estar completamente cubierto.

#### 6.2.4 Tratamiento terciario

Dado que la eliminación del nitrógeno amoniacal resulta más dañina que beneficiosa por la toxicidad de los compuestos formados por el uso del cloro, se ha decidido por plantear la desinfección solo para eliminar los patógenos presentes en el agua, y también porque el requerimiento de cloro para la remoción de patógenos es mucho menor comparada con el necesario para la eliminación del nitrógeno amoniacal. Para garantizar el tiempo de contacto necesario para que la desinfección sea eficaz se propone la construcción de un tanque con pantallas luego del filtro anaerobio.

### 6.3 Mejoras implementadas

La propuesta de colocar tuberías *tee* tanto a la entrada como a la salida del tanque, al ser de fácil ejecución, fue implementada por ETAPA, pero se decidió colocar un codo de 90° con una abertura en la parte superior como se observa en el Gráfico 6.1. Además, en las tuberías que permiten el paso del agua de un compartimiento a otro también se colocaron codos de 90°.



Gráfico 6.1. Codo 90° con abertura.

El efecto en el tratamiento de esta medida fue inmediato. En visitas posteriores se pudo observar claramente la formación de la capa de natas en el primer

compartimiento del tanque séptico, y en la segunda cámara se observó una capa de natas mucho menos densa y contaminada. El Gráfico 6.2 muestra la situación antes y después de la instalación de las tuberías.



Gráfico 6.2. Comparación entre el agua residual antes y después de la modificación en la tubería de entrada de caudal.

## 6.4 Parámetros generales de diseño

### 6.4.1 Período de diseño

Se consideró 20 años como periodo de diseño, valor especificado en el Código Ecuatoriano de la Construcción de Obras Sanitarias en las “Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural”, y que además, es un valor coherente de acuerdo a las recomendaciones bibliográficas.

### 6.4.2 Población de diseño

#### 6.4.2.1 Tasa de crecimiento

Dado que los datos de población en la cabecera cantonal son escasos, la tasa de crecimiento se determinó en base a la población de la Parroquia Santa Ana, información obtenida de los datos censales del Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) y que se presenta en la Tabla 6.1.

La expresión para el cálculo de la tasa de crecimiento para cada periodo intercensal se obtuvo de la Ecuación (5). Los valores obtenidos mediante esta ecuación también se encuentran en la Tabla 6.1.

Año	Población Parroquia Santa Ana	Tasa (r) Método Geométrico
1950	3300	
1962	3289	-0.0003
1974	3898	0.0143
1982	3962	0.002
1990	4237	0.0084
2001	4739	0.0102
2010	5366	0.0139

Tabla 6.1. Población según los censos poblacionales de la Parroquia Santa Ana y tasa de crecimiento r.

Para poder determinar la tasa de crecimiento a utilizar en la estimación poblacional para el método geométrico se realizó un gráfico con todas las tasas hasta el año 2010 (Gráfico 6.3) a partir del cual, se plantearon diferentes valores de tasas de crecimiento de tal manera que la tendencia, en relación a los valores obtenidos en los años anteriores, sea concordante con la población de Santa Ana. Es así que, se decidió por el valor que arroja, en el año 2018, la ecuación lineal ajustada según las tasas de crecimiento.

La ecuación lineal correspondiente a la línea de tendencia de las tasas de crecimiento y el valor para el año 2018 que se obtuvieron fueron:

$$y(x) = 0.0002088x - 0.4066958$$

$$y(2018) = 0.0147$$

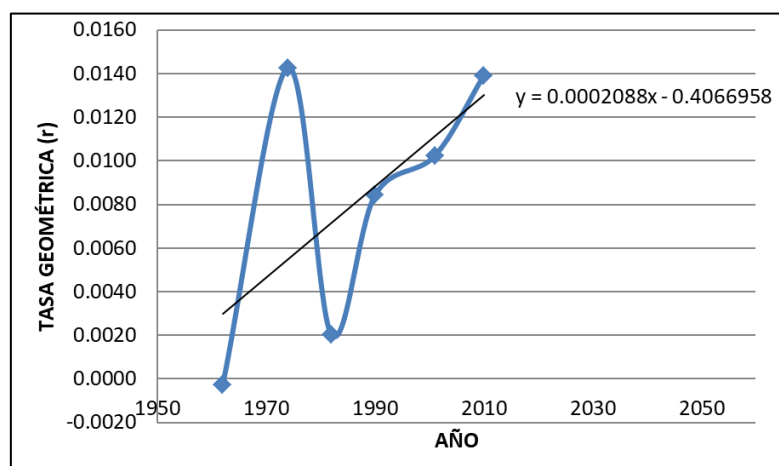


Gráfico 6.3. Tasas de crecimiento de la Parroquia Santa Ana.

La tasa de crecimiento poblacional para la parroquia Santa Ana es de 1.38 % (0.0138) para el periodo 2001- 2010 según el censo de población y vivienda realizado por el INEC en el año 2010. Este valor corrobora el valor obtenido analizando las tasas, por lo que se decidió por utilizar el valor de 0.0145.





### 6.4.2.2 Población Futura

La estimación poblacional se realizó usando el método geométrico. La población base se consideró de 133 habitantes correspondiente al año 2005, valor indicado en la tesis “Sistematización de la información de las plantas de depuración de aguas residuales del sector rural del cantón Cuenca – Azuay” (D. Alvarado & Cárdenas, 2015). Realizando la proyección a partir de este valor, con la tasa adoptada, se obtuvo una población de 214 habitantes para el año 2038.

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD
Población actual ( $P_a$ )	133	habitantes
Tasa de crecimiento geométrico ( $r$ )	0.0145	-
Año a proyectar	2038	año

Tabla 6.2. Datos para el cálculo de la población de diseño.

$$P_F = P_a (1 + r)^n$$

$$P_F = 133 (1 + 0.0145)^{(2038-2005)}$$

$$P_F = 213.88 \text{ habitantes} \approx 214 \text{ habitantes}$$

### 6.4.2.3 Método alternativo

ETAPA EP puso a disposición información del estudio demográfico de los Planes Maestros – Fase II, específicamente una capa raster con información de densidad poblacional de todo el cantón Cuenca. Con esta capa, y a partir del área de cobertura de la PTAR en estudio, pudo determinarse la población actual y futura. Obteniéndose como resultados una población actual (año 2018) de 182 habitantes y una población proyectada al año 2038 de 232 habitantes, cantidad que se utilizó para el cálculo de los caudales de diseño.

La metodología de la proyección para obtener la población de diseño se explica en la siguiente subsección.

#### 6.4.2.3.1 Metodología de Proyección de los Planes Maestros

Con el fin de realizar una proyección poblacional que proporcione una seguridad razonable, se adoptó el Método TED (Tasa Exponencialmente Decreciente) que proporciona una disminución gradual de la tasa geométrica de crecimiento. Este método viene dado por la siguiente expresión:



$$P_f = P_0 \prod_{j=1}^N (1 + r_0 - j^X d)$$

O en su forma desarrollada:

$$P_f = P_0 (1 + r_0 - 1^X d) (1 + r_0 - 2^X d) \cdots \cdots (1 + r_0 - N^X d)$$

En donde:

- $j$ : Índice de años transcurridos
- $X$ : Exponente
- $N$ : Número de años de la proyección
- $r_0$ : Tasa geométrica instantánea inicial
- $d$ : Diferencial de tasas (fracción por año)

La población actual y futura del área del proyecto se determinó de la siguiente manera:

- En un software de Sistema de Información Geográfico (QGIS) se cargó la información del estudio demográfico de los Planes Maestros – Fase II, actualizado.
- Se delimitó el área de influencia del proyecto.
- Mediante geo-procesamiento se intersectó el área de influencia del proyecto, con la información del estudio demográfico obteniendo la población actual.
- Los datos de población en el área de influencia son proyectados hasta el año horizonte de diseño, obteniendo la población futura.

### 6.4.3 Caudales de aguas residuales

#### 6.4.3.1 Dotación

Por la falta de información sobre el consumo de agua en la cabecera cantonal, se seleccionó una dotación de 160  $L/habitante.día$  con base en las recomendaciones del Código Ecuatoriano de la Construcción de Obras Sanitarias para poblaciones de hasta 5000 habitantes y clima templado (Tabla 3.6).

#### 6.4.3.2 Caudal de aguas residuales domésticas

Se consideró un valor de 0.8 para el coeficiente de retorno  $R$ . El valor del factor  $K_1$  está relacionado principalmente por el clima, y dado que en Santa Ana la temperatura no es demasiado elevada, se consideró un valor de  $K_1 = 1,3$ . El valor de  $K_2$  depende del tamaño de la localidad en estudio, siendo menor para



ciudades grandes; es así que, para nuestro caso se consideró un valor de  $K_2 = 3$ .

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD
Población al final del periodo de diseño ( $P$ )	232	habitantes
Dotación ( $D$ )	160	$L/ habitante. día$
Coeficiente de retorno ( $R$ )	0.8	-
$K_1$	1.3	-
$K_2$	3	-

Tabla 6.3. Datos para el cálculo de los caudales de aguas residuales domésticas.

$$Q_{m\ AR\ Domésticas} = \frac{P \times D \times R}{86400}$$

$$Q_{m\ AR\ Domésticas} = 0.34\ L/s$$

$$Q_{max\ AR\ Domésticas} = Q_{m\ AR\ Domésticas} \times K_1 \times K_2$$

$$Q_{max\ AR\ Domésticas} = 1.34\ L/s$$

#### 6.4.3.3 Caudal de aguas residuales industriales

No se consideró caudal de aguas residuales industriales ya que Sata Ana no cuenta con ningún tipo de desarrollo industrial importante.

#### 6.4.3.4 Caudal de aguas de infiltración

Se consideró un caudal de infiltración igual al 20 % del valor del caudal de infiltración señalado en el plan maestro de la ciudad de Cuenca, cuyo valor es 1.18 L/s.km. Considerando una longitud de tubería de 2712 m y una ampliación del 15% de la red al finalizar el periodo de diseño se obtuvo:

$$Q_{AR\ Infiltración} = 1.15 * 0.2 * \left(1.18 \frac{L}{s.Km}\right) * (2.712\ Km)$$

$$Q_{AR\ Infiltración} = 0.74\ L/s$$

#### 6.4.3.5 Caudal de aguas ilícitas

Se ha considerado un 10 % del  $Q_{max\ AR\ Domésticas}$ .

$$Q_{AR\ Ilícitas} = 0.1 * Q_{max\ AR\ Domésticas}$$

$$Q_{AR\ Ilícitas} = 0.13\ L/s$$



### 6.4.3.6 Caudales de diseño de aguas residuales

El caudal de diseño lo comprende la suma del caudal de aguas residuales, el caudal de aguas residuales industriales, las aguas de infiltración y las aguas ilícitas.

$$Q_{med\ AR} = Q_{m\ AR\ Domésticas} + Q_{AR\ Industriales} + Q_{AR\ Infiltración} + Q_{AR\ Ilícitas}$$

$$Q_{med\ AR} = 1.21\ L/s$$

$$Q_{max\ AR} = Q_{max\ AR\ Domésticas} + Q_{AR\ Industriales} + Q_{AR\ Infiltración} + Q_{AR\ Ilícitas}$$

$$Q_{max\ AR} = 2.21\ L/s$$

## 6.5 Dimensionamiento de las unidades de tratamiento

### 6.5.1 Tratamiento preliminar

#### 6.5.1.1 Canal de aproximación

Después de la tubería de entrada a la planta se propone la disposición de un canal de hormigón de forma rectangular en el que se instalará la rejilla. El canal será recto, construido de hormigón y con pendiente de fondo igual a 0.5%.

Para su diseño se consideró el caudal máximo de aguas residuales ( $Q_{max\ AR}$ ) y que la velocidad de acercamiento en el canal este entre el rango recomendado para rejillas de limpieza manual (Tabla 3.7). La dimensión final escogida de la altura del canal se seleccionó de tal manera que sea mayor a la altura de agua y asegure que no se presenten riesgos de desbordamiento.

Los resultados de dimensionamiento de este canal, así como la velocidad y altura de agua en la tubería de entrada a la planta se presentan en la Tabla 6.4.

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD
<b>TUBERÍA DE ENTRADA</b>		
Caudal	2.21	L/s
Diámetro	200	mm
Coefficiente de rugosidad ( $n$ )	0.014	-
Área Mojada	0.005	$m^2$
Perímetro mojado	0.194	m
Velocidad	0.372	m/s
Altura de Agua	4.33	cm
<b>CANAL DE APROXIMACIÓN</b>		
Caudal	2.21	L/s
Velocidad	0.395	$m^3$
Ancho	0.20	m
Altura de agua	2.80	cm
Altura del canal final adoptada	20	cm

Tabla 6.4. Datos y resultados del dimensionamiento del canal de aproximación.

### 6.5.1.2 Rejilla

La rejilla de limpieza manual se diseñó en base a los criterios de la Tabla 3.7 considerando el caudal máximo de aguas residuales ( $Q_{max\ AR}$ ). Los resultados se presentan en la Tabla 6.5.

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD
Ancho de las barras	1.00	cm
Espaciamiento libre entre barras	2.50	cm
Angulo con la horizontal ( $\theta$ )	45	grados
Velocidad de aproximación	0.395	m/s
Pérdida de carga	0.297	cm

Tabla 6.5. Resultados del dimensionamiento de la rejilla.

### 6.5.1.3 Desarenador

Se dimensionó un desarenador según el proceso expuesto en la sección 3.6.3.1.2, y se plantea que sea de doble cámara para no interrumpir el proceso de sedimentación cuando se realice la limpieza de las arenas. Los datos y resultados del desarenador se presentan en la Tabla 6.6. Las expresiones y cálculos según la metodología se presentan en el ANEXO F. 1.

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD
<b>DATOS</b>		
Diámetro de partículas a sedimentar	0.02	cm
Densidad de las partículas	2.65	kg/cm <sup>3</sup>
Viscosidad cinemática del fluido a 15°C	0.01139	
Densidad del agua	1	kg/cm <sup>3</sup>
Velocidad horizontal	0.30	cm/s
Longitud adicional por aumento en turbulencia a la entrada y salida	30	%
Ángulo de transición	12.5	°
<b>RESULTADOS</b>		
Número de módulos	2	--
Ancho de cada módulo	20	cm
Largo	2.50	m
Altura de agua	20	cm
Longitud de la transición de entrada	70	cm
Longitud de la transición de salida	60	cm

Tabla 6.6. Datos y resultados del dimensionamiento del desarenador.

#### 6.5.1.4 Vertederos

A fin de controlar que el caudal que entre a la planta sea el máximo en diseño, en el canal de aproximación deberá disponerse un vertedero rectangular que permitirá el desfogue del agua residual en exceso.

Con el fin de regular la entrada de agua a cada tanque séptico posterior al vertedero triangular luego del desarenador, deberán colocarse dos vertederos triangulares con diferente configuración geométrica, con el objetivo de que a cada tanque entre efectivamente el caudal máximo a tratarse en cada unidad. El diseño de estos vertederos se realizó de tal manera que cuando entre el caudal máximo a la PTAR, la carga de agua en el vertedero que deriva el agua al tanque actual (H) sea una máxima de 3.65 cm, equivalente a un caudal de 0.35 L/s y para el vertedero que conduce al tanque séptico nuevo la máxima carga de agua sea de 5.22 cm, equivalente a 0.86 L/s

La configuración geométrica de cada vertedero se presenta en el Gráfico 6.4 y Gráfico 6.5.

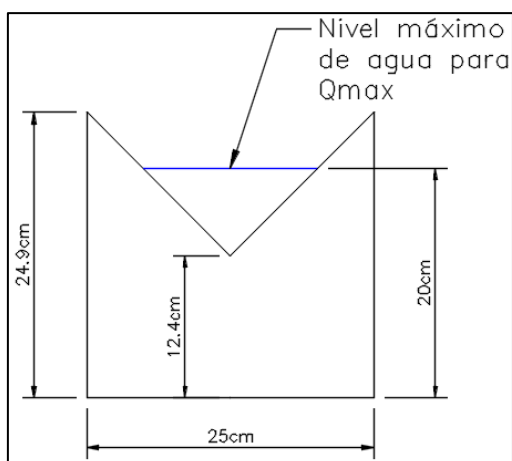


Gráfico 6.4. Configuración del vertedero posterior al desarenador.

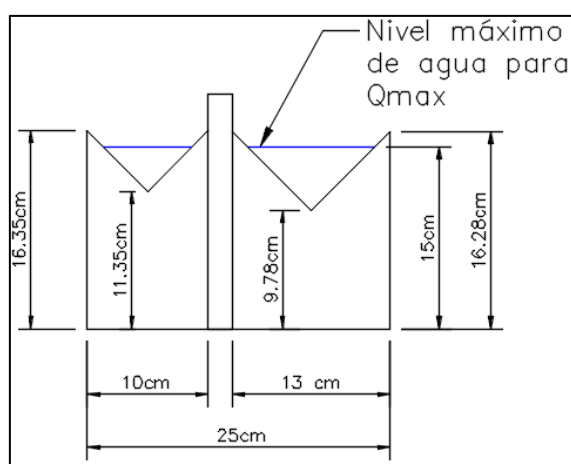


Gráfico 6.5. Configuración del vertedero de distribución de caudal a los tanques sépticos.

## 6.5.2 Tratamiento primario

### 6.5.2.1 Dimensionamiento del nuevo tanque séptico

El primer paso para el dimensionamiento de un tanque séptico es determinar la generación media diaria de agua residual, que puede determinarse con base en la población servida (multiplicando la dotación por habitante por día, por la población y por el coeficiente de retorno R); o considerando el caudal afluente (Romero, 2000). En nuestro caso al tratarse de un sistema de alcantarillado combinado y al no tener un control apropiado de la entrada de aguas ilícitas a la red, se ha considerado el caudal medio de aguas residuales ( $Q_{med AR}$ ) para el dimensionamiento del nuevo tanque séptico.

El caudal a tratar por este tanque séptico constituye el excedente del caudal medio de aguas residuales ( $Q_{med AR}$ ) que no es tratado en el tanque séptico actual. La cantidad máxima a tratar por el tanque existente es de 0.35 L/s (sección 5.7), por lo que el nuevo tanque tratará 0.86 L/s.

Los resultados del dimensionamiento se presentan en la Tabla 6.7. Las

expresiones de cálculo y resultados obtenidos siguiendo el proceso descrito en la sección 3.6.3.1.2 se presentan en el ANEXO F. 2.

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD
Caudal a tratar	0.86	L/s
Tiempo promedio de retención hidráulico ( $P_r$ )	1	días
Intervalo de limpieza o retiro de lodos ( $N$ )	1	año
Ancho	3.55	m
Largo	11	m
Profundidad	2.70	m

Tabla 6.7. Resultados del dimensionamiento del nuevo tanque séptico.

### 6.5.3 Tratamiento secundario

#### 6.5.3.1 Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente

El filtro anaerobio tratará los efluentes de los dos tanques sépticos. Se propone usar el mismo radio y aumentar la altura del tanque por cuestiones de espacio disponible. El dimensionamiento se realizó siguiendo el proceso descrito en la sección 3.6.4.2.2 y como valor de DBO que entra al filtro se consideró que la eficiencia de remoción en el tanque séptico es del 55%, al tener la certeza que la tratabilidad en esta unidad se lleva a cabo eficientemente. Con un promedio de DBO entrando al sistema de 344.24 mg/L el valor de 155.5 mg/L fue considerado para el diseño. Los datos y resultados del filtro anaerobio se presentan en la Tabla 6.8. Las expresiones y cálculos según la metodología se presentan en el ANEXO F. 3.

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD
<b>DATOS</b>		
Caudal medio ( $Q_{med\ AR}$ )	1.21	L/s
Caudal máximo diario ( $Q_{max\ diario}$ )	1.32	L/s
Caudal máximo horario ( $Q_{max\ AR}$ )	2.21	L/s
Concentración total de DBO en el afluente del filtro ( $S_0$ )	155.5	mg/L
<b>RESULTADOS</b>		
Tiempo de retención hidráulico (TRH)	9	horas
Distancia libre en el fondo	0.3	m
Altura del medio de empaque	1.9	m
Borde libre	0.6	m
Altura total del filtro	2.8	m
Diámetro (D)	4.22	m
Eficiencia de Remoción (E)	71	%
DBO esperada en el efluente ( $DBO_{ef}$ )	45.10	mg DBO/L

Tabla 6.8. Datos y resultados del dimensionamiento del filtro anaerobio.



#### 6.5.4 Tratamiento terciario

Se plantea usar hipoclorito de sodio (NaOCl) con 10% de Cloro libre disponible. La dosificación y el tanque para el almacenamiento de esta solución se han calculado considerando una tasa de disminución del Cloro de 0.03 % por día y que el suministro se va a realizar cada 20 días. Las dimensiones del tanque de almacenamiento, el tanque de cloración y el cloro residual requerido para conseguir una cantidad de coliformes menor al de la normativa se presentan en la Tabla 6.9. Los cálculos y expresiones usadas se presentan en el ANEXO F. 4.

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD
<b>DOSIFICACIÓN</b>		
Suministro de Cloro necesario	1.05	<i>Kg Cl<sub>2</sub>/día</i>
Dosificación de NaOCL al 10%	7.28	<i>cm<sup>3</sup>/min</i>
<b>TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE NaOCI</b>		
Volumen requerido	0.22	<i>m<sup>3</sup></i>
<b>CLORO RESIDUAL</b>		
Cloro residual requerido para caudal medio ( <i>Q<sub>med AR</sub></i> )	2.59	<i>mg/L</i>
Cloro residual requerido para caudal máximo ( <i>Q<sub>max AR</sub></i> )	10.38	<i>mg/L</i>
<b>TANQUE DE CLORACIÓN</b>		
Tiempo de contacto para caudal medio ( <i>Q<sub>med AR</sub></i> )	30	minutos
Tiempo de contacto para caudal máximo ( <i>Q<sub>max AR</sub></i> )	20	minutos
Ancho total	2	m
Número de compartimientos	4	-
Ancho de cada compartimiento	0.5	m
Longitud de cada compartimiento	5.40	m

Tabla 6.9. Datos y resultados del dimensionamiento de la dosificación y tanque de cloración.



## 7. MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

El presente manual de operación y mantenimiento de la PTAR Santa Ana Cementerio, expone los procedimientos esenciales para poner en marcha, operar y mantener cada una de las unidades que forman el sistema de tratamiento de aguas residuales. Está destinado a los operadores del servicio de mantenimiento de ETAPA, empresa encargada de las PTAR rurales del cantón Cuenca, y a los moradores del sector que pudieran colaborar con las actividades planteadas. El Departamento de Saneamiento de la empresa pública ETAPA pondrá a disposición operarios que se encargarán de las actividades que se detallan en el presente manual, bajo la dirección del Jefe del Departamento. Actividades complementarias, podrán ser realizadas por moradores del sector bajo la coordinación del GAD Parroquial Santa Ana, previo a una capacitación de los procesos que se llevan a cabo.

Una operación es el conjunto de acciones que se efectúan en forma sistemática con una determinada anticipación y frecuencia, para garantizar el adecuado funcionamiento de la PTAR. El mantenimiento es el conjunto de acciones que se realizan en forma permanente y sistemática en las instalaciones y unidades para garantizar su efectividad de tratamiento, así como de prevenir y reparar daños a fin de lograr un adecuado funcionamiento y mantener la capacidad del sistema.

Las operaciones que deben efectuarse, para mantener y verificar el adecuado desempeño de la PTAR Santa Ana Cementerio, incluye:

- Llevar un registro de la operación, mantenimiento o inspección efectuada en la PTAR.
- La medición de caudales a la entrada del sistema.
- Planificación del muestreo del efluente y afluente, o en caso de requerirse, por unidades de tratamiento.

### 7.1 Tratamiento preliminar

#### 7.1.1 Rejillas

Las rejillas están diseñadas para evitar taponamientos, daños y bloqueos en los siguientes procesos de la PTAR reteniendo sólidos gruesos, escombros, piedras, madera, plásticos, artículos de higiene, textiles y otra basura.

Aunque las rejillas de limpieza manual requieren poco o ningún mantenimiento, exigen rastrillar frecuentemente para evitar la obstrucción, por lo que se deberá tomar las siguientes recomendaciones para garantizar su correcto funcionamiento:

- Se deberá realizar una limpieza semanal, mediante la utilización de un



rastrillo, en sentido ascendente.

- La basura, que en su gran parte son envases y fundas plásticas o piedras, se almacenarán en un contenedor para luego ser depositadas en recolectores de basura.
- Se sugiere también realizar una limpieza con una pala en el canal previo a la rejilla para sacar residuos y sedimentos que pudieran acumularse.

### 7.1.2 Desarenador

- La cámara del desarenador por el que no haya flujo de agua deberá ser abierta y la otra cerrada, con la finalidad de realizar la limpieza.
- Una vez que la cámara se haya vaciado, con un rastrillo se desprenderán las arenas depositadas en el fondo, para seguidamente retirarlas con una pala.
- En la siguiente intervención se realizará el mismo proceso, pero interrumpiendo el flujo en la cámara que queda abierta.

### 7.1.3 Aforo de caudales

Con el objetivo de llevar un registro del caudal ingresado a la PTAR se realizarán aforos de caudales en cada visita llevando un registro de ello. Los caudales se determinarán a la entrada de la PTAR mediante el vertedero triangular dispuesto posterior al desarenador.

La calibración del vertedero triangular se llevará acabo de acuerdo a la sección 3.3.5.1.

#### 7.1.3.1 Procedimiento

El aforo de caudales debe ser realizado de la siguiente manera:

- Llevar un registro de fecha y hora en el que se realiza la medición.
- Tomar la temperatura a la cual se encuentra el agua residual.
- Medir la altura de agua sobre el vertedero y calcular el caudal mediante la ecuación obtenida de la calibración del vertedero.
- Dejar llenar un balde de 3L y anotar el tiempo de llenado registrado en el cronometro.
- Repetir este proceso cinco veces.
- Promediar las cinco medidas y anotar todos los datos en la hoja de registro.
- Comparar el caudal obtenido mediante el método volumétrico efectuado in situ y el obtenido partir de la medida de la altura sobre el vertedero con la ecuación calibrada.
- Anotar los resultados en la hoja de registro.

### 7.1.4 Separador de caudales

Esta estructura, la cual es la encargada de direccionar cierta cantidad de



caudal a cada uno de los tanques sépticos, deberá ser verificada diariamente, con el objetivo de garantizar su función. Deberán realizarse aforos de caudales de la misma manera que en el vertedero triangular posterior al desarenador.

Mensualmente con una pala se retirarán las arenas que se pudieran depositar previo a la estructura.

## 7.2 Tratamiento primario

### 7.2.1 Tanque séptico

En esta etapa de tratamiento se cumplen procesos de retención de espumas, sedimentación de sólidos, y digestión de la materia orgánica sedimentada. Cumpliendo un tratamiento primario la materia orgánica no es completamente descompuesta por lo que se debe tomar ciertas precauciones para evitar el contagio por microorganismos que causan enfermedades, así como un correcto mantenimiento que garantice el correcto funcionamiento de la unidad.

#### 7.2.1.1 Arranque del sistema

Previo a la puesta en marcha del sistema del tanque séptico se debe tener en cuenta ciertas situaciones que deben verificarse y realizarse:

- Realizar una prueba hidráulica llenando el agua de la estructura, y dejándola reposar durante 24 horas, a fin de comprobar que no exista filtraciones de agua, midiendo la altura de agua al inicio y fin de la actividad. Si el nivel de agua no se mantiene no se podrá en marcha el sistema de tratamiento.
- Es muy importante tener en cuenta que los microorganismos que descomponen a la materia orgánica del agua residual tardan tiempo en desarrollarse, por lo que se recomienda verter una capa pequeña de lodos (proveniente de otro tanque séptico en funcionamiento).
- Para iniciar la operación, los compartimientos deben encontrarse llenos de agua.

#### 7.2.1.2 Operación y Mantenimiento

Los procedimientos a realizarse en cada visita a la PTAR para la unidad del tanque séptico son los siguientes:

- Abrir las tapas de revisión y dejar ventilar aproximadamente 15 minutos, para que se dé una evacuación de los gases producidos. Cuando los olores sean excesivamente fuertes se debe efectuar lo siguiente (Ministerio del Agua, 2007):
  - Preparar una mezcla de agua con cal, colocando en un recipiente una relación agua:cal de 10L:1/2libra; dejar reposar la mezcla por un tiempo de aproximadamente cinco minutos.
  - Arrojar una cantidad suficiente de esta solución en la entrada de la fosa séptica lentamente (aproximadamente se arroja un balde

- de 20L en media hora).
- Si el olor es persistente, se debe repetir este proceso al siguiente día.
  - Revisar las tuberías de entrada, salida y conexión entre compartimientos, verificando que no exista taponamiento de ningún tipo. En caso de existir alguna obstrucción, con una varilla se procederá a limpiar las tuberías hasta garantizar un correcto y libre flujo de agua.
  - Determinar el espesor de los lodos acumulados.
    - Mediante un palo de madera al que se le envuelve en su parte inferior una tela blanca, se realiza la medición de lodos.
    - Se introduce el palo de madera en el tanque séptico garantizando que toque la parte inferior del mismo por un minuto y se lo retira, para que luego, asentándolo, medir la altura de lodos distinguiendo un color más oscuro con partículas adheridas a la tela.
    - Los lodos se evacuarán cuando la altura entre el extremo inferior del tubo de salida y la base del compartimento se haya reducido un máximo del 50% (Ministerio del Agua, 2007).
  - Extracción de lodos acumulados
    - Cuando se requiera realizar la extracción de lodos el personal deberá prever esta actividad fijando una fecha de extracción y verificar la disponibilidad de un *Hidrocleaner*, equipo con el cual se llevará a cabo este procedimiento.
    - Se introducirá la manguera de succión hasta el fondo del tanque séptico, y se iniciará el proceso de extracción de lodos.
    - No se debe extraer los lodos en su totalidad, puesto que esto provocaría una interrupción en el proceso que se genera en el tanque séptico, tampoco se deberá lavar o desinfectar el filtro.
    - Se debe llevar un registro de la actividad realizada, dejando constancia de la extracción y tomando medidas de la altura de lodos previo y posterior a la extracción.
    - Actualmente no existe un tratamiento específico de disposición de lodos de las PTAR rurales, sus desechos serán vertidos en la PTAR de Ucubamba, como se ha venido realizando.

## 7.3 Tratamiento secundario

### 7.3.1 Filtro anaerobio de flujo ascendente

Los filtros anaerobios constituyen el tratamiento secundario de las aguas residuales siendo complemento al realizado por los tanques sépticos. La capa biológica que crece en el medio de empaque realiza un tratamiento biológico al paso del agua en forma ascendente. Para su correcto funcionamiento se debe garantizar que el mismo trabaje de forma anaerobia y que se genere la



biopelícula en el medio de empaque, así también, que sus tuberías de ingreso y recolección de agua no se encuentren taponadas, y que el filtro no se colmate produciendo canalización de agua y provocando periodos de retención reducidos.

### 7.3.1.1 Arranque del sistema

En el arranque de un filtro anaerobio se distinguen dos factores fundamentales en el proceso que son la biomasa y las características del agua residual a tratar. Se describen los procesos a tener en consideración durante el arranque del sistema:

- Se puede realizar sin inóculo, con inóculo no aclimatado o con inóculo adaptado. La forma más desfavorable de puesta en marcha es cuando se realiza sin inóculo requiriendo periodos de tiempo bastante largos de 4 a 6 meses (de Lemos Chernicharo, 2007).
- Si se utiliza un inóculo, este se deberá descargar en el fondo del filtro y dejar que se dé una adaptación gradual a la temperatura ambiente por al menos 24 horas.
- El llenado del sistema se lo debe hacer por etapas, la primera llenando la mitad del mismo y dejándolo reposar 24 horas, posteriormente se llena todo el sistema dejándolo reposar nuevamente 24 horas, y estará listo para funcionar continuamente.
- Se debe realizar toma de muestras para análisis previo a la alimentación continua del sistema.

### 7.3.1.2 Operación y mantenimiento

Los procedimientos a realizarse en cada visita a la PTAR para la unidad del filtro anaerobio de flujo ascendente son los siguientes:

- Abrir las tapas de inspección y dejar ventilar aproximadamente 15 minutos.
- El primer sistema a vigilar es el de recolección de agua filtrada mediante la tubería de recolección ubicada en la parte superior, la misma no debe estar taponada o con desperfectos y debe limpiarse mensualmente con una varilla y una pala.
- Se debe observar el efluente del filtro a fin de evidenciar cualquier pérdida de calidad (color del agua, sólidos visibles, olor, etc.), si estos desperfectos son evidenciados se debe a la colmatación del medio de empaque el cual requiere prever una limpieza:
  - Destapar las tapas de inspección y dejar ventilar aproximadamente 15 minutos.
  - Abrir la válvula de purga del filtro, pues en estos sistemas los sólidos biológicos se acumulan con el paso de varios meses de operación.



- Lavar superficialmente el medio de empaque con agua a presión, de abajo hacia arriba.

#### 7.4 Tratamiento terciario

Mediante un tanque de contacto de cloro se pretende la desinfección del agua proveniente del filtro anaerobio, el cual es el encargado de la eliminación de los organismos que puedes producir enfermedades.

El recipiente con la solución de hipoclorito de sodio deberá disponerse siempre en la caseta construida para este objetivo. Así se garantiza que no esté expuesto a la luz solar y evitar el calentamiento del recipiente.

Para efectos de asegurar la desinfección del agua tratada, el cloro será añadido al sistema de contacto por medio de NaOCl (Hipoclorito de sodio), las necesidades de este compuesto son 10.49L/día para una dosis de 1.05kd/día de cloro y un tiempo de contacto de 30 minutos para el caudal medio.

Se deberán garantizar las dosis y tiempos de contacto de la siguiente manera.

- Verificar diariamente el sistema de suministro de hipoclorito de sodio
- Constatar que no existan retenciones de agua en el tanque de cloración.
- Anticipar al proveedor el suministro del NaOCl para disponer de este compuesto todo el tiempo y evitar descargar agua no tratada.



## 8. PRESUPUESTO

En la Tabla 8.1 se presenta el presupuesto de la construcción e implementación de la propuesta de rediseño. Se ha incluido la demolición de las estructura de llegada y de los humedales que existen actualmente, así como la reubicación de la puerta de ingreso a la PTAR, ya que la adecuación del desarenador dificultaría el ingreso a la misma. El precio de los rubros que se consideraron fue obtenido de la base de datos de precios unitarios de ETAPA.

<b>PROYECTO: REDISEÑO DE LA PTAR SANTA ANA CEMENTERIO</b>						
Item	Código	Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	P. Total
<b>1</b>		<b>OBRAS PRELIMINARES</b>				<b>1658,844</b>
1.001	520014	Replanteo y nivelación de áreas	m2	198	1,5	297
1.002	520002	Desbroce y limpieza	m2	102	1,53	156,06
1.003	519007	Catastro de Estructuras	m2	198	1,91	378,18
1.004	530018	Demolición de Mampostería de piedra	m3	2,7	35,02	94,554
1.005	530016	Demolición de Estructuras de hormigón	m3	10	70,04	700,4
1.006	522001	Abatimiento del nivel freático	Hora	5	6,53	32,65
<b>2</b>		<b>OBRA CIVIL Y SUMINISTROS</b>				<b>12301,309</b>
<b>2.001</b>		<b>Excavaciones</b>				<b>259,7309</b>
2.001.001	502002	Excavación a mano en Suelo sin clasificar, Profundidad entre 0 y 2 m	m3	5	11,51	57,55
2.001.002	502007	Excavación a mano en Terreno Conglomerado, Profundidad entre 0 y 2 m	m3	4,2	14,22	59,724
2.001.003	503001	Excavación mecánica en suelo sin clasificar de 0 a 2 m de profundidad,	m3	10,72	2,82	30,2304
2.001.004	503002	Excavación mecánica en suelo conglomerado de 0 a 2 m de profundidad,	m3	28,85	3,89	112,2265
<b>2.002</b>		<b>Rejilla de Entrada</b>				<b>21,028</b>
2.002.001	516001	Acero de Refuerzo (Incluye corte y doblado)	Kg	2	2,1	4,2
2.002.002	506024	Revestimiento epóxico	m2.	0,7	24,04	16,828
<b>2.003</b>		<b>Desarenador</b>				<b>375,6065</b>
2.003.001	501002	Encofrado Curvo	m2	0,7	14,75	10,325
2.003.002	501010	Encofrado Recto para estructuras de hormigón visto	m2	11,2	14,57	163,184
2.003.003	506010	Hormigón premezclado f'c=210 kg/cm2 a gravedad	m3	1,1	153,6	168,96
2.003.004	540262	Sum,-Ins, Vertedero (acero inoxidable)	m2	0,25	132,55	33,1375
<b>2.004</b>		<b>Tanque Séptico II</b>				<b>7874,685</b>
2.004.001	508002	Replanteo de Piedra, e=20 cm	m2	43	8,96	385,28
2.004.002	506001	Hormigón Ciclópeo 60% HS y 40% piedra	m3	8,6	123,02	1057,972
2.004.003	501010	Encofrado Recto para estructuras de hormigón visto	m2	182,7	14,57	2661,939





Item	Código	Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	P. Total
2.004.004	506010	Hormigón premezclado f'c=210 kg/cm2 a gravedad	m3	19,3	153,6	2964,48
2.004.005	516001	Acero de Refuerzo (Incluye corte y doblado)	Kg	23,16	2,1	48,636
2.004.006	517001	Preparado y pintado de superficie	m2	182,7	4,14	756,378
<b>2.005</b>		<b>Conexiones</b>				<b>636,466</b>
2.005.001	509214	Sum, Tubería PVC U/E 0,63 MPA - 110 mm	m	18,4	4,5	82,8
2.005.002	540013	Colocación Tubería PVC Alcant. D=110 mm	m	18,4	0,44	8,096
2.005.003	535047	Sum, Codo PVC U/E R/C D=110 mm 90 grad,	u	7	28,85	201,95
2.005.004	535043	Sum, Codo PVC Desague D=110 mm 45 grad,	u	4	4,06	16,24
2.005.005	535103	Sum, tee PVC U/E D=160 mm, Inyectada	u	2	115,54	231,08
2.005.006	509022	Colocación Acc PVC U/E sin anclajes, D=110 mm	u	15	6,42	96,3
<b>2.006</b>		<b>Filtro</b>				<b>1713,558</b>
2.006.001	501010	Encofrado Recto para estructuras de hormigón visto	m2	30	14,57	437,1
2.006.002	506010	Hormigón premezclado f'c=210 kg/cm2 a gravedad	m3	7,38	153,6	1133,568
2.006.003	516001	Acero de Refuerzo (Incluye corte y doblado)	Kg	8,9	2,1	18,69
2.006.004	517001	Preparado y pintado de superficie	m2	30	4,14	124,2
<b>2.007</b>		<b>Tanque de Cloración</b>				<b>1001,5386</b>
2.007.001	509214	Sum, Tubería PVC U/E 0,63 MPA - 110 mm	m	1	4,5	4,5
2.007.002	508002	Replanteo de Piedra, e=20 cm	m2	14	8,96	125,44
2.007.003	506001	Hormigón Ciclópeo 60% HS y 40% piedra	m3	2,8	123,02	344,456
2.007.004	501010	Encofrado Recto para estructuras de hormigón visto	m2	36,18	14,57	527,1426
2.007.005	501010	Hormigón premezclado f'c=210 kg/cm2 a gravedad	m2	4,76	14,57	69,3532
<b>2.008</b>		<b>Cerramiento</b>				<b>418,696</b>
2.008.001	540124	Sum,-Ins, Puerta de Malla para cerramiento	m2	2,4	40,95	98,28
2.008.002	540252	Sum,-Ins, Malla de cerramiento en ferrocemento	m2	54,4	5,89	320,416
<b>SUBTOTAL</b>						<b>13960,15</b>
<b>IVA</b>					12.00%	<b>1675,22</b>
<b>TOTAL</b>						<b>15635,37</b>

Tabla 8.1. Presupuesto del proyecto.



## 9. CONCLUSIONES

A partir de las evaluaciones realizadas a la PTAR Santa Ana Cementerio se estableció que no se está cumpliendo con los requerimientos de descarga de la normativa vigente en nuestro país. Esto sumado al hecho de que las actividades relacionadas a su operación y mantenimiento no son las que se esperarían de un adecuado funcionamiento de las unidades de tratamiento del sistema, y que incluyen una remoción continua de arenas, limpieza de los lodos del tanque séptico, y limpieza del filtro anaerobio para evitar un colapso del sistema, son factores para que se ejecuten intervenciones en pos del mejoramiento del tratamiento.

A pesar de las limitaciones de espacio, se pudo establecer una solución adecuada para el Centro Parroquial Santa Ana según términos de operatividad, capacidad técnica, y procesos de operación y mantenimiento. La propuesta final planteada implica la inclusión de una rejilla y un desarenador, que se considera un proceso de vital importancia para mejorar la eficiencia de las unidades posteriores debido a que la gran cantidad de basura y arena que pasan directamente al tanque séptico es una de las principales causas de la necesidad de limpieza constante.

Se constató que los humedales construidos hace pocos años nunca cumplieron un rol importante en la eficiencia global del sistema debido a su configuración y volumen útil. Estas unidades fueron descartadas en el rediseño y en su lugar, se optó por incluir un segundo tanque séptico y el tanque de cloración.

Es importante señalar que la alternativa del proceso de cloración que se propone en la propuesta de rediseño final, se plantea solo con el objetivo de cumplir los requerimientos establecidos para la eliminación de patógenos. El uso de cloro para la remoción de nitrógeno amoniacal es considerablemente mayor, y ya que las aguas residuales poseen gran cantidad de materia orgánica existe un alto riesgo de que el cloro reaccione produciendo trihalometanos, compuestos químicos que pueden afectar la salud humana al ser cancerígenos. El uso de la cloración deberá analizarse profundamente y deberá ser implementada solo si el efluente del filtro anaerobio presenta una suficiente remoción de materia orgánica y de sólidos en suspensión, de tal manera que el uso del cloro no represente un peligro potencial para los habitantes de la comunidad.

El presente proyecto demuestra la importancia de que deban realizarse estudios específicos para el área en estudio, puesto que el disponer de una superficie bastante limitada constituyó un factor que dificultó considerablemente el desarrollo de alternativas apropiadas según las características del afluente de la PTAR. Así también, que el agua residual presente valores



considerablemente altos de nitrógeno amoniacal, en comparación con el agua a tratar en otras PTAR del área rural del cantón Cuenca, recuerda el hecho de que cada agua residual es única en sus características y no es posible plantear las mismas soluciones incluso en sectores aledaños.

El dimensionamiento de los filtros anaerobios se basa principalmente en ecuaciones obtenidas de diferentes investigadores que deben ser validadas para nuestro medio, por lo que se recomienda un seguimiento continuo de las unidades y estudiar los procesos con la finalidad de validar los diseños. Así mismo, en lo referente a los medios de empaque, existe una gran cantidad de alternativas y tecnologías disponibles que han sido implementadas con éxito, sin embargo, la mayoría solo ha sido aplicada a escala de laboratorio, por lo que todavía constituye un tema de investigación.

La mayoría de información disponible referente a la aplicación de los sistemas descentralizados proviene de países desarrollados, que llevan un adecuado registro de información en términos de rendimiento de gran variedad de tecnologías, y que han permitido establecer aquellas con éxito de aplicación y resultan ser idóneamente más económicas y sostenibles. Dado que el costo depende de las condiciones locales, existe una necesidad de realizar evaluaciones de desempeño y económicas de los sistemas de tratamiento descentralizado para los países en desarrollo, ya que es muy difícil establecer la viabilidad de aplicación de una tecnología conociendo que los precios por lo general son mucho mayores en estos países.

Los beneficios de un agua no contaminada se relacionan directamente con la salud pública y ambiental, por lo que resulta sustancial involucrar a la comunidad servida del proyecto para garantizar la operación y mantenimiento de la PTAR. El control de los sistemas descentralizados requiere actividades de índole diario y semanal, por lo que, la idea de que el cuidado de los recursos naturales solo es responsabilidad de autoridades y empresas, debe empezar a cambiar, de tal modo que la iniciativa de exigir una calidad y entornos mejores provenga de la comunidad.



## 10. REFERENCIAS

- Acosta, M. E., Solís, H., & Basani, M. (2018). Lineamientos para la gestión social en proyectos de agua potable y saneamiento en comunidades rurales., 1–172.
- Alvarado, A. (2011). *Evaluación de materiales de desecho como medio filtrante en filtros anaerobios de flujo ascendente*. Instituto tecnológico de Costa Rica.
- Alvarado, A., Larriva, J., Sánchez, E., Idrovo, D., & Cisneros, J. F. (2017). Assessment of decentralized wastewater treatment systems in the rural area of Cuenca, Ecuador. *Water Practice and Technology*, 12(1), 240 LP-249. Retrieved from <http://wpt.iwaponline.com/content/12/1/240.abstract>
- Alvarado, D., & Cárdenas, C. (2015). *Sistematización de la información de las plantas de depuración de aguas residuales del sector rural de cantón Cuenca-Azuay*. Universidad de Cuenca.
- Álvarez, G., & Gómez, A. (2008). *Evaluación de la eficiencia de un filtro anaerobio de grava a escala piloto, análisis comparativo con un filtro anaerobio de guadua*. Universidad pontificia Bolivariana.
- Arocha, S. (1980). *Abastecimientos de Agua: teoría y diseño*. Ediciones Vega.
- Arocha, S. (1983). *Cloacas y Drenajes: teoría y diseño*. Ediciones Vega.
- Arruda, C., & Pachecho, E. (1982). *Tratamiento de Esgotos Domésticos*. ABES.
- Bakir, H. A. (2001). Sustainable wastewater management for small communities in the Middle East and North Africa. *Journal of Environmental Management*, 61(4), 319–328.
- Bueno, A., Neira, D., Cárdenas, E., Parra, C., & Guaicha, E. (2015). Actualización del plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la parroquia Santa Ana. Retrieved from <http://www.santana.gob.ec/images/PDOT.pdf>
- Camargo, S. A. R., & Nour, E. A. A. (2001). Bamboo as an anaerobic medium: Effect of filter column height. *Water Science and Technology*, 44(4), 63–70.
- Carrera, S., & Florian, A. (2013). *Diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales domésticas tipo filtro anaerobio de flujo ascendente (FAFA) con lenteja de agua*. Universidad Surcolombiana.
- CEPIS. (2003). Especificaciones Técnicas para el Diseño de Tanques Sépticos.
- CEPIS. (2005). Guías para el diseño de Tecnologías de Alcantarillado.
- CONAGUA. (2015a). Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento: Datos básicos para proyectos de agua potable y alcantarillado. *Libro 4*.
- CONAGUA. (2015b). Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento:



Filtros anaerobios de flujo ascendente. *Libro 29.*

CONAGUA. (2015c). Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento: Saneamiento básico. *Libro 37.*

Crites, R., & Tchobanoglous, G. (2000). *Tratamiento de Aguas Residuales en Pequeñas Poblaciones.*

de Lemos Chernicharo, C. A. (2007). *Biological Wastewater Treatment Vol.4: Anaerobic Reactors. Biological wastewater treatment in warm climate regions* (Vol. 4). IWA publishing.  
<https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>

de Oliveira Cruz, L. M., Stefanutti, R., Filho, B. C., & Tonetti, A. L. (2013). Coconut shells as filling material for anaerobic filters. *SpringerPlus*, 2(1), 1–6. <https://doi.org/10.1186/2193-1801-2-655>

Escobar, D. C., Arana, A. X., & Chagerben, L. (2017). Pobreza por consumo o ingreso: un cambio coyuntural o estructural en la economía social del Ecuador, 3, 275–290.

Fernández, D., Solís, H., & Basani, M. (2018). Evolución reciente y perspectivas de los servicios de agua potable y alcantarillado en Ecuador.

Hudson, N. W. (1997). *Medición sobre el terreno de la erosión del suelo y de la escorrentía.* Food & Agriculture Org.

Lin, S. D., & Lee, C. C. (2007). *Water and wastewater calculations manual* (Vol. 6). McGraw-hill New York.

López, R. A. (1995). *Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados.* Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería.  
<https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>

Mara, D. (2004). *Domestic Wastewater Treatment in Developing Countries.* Earthscan. Earthscan. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>

Massoud, M. A., Tarhini, A., & Nasr, J. A. (2009). Decentralized approaches to wastewater treatment and management: Applicability in developing countries. *Journal of Environmental Management*, 90(1), 652–659.  
<https://doi.org/10.1016/J.JENVMAN.2008.07.001>

Metcalf & Eddy, I. (1995). *Ingeniería de aguas residuales: tratamiento, vertido y reutilización* (Tercera). Tercera edición: McGraw-Hill.

Ministerio del Agua. (2007). *Manual de operación y mantenimiento de sistemas de tratamiento de aguas residuales en poblaciones rurales.*

OMS. (2017). Relación del agua, el saneamiento y la higiene con la salud. Hechos y cifras.

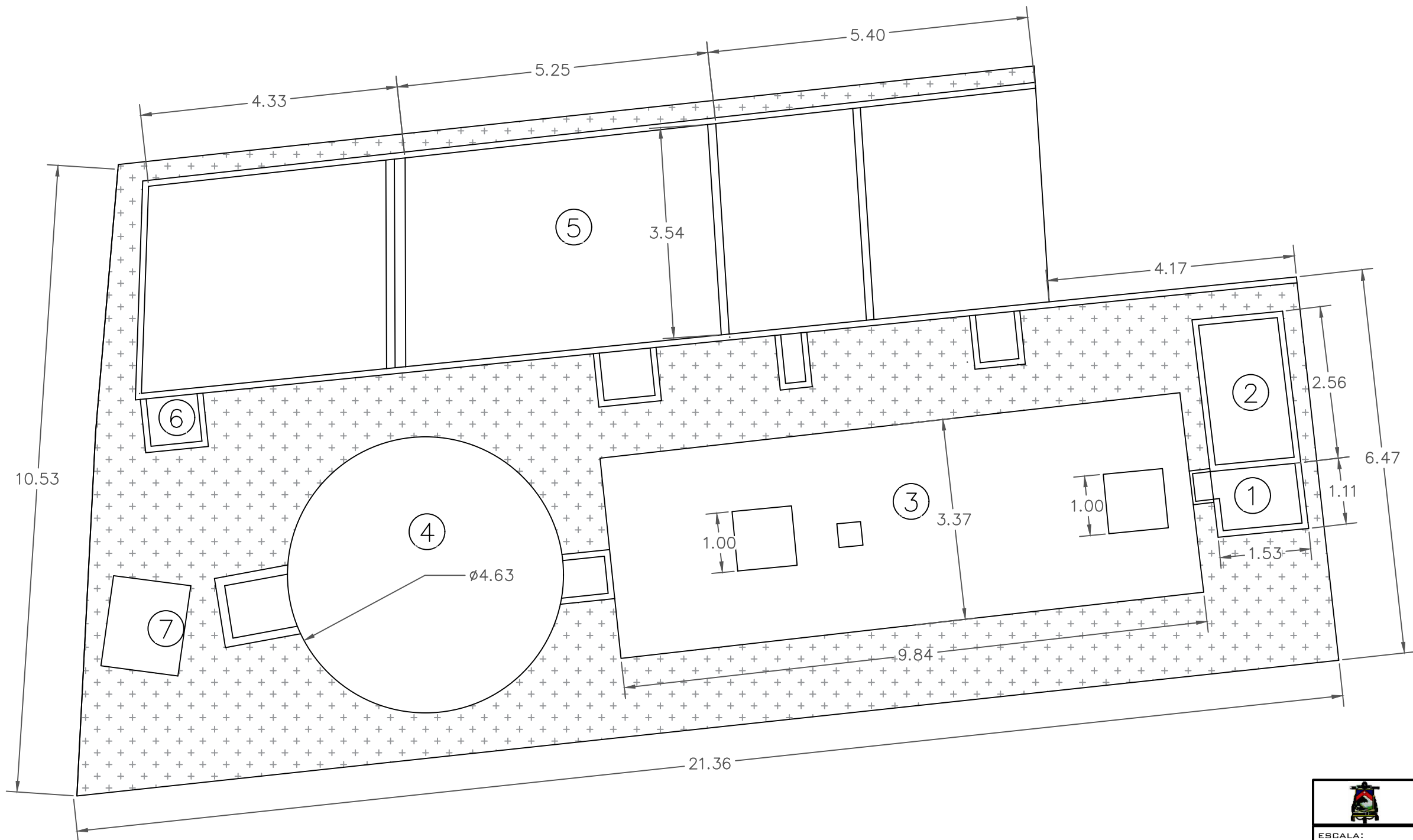
Ordoñez, G. (2009). *Mantenimiento de los Sistemas Rurales de Alcantarillado.* ETAPA.



- Ramalho, R. S. (1990). *Tratamiento de aguas residuales*. Reverté.
- Romero, J. (2000). *Tratamiento de Aguas Residuales: teoría y principios de diseño*. Colombia: Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería.
- Secretaría del Agua. (2014). *Norma de diseño para sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural*.
- SENPLADES. (2014). *Agua potable y alcantarillado para erradicar la pobreza en el Ecuador*. Quito.
- Singh, N. K., Kazmi, A. A., & Starkl, M. (2015). A review on full-scale decentralized wastewater treatment systems: Techno-economical approach. *Water Science and Technology*, 71(4), 468–478.  
<https://doi.org/10.2166/wst.2014.413>
- Streeter, V., & Wylie, B. (1988). *Mecánica de los Fluidos* (Octava). McGraw-Hill.
- Terry, C. C., Gutiérrez, J. B., & Abo, M. (2010). Manejos\_Aguas\_residuales.pdf. *Agencia Del Medio Ambiente*.
- Tonon, D., Tonetti, A. L., Coraucci Filho, B., & Bueno, D. A. C. (2015). Wastewater treatment by anaerobic filter and sand filter: Hydraulic loading rates for removing organic matter, phosphorus, pathogens and nitrogen in tropical countries. *Ecological Engineering*, 82, 583–589.  
<https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2015.05.018>
- Von Sperling, M. (2007). *Biological Wastewater Treatment Vol. 1: Wastewater Characteristics, Treatment and Disposal*. IWA publishing.
- Wilderer, P. A., & Schreff, D. (2000). Decentralized and centralized wastewater management: a challenge for technology developers. *Water Science and Technology*, 41(1), 1 LP-8. Retrieved from <http://wst.iwaponline.com/content/41/1/1.abstract>





## ANEXO A. Plano levantamiento topográfico.



## LEYENDA

1. Desarenador
2. Lecho de secado
3. Tanque séptico
4. Filtro anaerobio de flujo ascendente
5. Humedales artificiales
6. Efluente de los humedales
7. Efluente final



 <b>UNIVERSIDAD DE CUENCA</b> FACULTAD DE INGENIERÍA		
ESCALA: <p style="text-align: center; font-size: 1.2em;">1:75</p>	D.I.S.: DANIEL ANDRÉS TAPIA SISALIMA D.I.S.: PAÚL ESTEBAN PULLA TENEMAZA R.E.V.: ING. ANDRÉS ALVARADO	
PROYECTO: <p style="text-align: center;"><b>TRABAJO DE TITULACIÓN</b></p> CONTIENE: <b>LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO          PTAR SANTA ANA CEMENTERIO</b>	FECHA: CUENCA, OCTUBRE DE 2018  LÁMINA:	
		1/6





## ANEXO B. Caracterizaciones PTAR Santa Ana Cementerio

ANEXO B. 1. Registro de análisis de laboratorio de las caracterizaciones de la PTAR. Registro de análisis de laboratorio de las caracterizaciones.

LABORATORIO DE SANEAMIENTO Panamericana Norte Km. 5 y 1/2. - Cuenca Telf : 4175557 - 4175568		Laboratorio de Ensayo Acreditado por el OAE con Acreditación N° OAE LE 2C 06-004		INFORME DE RESULTADOS Página 2 de 2	
SÓLIDOS SUSPENDIDOS	PEE/LS/FO/04	2016/12/15	mg/l	101	41
TOTALES	PEE/LS/FO/05	2016/12/15	mg/l	664	236
SÓLIDOS TOTALES	SM 5520 D	2016/12/15	mg/l	119	2.8
SUST. SOLUBLES AL HEXANO *	SM 9221 E	2016/12/15	NMP/ 100 ml	7.9E+06	1.1E+07
COLIFORMES TOTALES *	SM 9221 E	2016/12/16	NMP/ 100 ml	7.9E+06	4.9E+06
COLIFORMES TERMOTOLERANTES *	SM 9221 E	2016/12/18	NMP/ 100 ml	7.9E+06	4.9E+06

PARAMETRO	METODO	FECHA REALIZACION	UNIDADES	Entrada Cementerio Santa Ana 556.05/16	Salida Cementerio Santa Ana 556.06/16
CONDUCTIVIDAD *	SM 2510 B	2016/12/15	uS/cm	886	460
DBOS	PEE/LS/FO/01	2016/12/15	mg/l	254	44
DOO	PEE/LS/FO/06	2016/12/15	mg/l	653	189
FOSFORO TOTAL	PEE/LS/FO/03	2016/12/21	mg/l	8.39	2.58
NITROGENO AMONIAICAL *	SM 4500 NH3 C	2016/12/15	mg/l	79.58	21.17
NITROGENO ORGANICO *	SM 4500 Norg B	2016/12/16	mg/l	3.99	13.37
OXIGENO DISUELTO **	SM 4500 O-G	2016/12/15	mg/l	1.6	2.95
pH *	PEE/LS/FO/07	2016/12/15		8.04	7.31
SÓLIDOS SEDIMENTABLES *	SM 2540 F	2016/12/15	ml/l	3.0	0.0
SÓLIDOS SUSPENDIDOS	PEE/LS/FO/04	2016/12/15	mg/l	205	228
TOTALES	PEE/LS/FO/05	2016/12/15	mg/l	776	505
SÓLIDOS TOTALES	SM 5520 D	2016/12/15	mg/l	89.6	10
SUST. SOLUBLES AL HEXANO *	SM 9221 E	2016/12/15	NMP/ 100 ml	2.2E+07	7.9E+06
COLIFORMES TOTALES *	SM 9221 E	2016/12/17	NMP/ 100 ml	2.2E+07	7.9E+06
COLIFORMES TERMOTOLERANTES *	SM 9221 E	2016/12/18	NMP/ 100 ml	2.2E+07	3.3E+06

\*\*El Oxígeno disuelto fue determinado en el laboratorio, la muestra no estuvo fijada

PARAMETRO	DBOS	DOO (i-100)	DOO (i-100)	FOSFORO TOTAL	SÓLIDOS SUSPENDIDOS	SÓLIDOS SEDIMENTABLES	pH
INCERTEZUMBRE	18.12 %	12.7%	13.85%	10.94%	10.76%	17.31 %	3.62 %
	(95 %, k=1.96)	(95 %, k=1.96)	(95 %, k=1.96)	(95 %, k=1.96)	(95 %, k=1.96)	(95 %, k=1.96)	(95 %, k=1.96)

Atentamente,

*Maria José Chérrez T.*  
BIOLOGA María José Chérrez T.  
RESPONSABLE DEL LABORATORIO

- Los resultados contenidos en el presente informe solo afectan a los objetos sometidos al ensayo.  
- Este informe no deberá reproducirse parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio.  
- \*Los ensayos marcados con (\*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE\*

MCO406-13

LABORATORIO DE SANEAMIENTO Panamericana Norte Km. 5 y 1/2. - Cuenca Telf : 4175557 - 4175568		Laboratorio de Ensayo Acreditado por el OAE con Acreditación N° OAE LE 2C 06-004		INFORME DE RESULTADOS Página 2 de 3	
PARAMETRO	METODO	FECHA REALIZACION	UNIDADES	Entrada Cementerio Sta. Ana 004.03/17	Salida Cementerio Sta. Ana 004.04/17
CONDUCTIVIDAD *	SM 2510 B	2017/01/05	uS/cm	1218	1190
DBOS	PEE/LS/FO/01	2017/01/10	mg/l	482	146
DOO	PEE/LS/FO/06	2017/01/05	mg/l	1002	409
FOSFORO TOTAL	PEE/LS/FO/03	2017/01/12	mg/l	9.51	7.75
NITROGENO AMONIAICAL *	SM 4500 NH3 C	2017/01/09	mg/l	66.79	47.19
NITROGENO ORGANICO *	SM 4500 Norg B	2017/01/10	mg/l	40.93	15.35
OXIGENO DISUELTO **	SM 4500 O-G	2017/01/05	mg/l	0	2.6
pH *	PEE/LS/FO/07	2017/01/05		7.83	7.34
SÓLIDOS SEDIMENTABLES *	SM 2540 F	2017/01/05	ml/l	7	0
SÓLIDOS SUSPENDIDOS	PEE/LS/FO/04	2017/01/05	mg/l	636	35
TOTALES	PEE/LS/FO/05	2017/01/05	mg/l	1304	770
SUST. SOLUBLES AL HEXANO *	SM 5520 D	2017/01/05	mg/l	82.40	13.60
COLIFORMES TOTALES *	SM 9221 E	2017/01/07	NMP/ 100 ml	4.9E+07	1.3E+07
COLIFORMES TERMOTOLERANTES *	SM 9221 E	2017/01/08	NMP/ 100 ml	1.4E+07	4.9E+06

- Los resultados contenidos en el presente informe solo afectan a los objetos sometidos al ensayo.  
- Este informe no deberá reproducirse parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio.  
- \*Los ensayos marcados con (\*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE\*

MCO406-13



<b>LABORATORIO DE SANEAMIENTO</b> Panamericana Norte Km. 5 y 1/2. – Cuenca Telf : 4175557 - 4175568	Laboratorio de Ensayo Acreditado por el OAE con Acreditación N° OAE LE 2C 06-004	<b>INFORME DE RESULTADOS</b> Página 2 de 2
---	---	---

COLIFORMES TOTALES *	SM 9221 E	2017/01/19 2017/01/21	NMP/ 100 ml	1.1E+08	1.1E+06
COLIFORMES TERMOTOLERANTES *	SM 9221 E	2017/01/20 2017/01/22	NMP/ 100 ml	4.9E+07	3.1E+05

\*\* La DBO es menor a la esperada, < 10 mg/l.

PARAMETRO	METODO	FECHA REALIZACION	UNIDADES	Entrada Cementerio Santa Ana 028/05/17	Salida Cementerio Santa Ana 028/06/17
CONDUCTIVIDAD *	SM 2510 B	2017/01/19	uS/cm	975	855
DBO5	PEE/LS/FQ/01	2017/01/19 2017/01/24	mg/l	250	80
DDO	PEE/LS/FQ/06	2017/01/19	mg/l	638	201
FOSFORO TOTAL	PEE/LS/FQ/03	2017/01/20	mg/l	3.90	4.21
NITROGENO AMONIAICAL *	SM 4500 NH3 C	2017/01/24	mg/l	50.03	32.41
OXIGENO DISUELTO **	SM 4500 O-G	2017/01/19	mg/l	0.8	3.5
pH *	PEE/LS/FQ/07	2017/01/19	ml/l	7.42	7.34
SOLIDOS SEDIMENTABLES * SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	SM 2540 F PEE/LS/FQ/04	2017/01/19	mg/l	0.1 95	0 15
SOLIDOS TOTALES	PEE/LS/FQ/05	2017/01/19	mg/l	669	508
SUST. SOLUBLES AL HEXANO *	SM 5520 D	2017/01/19	mg/l	50.80	11.60
COLIFORMES TOTALES *	SM 9221 E	2017/01/19 2017/01/21	NMP/ 100 ml	3.3E+07	7.9E+06
COLIFORMES TERMOTOLERANTES *	SM 9221 E	2017/01/20 2017/01/22	NMP/ 100 ml	7.9E+06	4.9E+06

\*\*El Oxigeno disuelto fue determinado en el laboratorio, la muestra no estuvo fijada

PARAMETRO	DBO5	DDO (+100)	DDO (-100)	FOSFORO TOTAL	SOLIDOS SUSPEND. TOTALES	SOLIDOS TOTALES	pH
INCERTIDUMBRE	18.12 % (95 %, k=1.96)	12.7% (95 %, k=1.96)	13.05% (95 %, k=1.96)	9.04% (95 %, k=1.96)	10.76% (95 %, k=1.96)	17.21 % (95 %, k=1.96)	3.03 % (95 %, k=1.96)

Atentamente,

*Maria José Chérrez T.*  
Blaq. María José Chérrez T.  
RESPONSABLE DEL LABORATORIO

- Los resultados contenidos en el presente informe solo afectan a los objetos sometidos al ensayo.  
- Este informe no deberá reproducirse parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio.  
- "Los ensayos marcados con (\*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación de SAF"

MC0406-13

<b>LABORATORIO DE SANEAMIENTO</b> Panamericana Norte Km. 5 y 1/2. – Cuenca Telf : 4175557 - 4175568	Laboratorio de Ensayo Acreditado por el OAE con Acreditación N° OAE LE 2C 06-004	<b>INFORME DE RESULTADOS</b> Página 1 de 2
---	---	---

FECHA: 2017/03/30 INFORME N°: 123/17

**CLIENTE**  
 NOMBRE: ING. EUGENIO CALLE  
 DIRECCION: Panamericana Norte Km 5 ½ - Cuenca

**MUESTRA**  
 CODIGO: 123/01-06/17  
 DESCRIPCION: Agua residual  
 PROCEDENCIA: PTAR Rurales  
 FECHA DE RECEPCION: 2017/03/23  
 ENTREGADAS POR: Ing. Eugenio Calle

RESULTADOS

PARAMETRO	METODO	FECHA REALIZACION	UNIDADES	Entrada planta Cementerio 123/01/17	Salida planta Cementerio 123/02/17
CONDUCTIVIDAD *	SM 2510 B	2017/03/23	uS/cm	760	408
DBO5	PEE/LS/FQ/01	2017/03/23 2017/03/28	mg/l	165	11
DDO	PEE/LS/FQ/06	2017/03/23	mg/l	188	29
FOSFORO TOTAL	PEE/LS/FQ/03	2017/03/27	mg/l	1.80	1.04
NITROGENO AMONIAICAL *	SM 4500 NH3 C	2017/03/23	mg/l	11.37	9.66
OXIGENO DISUELTO **	SM 4500 O-G	2017/03/23	mg/l	4.8	5.7
pH	PEE/LS/FQ/07	2017/03/23		7.87	7.6
SOLIDOS SEDIMENTABLES * SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	SM 2540 F PEE/LS/FQ/04	2017/03/23	ml/l	0 24	0 11
SOLIDOS TOTALES	PEE/LS/FQ/05	2017/03/23	mg/l	532	262
SUST. SOLUBLES AL HEXANO *	SM 5520 D	2017/03/23	mg/l	15.2	3.2
COLIFORMES TOTALES *	SM 9221 E	2017/03/23 2017/03/25	NMP/ 100 ml	6.8E+06	4.9E+05
COLIFORMES TERMOTOLERANTES *	SM 9221 E	2017/03/24 2017/03/26	NMP/ 100 ml	2.3E+06	**

\*\* No hay crecimiento en la dilucion sembrada

- Los resultados contenidos en el presente informe solo afectan a los objetos sometidos al ensayo.  
- Este informe no deberá reproducirse parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio.  
- "Los ensayos marcados con (\*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE"

MC0406-13



<b>LABORATORIO DE SANEAMIENTO</b> Panamericana Norte Km. 5 y 1/2. – Cuenca Telf : 4175557 - 4175568	Laboratorio de Ensayo Acreditado por el OAE con Acreditación N° OAE LE 2C 06-004	<b>INFORME DE RESULTADOS</b>  Página 2 de 3
---	---	---

PARAMETRO	METODO	FECHA REALIZACION	UNIDADES	Entrada Cementerio Santa Ana 184/03/17	Salida Cementerio Santa Ana 184/04/17
CONDUCTIVIDAD *	SM 2510 B	2017/05/04	uS/cm	741	868
DBO5	PEE/LS/FQ/01	2017/05/04 2017/05/09	mg/l	203	27
DOO	PEE/LS/FQ/06	2017/05/04	mg/l	457	133
FÓSFORO TOTAL	PEE/LS/FQ/03	2017/05/10	mg/l	4.61	3.34
NITRÓGENO AMONIAICAL *	SM 4500 NH3 C	2017/05/05	mg/l	30.13	24.45
OXIGENO DISUELTO **	SM 4500 O-G	2017/05/04	mg/l	2.1	4.8
pH	PEE/LS/FQ/07	2017/05/04		7.66	7.09
SÓLIDOS SEDIMENTABLES *	SM 2540 F	2017/05/04	ml/l	1.5	0.0
SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	PEE/LS/FQ/04	2017/05/04	mg/l	227	14
SÓLIDOS TOTALES	PEE/LS/FQ/05	2017/05/04	mg/l	711	479
SUST. SOLUBLES AL HEXANO *	SM 5520 D	2017/05/04	mg/l	16.0	29.20
COLIFORMES TOTALES *	SM 9221 E	2017/05/04 2017/05/06	NMP/ 100 ml	2.3E+07	7E+06
COLIFORMES TERMOTOLERANTES *	SM 9221 E	2017/05/05 2017/05/07	NMP/ 100 ml	3.3E+06	4.9E+06

\*\*El Oxígeno disuelto fue determinado en el laboratorio, la muestra no estuvo fijada

- Los resultados contenidos en el presente informe solo afectan a los objetos sometidos al ensayo.
- Este informe no deberá reproducirse parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio.
- "Los ensayos marcados con (\*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE"

MC0406-13

<b>LABORATORIO DE SANEAMIENTO</b> Panamericana Norte Km. 5 y 1/2. – Cuenca Telf : 4175557 - 4175568	Laboratorio de Ensayo Acreditado por el OAE con Acreditación N° OAE LE 2C 06-004	<b>INFORME DE RESULTADOS</b>  Página 2 de 2
---	---	---

PARAMETRO	METODO	FECHA REALIZACION	UNIDADES	Entrada Cementerio 224/03/17	Salida Cementerio 224/04/17
CONDUCTIVIDAD *	SM 2510 B	2017/06/01	uS/cm	1216	1326
DBO5	PEE/LS/FQ/01	2017/06/01 2017/06/06	mg/l	208	45
DOO	PEE/LS/FQ/06	2017/06/02	mg/l	488	144
FÓSFORO TOTAL	PEE/LS/FQ/03	2017/06/07	mg/l	5.00	3.72
NITRÓGENO AMONIAICAL *	SM 4500 NH3 C	2017/06/01	mg/l	39.80	24.45
OXIGENO DISUELTO **	SM 4500 O-G	2017/06/01	mg/l	0	2.6
pH	PEE/LS/FQ/07	2017/06/01		7.67	7.13
SÓLIDOS SEDIMENTABLES *	SM 2540 F	2017/06/01	ml/l	1	0
SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	PEE/LS/FQ/04	2017/06/01	mg/l	158	18
SÓLIDOS TOTALES	PEE/LS/FQ/05	2017/06/01	mg/l	681	557
SUST. SOLUBLES AL HEXANO *	SM 5520 D	2017/06/01	mg/l	45.6	12.4
COLIFORMES TOTALES *	SM 9221 E	2017/06/01 2017/06/03	NMP/ 100 ml	4.9E+07	1.7E+07
COLIFORMES TERMOTOLERANTES *	SM 9221 E	2017/06/02 2017/06/04	NMP/ 100 ml	7.0E+06	7.0E+06

\*\*El Oxígeno disuelto fue determinado en el laboratorio, la muestra no estuvo fijada

PARAMETRO	METODO	FECHA REALIZACION	UNIDADES	Entrada San Pedro Sta. Ana 224/05/17	Salida San Pedro Sta. Ana 224/06/17
CONDUCTIVIDAD *	SM 2510 B	2017/06/01	uS/cm	930	1346
DBO5	PEE/LS/FQ/01	2017/06/01 2017/06/06	mg/l	335	42
DOO	PEE/LS/FQ/06	2017/06/02	mg/l	787	187
FÓSFORO TOTAL	PEE/LS/FQ/03	2017/06/07	mg/l	9.50	4.49
NITRÓGENO AMONIAICAL *	SM 4500 NH3 C	2017/06/01	mg/l	43.21	64.24
OXIGENO DISUELTO **	SM 4500 O-G	2017/06/01	mg/l	1.9	4.9
pH	PEE/LS/FQ/07	2017/06/01		7.55	7.01
SÓLIDOS SEDIMENTABLES *	SM 2540 F	2017/06/01	ml/l	5	0
SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	PEE/LS/FQ/04	2017/06/01	mg/l	517	39
SÓLIDOS TOTALES	PEE/LS/FQ/05	2017/06/01	mg/l	806	413
SUST. SOLUBLES AL HEXANO *	SM 5520 D	2017/06/01	mg/l	43.6	9.2
COLIFORMES TOTALES *	SM 9221 E	2017/06/01 2017/06/03	NMP/ 100 ml	1.3E+08	1.1E+07
COLIFORMES TERMOTOLERANTES *	SM 9221 E	2017/06/02 2017/06/04	NMP/ 100 ml	1.3E+08	1.1E+07

\*\*El Oxígeno disuelto fue determinado en el laboratorio, la muestra no estuvo fijada

PARAMETRO	DBO5	DOO (p=100)	DOO (t=100)	FÓSFORO TOTAL	SÓLIDOS SUSPEND. TOTALES	pH
INCERTIDUMBRE	18.12 % (95 %, 1411.99)	12.7 % (95 %, 1411.99)	13.05 % (95 %, 1411.99)	8.04 % (95 %, 1411.99)	10.76 % (95 %, 1411.99)	17.21 % (95 %, 1411.99)

Atentamente,

*W. J. Muñoz*  
 Bto. María José Chávez T.  
 RESPONSABLE DEL LABORATORIO

- Los resultados contenidos en el presente informe solo afectan a los objetos sometidos al ensayo.
- Este informe no deberá reproducirse parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio.
- "Los ensayos marcados con (\*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE"

MC0406-13



<b>LABORATORIO DE SANEAMIENTO</b> Panamericana Norte Km. 5 y 1/2. - Cuenca Telf : 4175557 - 4175568		Laboratorio de Ensayo Acreditado por el OAE con Acreditación N° OAE LE 2C 06-004	<b>INFORME DE RESULTADOS</b>  Página 2 de 2
---	--	---	---

PARAMETRO	METODO	FECHA REALIZACION	UNIDADES	Entrada Cementerio 384/06/17	Salida Cementerio 384/06/17
CONDUCTIVIDAD *	SM 2510 B	2017/09/07	uS/cm	1365	1187
DBO5	PEE/LS/FQ/01	2017/09/07 2017/09/12	mg/l	440	99
DOO	PEE/LS/FQ/06	2017/09/07	mg/l	977	240
FOSFORO TOTAL	PEE/LS/FQ/03	2017/09/11	mg/l	5.48	4.84
NITROGENO AMONIAICAL *	SM 4500 NH3 C	2017/09/07	mg/l	75.87	54.03
OXIGENO DISUELTO **	SM 4500 O-G	2017/09/07	mg/l	0.6	3.2
pH	PEE/LS/FQ/07	2017/09/07		8.36	7.10
SOLIDOS SEDIMENTABLES *	SM 2540 F	2017/09/07	ml/l	4	0
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	PEE/LS/FQ/04	2017/09/07	mg/l	458	42
SOLIDOS TOTALES	PEE/LS/FQ/05	2017/09/07	mg/l	1084	569
SUST. SOLUBLES AL HEXANO *	SM 5520 D	2017/09/08	mg/l	113.5	25.5
COLIFORMES TOTALES *	SM 9221 E	2017/09/07 2017/09/09	NMP/ 100 ml	4.9E+07	2.4E+07
COLIFORMES TERMOTOLERANTES *	SM 9221 E	2017/09/08 2017/09/10	NMP/ 100 ml	3.3E+07	1.3E+07

\*El Oxígeno disuelto fue determinado en el laboratorio, la muestra no estuvo fijada

PARAMETRO	DBO5	DOO (P100)	DOO (H100)	FOSFORO TOTAL	SOLIDOS SUSPEND.	SOLIDOS TOTALES	pH
INCERTIDUMBRE	12.7% (95 %, ±11.59)	12.7% (95 %, ±11.59)	13.5% (95 %, ±11.59)	5.6% (95 %, ±1.99)	12.7% (95 %, ±11.59)	17.21 % (92 %, ±11.99)	3.03 % (95 %, ±19.91)

Atentamente,

*María José Chérrez T.*  
 Bloq. María José Chérrez T.  
 RESPONSABLE DEL LABORATORIO

- Los resultados contenidos en el presente informe solo afectan a los objetos sometidos al ensayo.  
 - Este informe no deberá reproducirse parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio.  
 - "Los ensayos marcados con (\*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE"

MC0406-13

<b>LABORATORIO DE SANEAMIENTO</b> Panamericana Norte Km. 5 y 1/2. - Cuenca Telf : 4175557 - 4175568		Laboratorio de Ensayo Acreditado por el OAE con Acreditación N° OAE LE 2C 06-004	<b>INFORME DE RESULTADOS</b>  Página 1 de 2
---	--	---	---

FECHA: 2017/11/06 INFORME N°: 455/17

**CLIENTE**  
 NOMBRE: ING. VERONICA RODAS  
 DIRECCIÓN: Panamericana Norte Km 5 ½ - Cuenca

**MUESTRA**  
 CODIGO: 455/01-06/17  
 DESCRIPCIÓN: Agua residual  
 PROCEDENCIA: PTAR Rurales  
 FECHA DE RECEPCIÓN: 2017/10/26  
 ENTREGADAS POR: Sr. José Yunga

PARAMETRO	METODO	FECHA REALIZACION	UNIDADES	Entrada Bella Unión 455/01/17	Salida Bella Unión 455/02/17
CONDUCTIVIDAD *	SM 2510 B	2017/10/26	uS/cm	717	1259
DBO5	PEE/LS/FQ/01	2017/10/26 2017/10/31	mg/l	168	34
DOO	PEE/LS/FQ/06	2017/10/26	mg/l	468	209
FOSFORO TOTAL	PEE/LS/FQ/03	2017/10/26	mg/l	6.80	7.25
NITROGENO AMONIAICAL *	SM 4500 NH3 C	2017/10/30	mg/l	32.19	78.17
NITROGENO ORGANICO *	SM 4500 Norg B	2017/10/31	mg/l	24.72	20.12
OXIGENO DISUELTO **	SM 4500 O-G	2017/10/26	mg/l	1.8	3.5
pH	PEE/LS/FQ/07	2017/10/26		7.47	7.21
SOLIDOS SEDIMENTABLES *	SM 2540 F	2017/10/26	ml/l	1.0	0
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	PEE/LS/FQ/04	2017/10/26	mg/l	206	16
SOLIDOS TOTALES	PEE/LS/FQ/05	2017/10/26	mg/l	601	502
SUST. SOLUBLES AL HEXANO *	SM 5520 D	2017/10/26	mg/l	22.8	6.4
COLIFORMES TOTALES *	SM 9221 E	2017/10/26 2017/10/28	NMP/ 100 ml	1.1E+07	4.9E+06
COLIFORMES TERMOTOLERANTES *	SM 9221 E	2017/10/27 2017/10/29	NMP/ 100 ml	4.9E+06	4.9E+06

PARAMETRO	METODO	FECHA REALIZACION	UNIDADES	Entrada Cementerio 455/03/17	Salida Cementerio 455/04/17
CONDUCTIVIDAD *	SM 2510 B	2017/10/26	uS/cm	1506	1355
DBO5	PEE/LS/FQ/01	2017/10/26 2017/10/31	mg/l	520	62
DOO	PEE/LS/FQ/06	2017/10/26	mg/l	1566	241
FOSFORO TOTAL	PEE/LS/FQ/03	2017/10/26	mg/l	17.04	6.61
NITROGENO AMONIAICAL *	SM 4500 NH3 C	2017/10/30	mg/l	106.91	75.37
NITROGENO ORGANICO *	SM 4500 Norg B	2017/10/31	mg/l	60.93	17.82
OXIGENO DISUELTO **	SM 4500 O-G	2017/10/26	mg/l	0	0.8
pH	PEE/LS/FQ/07	2017/10/26		8.42	7.09
SOLIDOS SEDIMENTABLES *	SM 2540 F	2017/10/26	ml/l	5.0	0
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	PEE/LS/FQ/04	2017/10/26	mg/l	1108	13
SOLIDOS TOTALES	PEE/LS/FQ/05	2017/10/26	mg/l	1876	627
SUST. SOLUBLES AL HEXANO *	SM 5520 D	2017/10/26	mg/l	67.2	0.0
COLIFORMES TOTALES *	SM 9221 E	2017/10/26 2017/10/28	NMP/ 100 ml	3.3E+07	7.9E+06

- Los resultados contenidos en el presente informe solo afectan a los objetos sometidos al ensayo.  
 - Este informe no deberá reproducirse parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio.  
 - "Los ensayos marcados con (\*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE"

MC0406-13



<b>LABORATORIO DE SANEAMIENTO</b> Panamericana Norte Km. 5 y 1/2. – Cuenca Telf : 4175557 - 4175568	Laboratorio de Ensayo Acreditado por el OAE con Acreditación N° OAE LE 2C 06-004	<b>INFORME DE RESULTADOS</b>  Página 2 de 2
---	---	---

PARAMETRO	METODO	FECHA REALIZACION	UNIDADES	Entrada Quillopungo 455/05/17	Salida Quillopungo 455/06/17
COLIFORMES TERMOTOLERANTES *	SM 9221 E	2017/10/27 2017/10/29	NMP/ 100 ml	2.4E+07	7.9E+06
CONDUCTIVIDAD *	SM 2510 B	2017/10/26	uS/cm	633	414
DBO5	PEE/LS/FQ/01	2017/10/26	mg/l	55	20
DDO	PEE/LS/FQ/06	2017/10/26	mg/l	161	60
FOSFORO TOTAL	PEE/LS/FQ/03	2017/10/26	mg/l	3.62	2.58
NITROGENO AMONIACAL *	SM 4500 NH3 C	2017/10/30	mg/l	19.54	17.24
NITROGENO ORGANICO *	SM 4500 Norg B	2017/10/31	mg/l	14.94	10.35
OXIGENO DISUELTO **	SM 4500 O-G	2017/10/26	mg/l	5.2	4.4
pH	PEE/LS/FQ/07	2017/10/26		7.09	7.23
SOLIDOS SEDIMENTABLES *	SM 2540 F	2017/10/26	ml/l	0	0
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	PEE/LS/FQ/04	2017/10/26	mg/l	21	11
SOLIDOS TOTALES	PEE/LS/FQ/05	2017/10/26	mg/l	390	305
SUST. SOLUBLES AL HEXANO *	SM 5520 D	2017/10/26	mg/l	0.0	2.4
COLIFORMES TOTALES *	SM 9221 E	2017/10/26	NMP/ 100 ml	1.3E+07	7.9E+06
COLIFORMES TERMOTOLERANTES *	SM 9221 E	2017/10/27 2017/10/29	NMP/ 100 ml	1.3E+07	7.9E+06

\*\*El Oxígeno disuelto fue determinado en el laboratorio, la muestra no estuvo fijada

PARAMETRO	DBO5	DDO (P100)	DDO (H100)	FOSFORO TOTAL	SOLIDOS SUSPEND. TOTALES	SOLIDOS TOTALES	pH
INCERTIDUMBRE	18.3 % (0.5 %, 1+1.90)	12.7 % (0.5 %, 1+1.90)	13.05 % (0.5 %, 1+1.90)	1.04 % (0.10 %, 1+1.90)	17.71 % (0.5 %, 1+1.90)	1.03 % (0.5 %, 1+2.01)	

Atentamente,

Bloq. María José Chávez  
RESPONSABLE DEL LABORATORIO

- Los resultados contenidos en el presente informe solo afectan a los objetos sometidos al ensayo.  
 - Este informe no deberá reproducirse parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio.  
 - "Los ensayos marcados con (\*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE"

MC0406-13

<b>LABORATORIO DE SANEAMIENTO</b> Panamericana Norte Km. 5 y 1/2. – Cuenca Telf : 4175557 - 4175568	Laboratorio de Ensayo Acreditado por el OAE con Acreditación N° OAE LE 2C 06-004	<b>INFORME DE RESULTADOS</b>  Página 2 de 3
---	---	---

PARAMETRO	METODO	FECHA REALIZACION	UNIDADES	Entrada Achayacu 472/05/17	Salida Achayacu 472/06/17
COLIFORMES TOTALES *	SM 9221 E	2017/11/09 2017/11/11	NMP/ 100 ml	1.1E+07	1.3E+07
COLIFORMES TERMOTOLERANTES *	SM 9221 E	2017/11/10 2017/11/12	NMP/ 100 ml	7E+06	2.8E+06
CONDUCTIVIDAD *	SM 2510 B	2017/11/09	uS/cm	555	610
DBO5	PEE/LS/FQ/01	2017/11/09 2017/11/14	mg/l	230	63
DDO	PEE/LS/FQ/06	2017/11/09	mg/l	519	239
FOSFORO TOTAL	PEE/LS/FQ/03	2017/11/10	mg/l	6.05	6.88
NITROGENO AMONIACAL *	SM 4500 NH3 C	2017/11/09	mg/l	27.55	49.94
NITROGENO ORGANICO *	SM 4500 Norg B	2017/11/10	mg/l	25.26	23.54
OXIGENO DISUELTO **	SM 4500 O-G	2017/11/09	mg/l	0.8	3.9
pH	PEE/LS/FQ/07	2017/11/09		7.39	6.96
SOLIDOS SEDIMENTABLES *	SM 2540 F	2017/11/09	ml/l	3.0	0.0
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	PEE/LS/FQ/04	2017/11/09	mg/l	196	38
SOLIDOS TOTALES	PEE/LS/FQ/05	2017/11/11	mg/l	549	391
SUST. SOLUBLES AL HEXANO *	SM 5520 D	2017/11/09	mg/l	23.3	1.2
COLIFORMES TOTALES *	SM 9221 E	2017/11/09	NMP/ 100 ml	1.1E+07	2.4E+07
COLIFORMES TERMOTOLERANTES *	SM 9221 E	2017/11/10 2017/11/12	NMP/ 100 ml	1.1E+07	1.3E+07

\*\*El Oxígeno disuelto fue determinado en el laboratorio, la muestra no estuvo fijada

PARAMETRO	METODO	FECHA REALIZACION	UNIDADES	Entrada Cementerio 472/07/17	Salida Cementerio 472/08/17
CONDUCTIVIDAD *	SM 2510 B	2017/11/09	uS/cm	632	1226
DBO5	PEE/LS/FQ/01	2017/11/09 2017/11/14	mg/l	295	138
DDO	PEE/LS/FQ/06	2017/11/09	mg/l	763	468
FOSFORO TOTAL	PEE/LS/FQ/03	2017/11/10	mg/l	7.87	7.35
NITROGENO AMONIACAL *	SM 4500 NH3 C	2017/11/09	mg/l	29.85	66.59
NITROGENO ORGANICO *	SM 4500 Norg B	2017/11/10	mg/l	34.44	34.44
OXIGENO DISUELTO **	SM 4500 O-G	2017/11/09	mg/l	0.5	0.7
pH	PEE/LS/FQ/07	2017/11/09		7.62	7.29
SOLIDOS SEDIMENTABLES *	SM 2540 F	2017/11/09	ml/l	3.0	0.0
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	PEE/LS/FQ/04	2017/11/09	mg/l	306	53
SOLIDOS TOTALES	PEE/LS/FQ/05	2017/11/11	mg/l	619	578
SUST. SOLUBLES AL HEXANO *	SM 5520 D	2017/11/09	mg/l	22.4	20
COLIFORMES TOTALES *	SM 9221 E	2017/11/09 2017/11/11	NMP/ 100 ml	4.9E+07	1.3E+07
COLIFORMES TERMOTOLERANTES *	SM 9221 E	2017/11/10 2017/11/12	NMP/ 100 ml	3.3E+06	3.5E+06

\*\*El Oxígeno disuelto fue determinado en el laboratorio, la muestra no estuvo fijada

- Los resultados contenidos en el presente informe solo afectan a los objetos sometidos al ensayo.  
 - Este informe no deberá reproducirse parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio.  
 - "Los ensayos marcados con (\*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE"

MC0406-13



**LABORATORIO DE SANEAMIENTO**  
Panamericana Norte Km. 5 y 1/2. - Cuenca  
Telf : 4175557 - 4175568

Laboratorio de Ensayo  
Acreditado por el OAE con  
Acreditación N°  
OAE LE 2C 06-004

**INFORME DE RESULTADOS**  
Página 2 de 2

PARAMETRO	METODO	FECHA REALIZACION	UNIDADES	Entrada Cementerio 505/05/17	Salida Cementerio 505/06/17
CONDUCTIVIDAD *	SM 2510 B	2017/11/30	uS/cm	943	1023
DBO5	PEE/LS/FQ/01	2017/11/30 2017/12/05	mg/l	1020	110
DOO	PEE/LS/FQ/06	2017/11/30	mg/l	2432	285
FOSFORO TOTAL	PEE/LS/FQ/03	2017/12/01	mg/l	13.18	9.30
NITROGENO AMONIAICAL *	SM 4500 NH3 C	2017/12/01	mg/l	72.33	72.91
NITROGENO ORGANICO *	SM 4500 Norg B	2017/12/02	mg/l	57.41	23.54
OXIGENO DISUELTO **	SM 4500 O-G	2017/11/30	mg/l	0.6	2.0
pH	PEE/LS/FQ/07	2017/11/30		7.37	7.31
SOLIDOS SEDIMENTABLES *	SM 2540 F	2017/11/30	ml/l	13	0
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	PEE/LS/FQ/04	2017/11/30	mg/l	895	58
SOLIDOS TOTALES	PEE/LS/FQ/05	2017/11/30	mg/l	1784	719
SUST. SOLUBLES AL HEXANO *	SM 5520 D	2017/11/30	mg/l	373.7	20
COLIFORMES TOTALES *	SM 9221 E	2017/11/30 2017/12/03	NMP/ 100 ml	2.3E+07	1.7E+07
COLIFORMES TERMOTOLERANTES *	SM 9221 E	2017/12/03	NMP/ 100 ml	7.9E+06	1.3E+07

PARAMETRO	METODO	FECHA REALIZACION	UNIDADES	Entrada Pueblo nuevo 505/07/17	Salida Pueblo Nuevo Molleturo 505/08/17
CONDUCTIVIDAD *	SM 2510 B	2017/11/30	uS/cm	188.3	190.8
DBO5	PEE/LS/FQ/01	2017/11/30 2017/12/05	mg/l	58	11
DOO	PEE/LS/FQ/06	2017/11/30	mg/l	157	85
FOSFORO TOTAL	PEE/LS/FQ/03	2017/12/01	mg/l	1.50	1.58
NITROGENO AMONIAICAL *	SM 4500 NH3 C	2017/12/01	mg/l	5.17	8.04
NITROGENO ORGANICO *	SM 4500 Norg B	2017/12/02	mg/l	17.22	11.48
OXIGENO DISUELTO **	SM 4500 O-G	2017/11/30	mg/l	3.2	5.7
pH	PEE/LS/FQ/07	2017/11/30		6.58	6.62
SOLIDOS SEDIMENTABLES *	SM 2540 F	2017/11/30	ml/l	1.5	0.3
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	PEE/LS/FQ/04	2017/11/30	mg/l	76	37
SOLIDOS TOTALES	PEE/LS/FQ/05	2017/11/30	mg/l	239	162
SUST. SOLUBLES AL HEXANO *	SM 5520 D	2017/11/30	mg/l	9.6	8.4
COLIFORMES TOTALES *	SM 9221 E	2017/11/30 2017/12/02	NMP/ 100 ml	3.3E+06	2.3E+05
COLIFORMES TERMOTOLERANTES *	SM 9221 E	2017/12/02 2017/12/03	NMP/ 100 ml	1.1E+06	7.9E+04

\*\*El Oxígeno disuelto fue determinado en el laboratorio, la muestra no estuvo fijada

PARAMETRO	DBO5	DOO (t+10)	DOO (t+20)	FOSFORO TOTAL	SOLIDOS SUSPEND. TOTALES	pH
INCERTIDUMBRE	12.12 % (95 %, k=1.96)	12.74 % (95 %, k=1.96)	13.05 % (95 %, k=1.96)	3.94 % (95 %, k=1.96)	13.05 % (95 %, k=1.96)	3.03 % (95 %, k=1.96)

Atentamente,

Bioq. María José Chérrez T.  
RESPONSABLE DEL LABORATORIO

- Los resultados contenidos en el presente informe solo afectan a los objetos sometidos al ensayo.
- Este informe no deberá reproducirse parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio.
- "Los ensayos marcados con (\*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE"

MC0406-13

**LABORATORIO DE SANEAMIENTO**  
Panamericana Norte Km. 5 y 1/2. - Cuenca  
Telf : 4175557 - 4175568

Laboratorio de Ensayo  
Acreditado por el OAE con  
Acreditación N°  
OAE LE 2C 06-004

**INFORME DE RESULTADOS**  
Página 2 de 2

PARAMETRO	METODO	FECHA REALIZACION	UNIDADES	Entrada Tarqui Centro 526/05/17	Salida Tarqui Centro 526/06/17
CONDUCTIVIDAD *	SM 2510 B	2017/12/07	uS/cm	791	939
DBO5	PEE/LS/FQ/01	2017/12/07 2017/12/12	mg/l	285	150
DOO	PEE/LS/FQ/06	2017/12/07	mg/l	703	430
FOSFORO TOTAL	PEE/LS/FQ/03	2017/12/08	mg/l	9.96	4.86
NITROGENO AMONIAICAL *	SM 4500 NH3 C	2017/12/07	mg/l	50.52	52.24
NITROGENO ORGANICO *	SM 4500 Norg B	2017/12/08	mg/l	40.18	26.98
OXIGENO DISUELTO **	SM 4500 O-G	2017/12/07	mg/l	1.2	2.1
pH	PEE/LS/FQ/07	2017/12/07		7.28	6.9
SOLIDOS SEDIMENTABLES *	SM 2540 F	2017/12/07	ml/l	10	1
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	PEE/LS/FQ/04	2017/12/07	mg/l	446	115
SOLIDOS TOTALES	PEE/LS/FQ/05	2017/12/07	mg/l	1106	568
SUST. SOLUBLES AL HEXANO *	SM 5520 D	2017/12/07	mg/l	95.5	10.4
COLIFORMES TOTALES *	SM 9221 E	2017/12/07 2017/12/09	NMP/ 100 ml	4.9E+07	1.3E+07
COLIFORMES TERMOTOLERANTES *	SM 9221 E	2017/12/08 2017/12/10	NMP/ 100 ml	1.1E+07	3.3E+06

PARAMETRO	METODO	FECHA REALIZACION	UNIDADES	Entrada Cementerio 526/07/17	Salida Cementerio 526/08/17
CONDUCTIVIDAD *	SM 2510 B	2017/12/07	uS/cm	1473	1142
DBO5	PEE/LS/FQ/01	2017/12/07 2017/12/12	mg/l	440	60
DOO	PEE/LS/FQ/06	2017/12/07	mg/l	975	266
FOSFORO TOTAL	PEE/LS/FQ/03	2017/12/08	mg/l	12.51	5.79
NITROGENO AMONIAICAL *	SM 4500 NH3 C	2017/12/07	mg/l	90.13	59.70
NITROGENO ORGANICO *	SM 4500 Norg B	2017/12/08	mg/l	57.98	32.15
OXIGENO DISUELTO **	SM 4500 O-G	2017/12/07	mg/l	0.7	1.8
pH	PEE/LS/FQ/07	2017/12/07		8.02	7.23
SOLIDOS SEDIMENTABLES *	SM 2540 F	2017/12/07	ml/l	7	0.5
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	PEE/LS/FQ/04	2017/12/07	mg/l	350	53
SOLIDOS TOTALES	PEE/LS/FQ/05	2017/12/07	mg/l	1146	652
SUST. SOLUBLES AL HEXANO *	SM 5520 D	2017/12/07	mg/l	36.5	11.6
COLIFORMES TOTALES *	SM 9221 E	2017/12/07 2017/12/09	NMP/ 100 ml	1.1E+08	1.3E+07
COLIFORMES TERMOTOLERANTES *	SM 9221 E	2017/12/08 2017/12/10	NMP/ 100 ml	4.9E+06	4.9E+06

\*\*El Oxígeno disuelto fue determinado en el laboratorio, la muestra no estuvo fijada

PARAMETRO	DBO5	DOO (t+10)	DOO (t+20)	FOSFORO TOTAL	SOLIDOS SUSPEND. TOTALES	pH
INCERTIDUMBRE	18.12 % (95 %, k=1.96)	12.74 % (95 %, k=1.96)	13.05 % (95 %, k=1.96)	3.94 % (95 %, k=1.96)	13.05 % (95 %, k=1.96)	3.03 % (95 %, k=1.96)

Atentamente,

Bioq. María José Chérrez T.  
RESPONSABLE DEL LABORATORIO

- Los resultados contenidos en el presente informe solo afectan a los objetos sometidos al ensayo.
- Este informe no deberá reproducirse parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio.
- "Los ensayos marcados con (\*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE"

MC0406-13



<b>LABORATORIO DE SANEAMIENTO</b> Panamericana Norte Km. 5 y 1/2. - Cuenca Telf : 4175557 - 4175568	Laboratorio de Ensayo Acreditado por el OAE con Acreditación N° OAE LE 2C 06-004	<b>INFORME DE RESULTADOS</b>  Página 1 de 2
---	---	---

FECHA: 2017/12/21 INFORME N°: 536/17

**CLIENTE**  
 NOMBRE: ING. VERONICA RODAS  
 DIRECCIÓN: Panamericana Norte Km 5 ½ - Cuenca

**MUESTRA**  
 CODIGO: 536/01-08/17  
 DESCRIPCIÓN: Agua residual  
 PROCEDENCIA: PTAR Rurales  
 FECHA DE RECEPCIÓN: 2017/12/14  
 ENTREGADAS POR: Ing. Verónica Rodas

**RESULTADOS**

PARAMETRO	METODO	FECHA REALIZACION	UNIDADES	Entrada Guabo 536.01/17	Salida El Guabo 536.02/17
CONDUCTIVIDAD *	SM 2510 B	2017/12/14	uS/cm	1095	844
DBO5	PEE/LS/FQ/01	2017/12/14	mg/l	153	32
DOO	PEE/LS/FQ/06	2017/12/19	mg/l	566	123
FÓSFORO TOTAL	PEE/LS/FQ/03	2017/12/15	mg/l	3.94	1.59
NITRÓGENO AMONIAICAL *	SM 4500 NH3 C	2017/12/15	mg/l	34.44	26.98
NITRÓGENO ORGÁNICO *	SM 4500 Norg B	2017/12/15	mg/l	19.52	10.33
OXÍGENO DISUELTTO **	SM 4500 O-G	2017/12/14	mg/l	0.5	2.3
pH	PEE/LS/FQ/07	2017/12/14		7.49	7.53
SÓLIDOS SEDIMENTABLES * SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	SM 2540 F	2017/12/14	ml/l	3	0
SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	PEE/LS/FQ/04	2017/12/14	mg/l	208	14
SÓLIDOS TOTALES	PEE/LS/FQ/05	2017/12/14	mg/l	888	450
SUST. SOLUBLES AL HEXANO *	SM 5520 D	2017/12/14	mg/l	47	12.4
COLIFORMES TOTALES *	SM 9221 E	2017/12/14	NMP/ 100 ml	1.7E+07	9.4E+06
COLIFORMES TERMOTOLERANTES *	SM 9221 E	2017/12/15	NMP/ 100 ml	2.3E+06	1.4E+06

PARAMETRO	METODO	FECHA REALIZACION	UNIDADES	Entrada Cementerio 536.03/17	Salida Cementerik 536.04/17
CONDUCTIVIDAD *	SM 2510 B	2017/12/14	uS/cm	1160	1553
DBO5	PEE/LS/FQ/01	2017/12/14	mg/l	465	110
DOO	PEE/LS/FQ/06	2017/12/15	mg/l	981	335
FÓSFORO TOTAL	PEE/LS/FQ/03	2017/12/15	mg/l	6.94	9.40
NITRÓGENO AMONIAICAL *	SM 4500 NH3 C	2017/12/15	mg/l	60.85	88.98
NITRÓGENO ORGÁNICO *	SM 4500 Norg B	2017/12/15	mg/l	27.55	12.63
OXÍGENO DISUELTTO **	SM 4500 O-G	2017/12/14	mg/l	0.4	0.6
pH	PEE/LS/FQ/07	2017/12/14		7.5	7.52
SÓLIDOS SEDIMENTABLES * SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	SM 2540 F	2017/12/14	ml/l	4	0
SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	PEE/LS/FQ/04	2017/12/14	mg/l	354	35
SÓLIDOS TOTALES	PEE/LS/FQ/05	2017/12/14	mg/l	1006	752
SUST. SOLUBLES AL HEXANO *	SM 5520 D	2017/12/14	mg/l	95	13.6
COLIFORMES TOTALES *	SM 9221 E	2017/12/14	NMP/ 100 ml	1.3E+08	4.9E+06
COLIFORMES TERMOTOLERANTES *	SM 9221 E	2017/12/15	NMP/ 100 ml	1.4E+06	7.8E+05

- Los resultados contenidos en el presente informe solo afectan a los objetos sometidos al ensayo.  
 - Este informe no deberá reproducirse parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio.  
 - "Los ensayos marcados con (\*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE"

MC0406-13

<b>LABORATORIO DE SANEAMIENTO</b> Panamericana Norte Km. 5 y 1/2. - Cuenca Telf : 4175557 - 4175568	Laboratorio de Ensayo Acreditado por el OAE con Acreditación N° OAE LE 2C 06-004	<b>INFORME DE RESULTADOS</b>  Página 1 de 2
---	---	---

FECHA: 2017/12/28 INFORME N°: 544/17

**CLIENTE**  
 NOMBRE: ING. VERONICA RODAS  
 DIRECCIÓN: Panamericana Norte Km 5 ½ - Cuenca

**MUESTRA**  
 CODIGO: 544/01-08/17  
 DESCRIPCIÓN: Agua residual  
 PROCEDENCIA: PTAR Rurales  
 FECHA DE RECEPCIÓN: 2017/12/21  
 ENTREGADAS POR: Ing. Verónica Rodas

**RESULTADOS**

PARAMETRO	METODO	FECHA REALIZACION	UNIDADES	Entrada San Pedro 544.01/17	Salida San Pedro 544.02/17
CONDUCTIVIDAD *	SM 2510 B	2017/12/21	uS/cm	1471	1428
DBO5	PEE/LS/FQ/01	2017/12/21	mg/l	285	71
DOO	PEE/LS/FQ/06	2017/12/26	mg/l	982	257
FÓSFORO TOTAL	PEE/LS/FQ/03	2017/12/22	mg/l	9.88	7.26
NITRÓGENO AMONIAICAL *	SM 4500 NH3 C	2017/12/21	mg/l	110.22	114.81
NITRÓGENO ORGÁNICO *	SM 4500 Norg B	2017/12/21	mg/l	43.63	6.31
OXÍGENO DISUELTTO **	SM 4500 O-G	2017/12/21	mg/l	1.4	3.3
pH	PEE/LS/FQ/07	2017/12/21		7.73	7.04
SÓLIDOS SEDIMENTABLES * SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	SM 2540 F	2017/12/21	ml/l	5	0.5
SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	PEE/LS/FQ/04	2017/12/21	mg/l	476	34
SÓLIDOS TOTALES	PEE/LS/FQ/05	2017/12/21	mg/l	986	508
SUST. SOLUBLES AL HEXANO *	SM 5520 D	2017/12/21	mg/l	50.67	13.2
COLIFORMES TOTALES *	SM 9221 E	2017/12/21	NMP/ 100 ml	3.3E+07	4.9E+06
COLIFORMES TERMOTOLERANTES *	SM 9221 E	2017/12/22	NMP/ 100 ml	4.9E+06	1.5E+05

PARAMETRO	METODO	FECHA REALIZACION	UNIDADES	Entrada Cementerio 544.03/17	Salida Cementerio 544.04/17
CONDUCTIVIDAD *	SM 2510 B	2017/12/21	uS/cm	1745	1412
DBO5	PEE/LS/FQ/01	2017/12/21	mg/l	320	69
DOO	PEE/LS/FQ/06	2017/12/21	mg/l	903	257
FÓSFORO TOTAL	PEE/LS/FQ/03	2017/12/22	mg/l	9.66	5.06
NITRÓGENO AMONIAICAL *	SM 4500 NH3 C	2017/12/21	mg/l	138.92	89.55
NITRÓGENO ORGÁNICO *	SM 4500 Norg B	2017/12/21	mg/l	41.91	12.06
OXÍGENO DISUELTTO **	SM 4500 O-G	2017/12/21	mg/l	0	0.9
pH	PEE/LS/FQ/07	2017/12/21		8.4	6.98
SÓLIDOS SEDIMENTABLES * SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	SM 2540 F	2017/12/21	ml/l	3	0
SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	PEE/LS/FQ/04	2017/12/21	mg/l	278	43
SÓLIDOS TOTALES	PEE/LS/FQ/05	2017/12/21	mg/l	1108	623
SUST. SOLUBLES AL HEXANO *	SM 5520 D	2017/12/21	mg/l	65	10.4
COLIFORMES TOTALES *	SM 9221 E	2017/12/21	NMP/ 100 ml	3.3E+07	7.8E+07
COLIFORMES TERMOTOLERANTES *	SM 9221 E	2017/12/22	NMP/ 100 ml	2.3E+06	1.5E+07

- Los resultados contenidos en el presente informe solo afectan a los objetos sometidos al ensayo.  
 - Este informe no deberá reproducirse parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio.  
 - "Los ensayos marcados con (\*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE"

MC0406-13



<b>LABORATORIO DE SANEAMIENTO</b> Panamericana Norte Km. 5 y 1/2. - Cuenca Telf : 4175557 - 4175568		Laboratorio de Ensayo Acreditado por el OAE con Acreditación N° OAE LE 2C 06-004		<b>INFORME DE RESULTADOS</b>  Página 2 de 2	
---	--	---	--	---	--

PARAMETRO	METODO	FECHA REALIZACION	UNIDADES	Entrada Sta. Ana Cementerio 046/05/18	Salida Sta. Ana Cementerio 046/06/18
CONDUCTIVIDAD *	SM 2510 B	2018/01/25	uS/cm	1074	1241
DBO5	PEE/LS/FQ/01	2018/01/25 2018/01/30	mg/l	440	82
DOO	PEE/LS/FQ/06	2018/01/25	mg/l	917	177
FOSFORO TOTAL	PEE/LS/FQ/03	2018/01/25	mg/l	8.73	7.26
NITROGENO AMONICAL *	SM 4500 NH3 C	2018/01/25	mg/l	62.41	57.91
NITROGENO ORGANICO *	SM 4500 Norg B	2018/01/30	mg/l	34.30	12.93
OXIGENO DISUELTO **	SM 4500 O-G	2018/01/25	mg/l	0	0
pH	PEE/LS/FQ/07	2018/01/25		7.70	7.38
SOLIDOS SEDIMENTABLES * SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	SM 2540 F PEE/LS/FQ/04	2018/01/25	ml/l mg/l	7 454	0 42
SOLIDOS TOTALES	PEE/LS/FQ/05	2018/01/25	mg/l	980	631
SUST. SOLUBLES AL HEXANO *	SM 5520 D	2018/01/25	mg/l	102	19.6
COLIFORMES TOTALES *	SM 9221 E	2018/01/27	NMP/ 100 ml	1.1E+07	7E+06
COLIFORMES TERMOTOLERANTES *	SM 9221 E	2018/01/28	NMP/ 100 ml	1.1E+07	7E+06

PARAMETRO	METODO	FECHA REALIZACION	UNIDADES	Entrada El Chorro 046/07/18	Entrada Laureles 046/08/18
CONDUCTIVIDAD *	SM 2510 B	2018/01/25	uS/cm	828	573
DBO5	PEE/LS/FQ/01	2018/01/25 2018/01/30	mg/l	14	525
DOO	PEE/LS/FQ/06	2018/01/25	mg/l	43	1196
FOSFORO TOTAL	PEE/LS/FQ/03	2018/01/25	mg/l	1.50	8.73
NITROGENO AMONICAL *	SM 4500 NH3 C	2018/01/25	mg/l	6.18	43.85
NITROGENO ORGANICO *	SM 4500 Norg B	2018/01/30	mg/l	9.56	40.48
OXIGENO DISUELTO **	SM 4500 O-G	2018/01/25	mg/l	6.1	0.6
pH	PEE/LS/FQ/07	2018/01/25		6.97	8.02
SOLIDOS SEDIMENTABLES * SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	SM 2540 F PEE/LS/FQ/04	2018/01/25	ml/l mg/l	0.2 12	10 162
SOLIDOS TOTALES	PEE/LS/FQ/05	2018/01/25	mg/l	1453	968
SUST. SOLUBLES AL HEXANO *	SM 5520 D	2018/01/25	mg/l	10.4	131.5
COLIFORMES TOTALES *	SM 9221 E	2018/01/25 2018/01/27	NMP/ 100 ml	1.3E+07	2.3E+07
COLIFORMES TERMOTOLERANTES *	SM 9221 E	2018/01/26 2018/01/28	NMP/ 100 ml	7.9E+06	1.3E+07

\*\*El Oxigeno disuelto fue determinado en el laboratorio, la muestra no estuvo fijada

PARAMETRO	DBO5	DOO (t-100)	DOO (t-100)	FOSFORO TOTAL	SOLIDOS SUSPEND. TOTALES	pH
INCERTIDUMBRE	13.13 %	12.7 %	13.32 %	8.04 %	10.76 %	17.81 %
	(95 %, 1,1-1.96)	(95 %, 1,1-1.96)	(95 %, 1,1-1.96)	(95 %, 1,1-1.96)	(95 %, 1,1-1.96)	(95 %, 1,2-2.1)

SM: STANDARD METHODS, Edición 22

Los resultados contenidos en el presente informe solo afectan a los objetos sometidos al ensayo.  
 Este informe no deberá reproducirse parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio.  
 Los ensayos marcados con (\*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE"

MC0406-13

<b>LABORATORIO DE SANEAMIENTO</b> Panamericana Norte Km. 5 y 1/2. - Cuenca Telf : 4175557 - 4175568		Laboratorio de Ensayo Acreditado por el OAE con Acreditación N° OAE LE 2C 06-004		<b>INFORME DE RESULTADOS</b>  Página 1 de 2	
---	--	---	--	---	--

FECHA: 2018/02/29      INFORME N°: 075/18

CLIENTE  
 NOMBRE: ING. VERONICA RODAS  
 DIRECCIÓN: Panamericana Norte Km 5 ½ - Cuenca

MUESTRA  
 CODIGO: 075/01-08/18  
 DESCRIPCIÓN: Agua residual  
 PROCEDENCIA: PTAP Rurales  
 FECHA DE RECEPCIÓN: 2018/02/22  
 ENTREGADAS POR: Ing. Verónica Rodas

**RESULTADOS**

PARAMETRO	METODO	FECHA REALIZACION	UNIDADES	Entrada Cementerio de Santa Ana 075/01/18	Salida Cementerio de Santa Ana 075/02/18
CONDUCTIVIDAD *	SM 2510 B	2018/02/22	uS/cm	787	887
DBO5	PEE/LS/FQ/01	2018/02/22 2018/02/27	mg/l	280	41
DOO	PEE/LS/FQ/06	2018/02/22	mg/l	740	152
FOSFORO TOTAL	PEE/LS/FQ/03	2018/02/28	mg/l	8.78	3.67
NITROGENO AMONICAL *	SM 4500 NH3 C	2018/02/26	mg/l	36.55	28.11
NITROGENO ORGANICO *	SM 4500 Norg B	2018/02/27	mg/l	26.43	9
OXIGENO DISUELTO **	SM 4500 O-G	2018/02/22	mg/l	0	2.7
pH	PEE/LS/FQ/07	2018/02/22		7.56	7.18
SOLIDOS SEDIMENTABLES * SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	SM 2540 F PEE/LS/FQ/04	2018/02/22	ml/l mg/l	9 382	0 48
SOLIDOS TOTALES	PEE/LS/FQ/05	2018/02/22	mg/l	788	522
SUST. SOLUBLES AL HEXANO *	SM 5520 D	2018/02/22	mg/l	32	19.2
COLIFORMES TOTALES *	SM 9221 E	2018/02/22 2018/02/24	NMP/ 100 ml	1.7E+07	1.3E+07
COLIFORMES TERMOTOLERANTES *	SM 9221 E	2018/02/23 2018/02/25	NMP/ 100 ml	7.9E+06	7.9E+06

PARAMETRO	METODO	FECHA REALIZACION	UNIDADES	Entrada Laureles Santa Ana 075/03/18	Salida Laureles Santa Ana 075/04/18
CONDUCTIVIDAD *	SM 2510 B	2018/02/22	uS/cm	701	811
DBO5	PEE/LS/FQ/01	2018/02/22 2018/02/27	mg/l	125	70
DOO	PEE/LS/FQ/06	2018/02/22	mg/l	349	196
FOSFORO TOTAL	PEE/LS/FQ/03	2018/02/26	mg/l	4.70	3.50
NITROGENO AMONICAL *	SM 4500 NH3 C	2018/02/26	mg/l	25.67	31.77
NITROGENO ORGANICO *	SM 4500 Norg B	2018/02/27	mg/l	22.49	8.72
OXIGENO DISUELTO **	SM 4500 O-G	2018/02/22	mg/l	1.6	0
pH	PEE/LS/FQ/07	2018/02/22		8.06	7.34
SOLIDOS SEDIMENTABLES * SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	SM 2540 F PEE/LS/FQ/04	2018/02/22	ml/l mg/l	0 72	0 15
SOLIDOS TOTALES	PEE/LS/FQ/05	2018/02/22	mg/l	524	461
SUST. SOLUBLES AL HEXANO *	SM 5520 D	2018/02/22	mg/l	38.4	18.4

Los resultados contenidos en el presente informe solo afectan a los objetos sometidos al ensayo.  
 Este informe no deberá reproducirse parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio.  
 Los ensayos marcados con (\*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE"

MC0406-13





<b>LABORATORIO DE SANEAMIENTO</b> Panamericana Norte Km. 5 y 1/2. - Cuenca Telf : 4175557 - 4175568	Laboratorio de Ensayo Acreditado por el OAE con Acreditación N° OAE LE 2C 06-004	<b>INFORME DE RESULTADOS</b>  Página 1 de 2
---	---	---

FECHA: 2018/03/29 INFORME N°: 131/18

**CLIENTE**  
 NOMBRE: ING. VERONICA RODAS  
 DIRECCIÓN: Panamericana Norte Km 5 1/2 - Cuenca

**MUESTRA**  
 CODIGO: 131/01-08/18  
 DESCRIPCIÓN: Agua residual  
 PROCEDENCIA: PTAR Rurales  
 FECHA DE RECEPCIÓN: 2018/03/22  
 ENTREGADAS POR: Ing. Verónica Rodas

**RESULTADOS**

PARAMETRO	METODO	FECHA REALIZACION	UNIDADES	Santa Ana Entrada Cementerio 131/01/18	Santa Ana Fase1 Cementerio 131/02/18
CONDUCTIVIDAD *	SM 2510 B	2018/03/22	uS/cm	1027	1329
DBO5	PEE/LS/FQ/01	2018/03/22	mg/l	630	138
DOO	PEE/LS/FQ/06	2018/03/22	mg/l	1878	420
FOSFORO TOTAL	PEE/LS/FQ/03	2018/03/26	mg/l	32.04*	9.10
NITROGENO AMONIAICAL *	SM 4500 NH3 C	2018/03/26	mg/l	46.67	69.72
NITROGENO ORGANICO *	SM 4500 Norg B	2018/03/27	mg/l	45.55	16.87
OXIGENO DISUELTO **	SM 4500 O-G	2018/03/22	mg/l	0.4	0.5
pH	PEE/LS/FQ/07	2018/03/22		7.13	7.06
SOLIDOS SEDIMENTABLES *	SM 2540 F	2018/03/22	ml/l	11	1
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	PEE/LS/FQ/04	2018/03/22	mg/l	760	128
SOLIDOS TOTALES	PEE/LS/FQ/05	2018/03/22	mg/l	1476	806
SUST. SOLUBLES AL HEXANO *	SM 5520 D	2018/03/22	mg/l	395.3	40
COLIFORMES TOTALES *	SM 9221 E	2018/03/22	NMP/ 100 ml	2.4E+07	1.7E+07
COLIFORMES TERMOTOLERANTES *	SM 9221 E	2018/03/25	NMP/ 100 ml	2.4E+07	7.9E+06

PARAMETRO	METODO	FECHA REALIZACION	UNIDADES	Santa Ana Fase2 131/03/18	Santa Ana Salida Cementerio 131/04/18
CONDUCTIVIDAD *	SM 2510 B	2018/03/22	uS/cm	1230	1155
DBO5	PEE/LS/FQ/01	2018/03/22	mg/l	133	65
DOO	PEE/LS/FQ/06	2018/03/22	mg/l	330	187
FOSFORO TOTAL	PEE/LS/FQ/03	2018/03/26	mg/l	7.83	6.69
NITROGENO AMONIAICAL *	SM 4500 NH3 C	2018/03/26	mg/l	62.98	63.54
NITROGENO ORGANICO *	SM 4500 Norg B	2018/03/27	mg/l	15.18	0.56
OXIGENO DISUELTO **	SM 4500 O-G	2018/03/22	mg/l	1.0	1.8
pH	PEE/LS/FQ/07	2018/03/22		6.96	7.12
SOLIDOS SEDIMENTABLES *	SM 2540 F	2018/03/22	ml/l	0.5	0
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	PEE/LS/FQ/04	2018/03/22	mg/l	78	29
SOLIDOS TOTALES	PEE/LS/FQ/05	2018/03/22	mg/l	669	536
SUST. SOLUBLES AL HEXANO *	SM 5520 D	2018/03/22	mg/l	24.4	28.4
COLIFORMES TOTALES *	SM 9221 E	2018/03/24	NMP/ 100 ml	2.2E+07	4.9E+06

- Los resultados contenidos en el presente informe solo afectan a los objetos sometidos al ensayo.
- Este informe no deberá reproducirse parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio.
- "Los ensayos marcados con (\*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE"

MC0406-13

<b>LABORATORIO DE SANEAMIENTO</b> Panamericana Norte Km. 5 y 1/2. - Cuenca Telf : 4175557 - 4175568	Laboratorio de Ensayo Acreditado por el OAE con Acreditación N° OAE LE 2C 06-004	<b>INFORME DE RESULTADOS</b>  Página 2 de 2
---	---	---

COLIFORMES TERMOTOLERANTES *	SM 9221 E	2018/03/23	NMP/ 100 ml	2.2E+07	4.9E+06
------------------------------	-----------	------------	-------------	---------	---------

PARAMETRO	METODO	FECHA REALIZACION	UNIDADES	Entrada Soldados 131/05/18	Salida Soldados 131/06/18
CONDUCTIVIDAD *	SM 2510 B	2018/03/22	uS/cm	107	148
DBO5	PEE/LS/FQ/01	2018/03/22	mg/l	64	****
DOO	PEE/LS/FQ/06	2018/03/22	mg/l	211	29
FOSFORO TOTAL	PEE/LS/FQ/03	2018/03/26	mg/l	1.03	1.00
NITROGENO AMONIAICAL *	SM 4500 NH3 C	2018/03/26	mg/l	6.75	8.43
NITROGENO ORGANICO *	SM 4500 Norg B	2018/03/27	mg/l	5.62	4.50
OXIGENO DISUELTO **	SM 4500 O-G	2018/03/22	mg/l	5.5	6.4
pH	PEE/LS/FQ/07	2018/03/22		6.53	6.58
SOLIDOS SEDIMENTABLES *	SM 2540 F	2018/03/22	ml/l	3.9	0
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	PEE/LS/FQ/04	2018/03/22	mg/l	153	7
SOLIDOS TOTALES	PEE/LS/FQ/05	2018/03/22	mg/l	211	93
SUST. SOLUBLES AL HEXANO *	SM 5520 D	2018/03/22	mg/l	21.6	10.8
COLIFORMES TOTALES *	SM 9221 E	2018/03/22	NMP/ 100 ml	4.9E+06	***
COLIFORMES TERMOTOLERANTES *	SM 9221 E	2018/03/23	NMP/ 100 ml	3.3E+06	***

\*\*\*: No hay crecimiento a la dilución sembrada.  
 \*\*\*\*: La DBO es menor a la esperada, < 10mg/l.

PARAMETRO	METODO	FECHA REALIZACION	UNIDADES	Entrada Chaula 131/07/18	Salida Chaula 131/08/18
CONDUCTIVIDAD *	SM 2510 B	2018/03/22	uS/cm	183	228
DBO5	PEE/LS/FQ/01	2018/03/22	mg/l	49	14
DOO	PEE/LS/FQ/06	2018/03/22	mg/l	184	42
FOSFORO TOTAL	PEE/LS/FQ/03	2018/03/26	mg/l	0.97	1.03
NITROGENO AMONIAICAL *	SM 4500 NH3 C	2018/03/26	mg/l	5.34	10.68
NITROGENO ORGANICO *	SM 4500 Norg B	2018/03/27	mg/l	5.34	0.56
OXIGENO DISUELTO **	SM 4500 O-G	2018/03/22	mg/l	5.5	5.8
pH	PEE/LS/FQ/07	2018/03/22		6.56	6.56
SOLIDOS SEDIMENTABLES *	SM 2540 F	2018/03/22	ml/l	1.5	0
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	PEE/LS/FQ/04	2018/03/22	mg/l	68	7
SOLIDOS TOTALES	PEE/LS/FQ/05	2018/03/22	mg/l	185	118
SUST. SOLUBLES AL HEXANO *	SM 5520 D	2018/03/22	mg/l	8	8.4
COLIFORMES TOTALES *	SM 9221 E	2018/03/22	NMP/ 100 ml	4.9E+06	1.7E+06
COLIFORMES TERMOTOLERANTES *	SM 9221 E	2018/03/23	NMP/ 100 ml	2.3E+06	1.1E+06

PARAMETRO	DBO5	DOO (+100)	DOO (+100)	FOSFORO TOTAL	SOLIDOS SUSPEND.	SOLIDOS TOTALES	pH
INCERTIDUMBRE	18.12 % (95 %; 1,1 95)	12.7% (95 %; 1,1 95)	13.06% (95 %; 1,1 95)	9.04% (95 %; 1,1 95)	12.76% (95 %; 1,1 95)	17.21 % (95 %; 1,1 95)	3.03 % (95 %; 1,1 95)

SM: STANDARD METHODS, Edición 23

- Atentamente,
- Los resultados contenidos en el presente informe solo afectan a los objetos sometidos al ensayo.
- Este informe no deberá reproducirse parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio.
- "Los ensayos marcados con (\*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE"

MC0406-13



<b>LABORATORIO DE SANEAMIENTO</b> Panamericana Norte Km. 5 y 1/2. - Cuenca Telf : 4175557 - 4175568	Laboratorio de Ensayo Acreditado por el OAE con Acreditación N° OAE LE 2C 06-004	<b>INFORME DE RESULTADOS</b>  Página 2 de 2
---	---	---

\*\* La DBO es menor a la esperada, < 10 mg/l.

PARAMETRO	METODO	FECHA REALIZACION	UNIDADES	ENTRADA CEMENTERIO 165/05/18	SALIDA CEMENTERIO 165/06/18
CONDUCTIVIDAD *	SM 2510 B	2018/04/19	uS/cm	885	1292
DBO5	PEE/LS/FQ/01	2018/04/19 2018/04/24	mg/l	265	98
DDO	PEE/LS/FQ/06	2018/04/19	mg/l	682	329
FOSFORO TOTAL	PEE/LS/FQ/03	2018/04/20	mg/l	7.56	4.76
NITROGENO AMONIAICAL *	SM 4500 NH3 C	2018/04/23	mg/l	47.04	62.53
NITROGENO ORGANICO *	SM 4500 Norg B	2018/04/24	mg/l	17.21	16.64
OXIGENO DISUELTO **	SM 4500 O-G	2018/04/19	mg/l	1.4	1.8
pH	PEE/LS/FQ/07	2018/04/19		= 7.28	7.24
SOLIDOS SEDIMENTABLES * SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	SM 2540 F PEE/LS/FQ/04	2018/04/19	mg/l	0.1	0.0 138 49
SOLIDOS TOTALES	PEE/LS/FQ/05	2018/04/19	mg/l	703	690
SUST. SOLUBLES AL HEXANO *	SM 5520 D	2018/04/19	mg/l	47.6	11.6
COLIFORMES TOTALES *	SM 9221 E	2018/04/19	NMP/ 100 ml	1.7E+07	3.5E+07
COLIFORMES TERMOTOLERANTES *	SM 9221 E	2018/04/22	NMP/ 100 ml	1.7E+07	1.7E+07

PARAMETRO	METODO	FECHA REALIZACION	UNIDADES	ENTRADA LAURELES 165/07/18	SALIDA LAURELES 165/08/18
CONDUCTIVIDAD *	SM 2510 B	2018/04/19	uS/cm	540	1163
DBO5	PEE/LS/FQ/01	2018/04/19 2018/04/24	mg/l	150	59
DDO	PEE/LS/FQ/06	2018/04/19	mg/l	422	209
FOSFORO TOTAL	PEE/LS/FQ/03	2018/04/20	mg/l	4.64	7.67
NITROGENO AMONIAICAL *	SM 4500 NH3 C	2018/04/23	mg/l	21.53	63.10
NITROGENO ORGANICO *	SM 4500 Norg B	2018/04/24	mg/l	13.19	9.18
OXIGENO DISUELTO **	SM 4500 O-G	2018/04/19	mg/l	4.4	3.7
pH	PEE/LS/FQ/07	2018/04/19		7.43	7.06
SOLIDOS SEDIMENTABLES * SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	SM 2540 F PEE/LS/FQ/04	2018/04/19	mg/l	0.0	0.0 63 19
SOLIDOS TOTALES	PEE/LS/FQ/05	2018/04/19	mg/l	458	555
SUST. SOLUBLES AL HEXANO *	SM 5520 D	2018/04/19	mg/l	46.8	16
COLIFORMES TOTALES *	SM 9221 E	2018/04/19	NMP/ 100 ml	7.9E+06	3.3E+06
COLIFORMES TERMOTOLERANTES *	SM 9221 E	2018/04/20 2018/04/22	NMP/ 100 ml	4.9E+06	2.3E+06

PARAMETRO	DBO5	DDO (+100)	DDO (+100)	FOSFORO TOTAL	SOLIDOS SUSPEND. TOTALES	SOLIDOS TOTALES	pH
INCERTIDUMBRE	18.8 % (95 %, <= 1.96)	12.7 % (95 %, <= 1.96)	13.05 % (95 %, <= 1.99)	9.96 % (95 %, <= 1.96)	10.79 % (95 %, <= 1.96)	17.21 % (95 %, <= 1.96)	3.03 % (95 %, <= 2.01)

SM: STANDARD METHODS, Edición 23

Aterfirmante,

Bio. María José Chérrez T.  
RESPONSABLE DEL LABORATORIO

- Los resultados contenidos en el presente informe solo afectan a los objetos sometidos al ensayo.
- Este informe no deberá reproducirse parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio.
- "Los ensayos marcados con (\*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE"

MC0406-13

<b>LABORATORIO DE SANEAMIENTO</b> Panamericana Norte Km. 5 y 1/2. - Cuenca Telf : 4175557 - 4175568	Laboratorio de Ensayo Acreditado por el OAE con Acreditación N° OAE LE 2C 06-004	<b>INFORME DE RESULTADOS</b>  Página 2 de 2
---	---	---

COLIFORMES TOTALES *	SM 9221 E	2018/05/24	NMP/ 100 ml	2.3E+07	7.9E+06
COLIFORMES TERMOTOLERANTES *	SM 9221 E	2018/05/25 2018/05/27	NMP/ 100 ml	7.9E+06	4.9E+06

\*\* La DBO es menor a la esperada, < 20mg/l.

PARAMETRO	METODO	FECHA REALIZACION	UNIDADES	ENTRADA PLANTA DE SANTA ANA CEMENTERIO 206/05/18	SALIDA PLANTA DE SANTA ANA CEMENTERIO 206/06/18
CONDUCTIVIDAD *	SM 2510 B	2018/05/24	uS/cm	492	814
DBO5	PEE/LS/FQ/01	2018/05/24 2018/05/29	mg/l	133	49
DDO	PEE/LS/FQ/06	2018/05/24	mg/l	406	262
FOSFORO TOTAL	PEE/LS/FQ/03	2018/05/28	mg/l	5.08	4.14
NITROGENO AMONIAICAL *	SM 4500 NH3 C	2018/05/24	mg/l	13.77	27.54
NITROGENO ORGANICO *	SM 4500 Norg B	2018/05/30	mg/l	16.06	10.33
OXIGENO DISUELTO **	SM 4500 O-G	2018/05/24	mg/l	1.5	0.7
pH	PEE/LS/FQ/07	2018/05/24		7.34	7.18
SOLIDOS SEDIMENTABLES * SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	SM 2540 F PEE/LS/FQ/04	2018/05/24	mg/l	= 7.5	0 812 45
SOLIDOS TOTALES	PEE/LS/FQ/05	2018/05/24	mg/l	1121	450
SUST. SOLUBLES AL HEXANO *	SM 5520 D	2018/05/24	mg/l	28	6
COLIFORMES TOTALES *	SM 9221 E	2018/05/24	NMP/ 100 ml	1.1E+07	3.5E+07
COLIFORMES TERMOTOLERANTES *	SM 9221 E	2018/05/25 2018/05/27	NMP/ 100 ml	4.6E+06	1.3E+07

PARAMETRO	METODO	FECHA REALIZACION	UNIDADES	ENTRADA LAURELES 206/07/18	SALIDA LAURELES 206/08/18
CONDUCTIVIDAD *	SM 2510 B	2018/05/24	uS/cm	736	798
DBO5	PEE/LS/FQ/01	2018/05/24 2018/05/29	mg/l	390	40
DDO	PEE/LS/FQ/06	2018/05/24	mg/l	858	102
FOSFORO TOTAL	PEE/LS/FQ/03	2018/05/28	mg/l	7.99	4.68
NITROGENO AMONIAICAL *	SM 4500 NH3 C	2018/05/24	mg/l	64.25	35.57
NITROGENO ORGANICO *	SM 4500 Norg B	2018/05/30	mg/l	2.29	13.77
OXIGENO DISUELTO **	SM 4500 O-G	2018/05/24	mg/l	0.6	1.8
pH	PEE/LS/FQ/07	2018/05/24		7.18	7.13
SOLIDOS SEDIMENTABLES * SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	SM 2540 F PEE/LS/FQ/04	2018/05/24	mg/l	17	0 528 21
SOLIDOS TOTALES	PEE/LS/FQ/05	2018/05/24	mg/l	= 1024	336
SUST. SOLUBLES AL HEXANO *	SM 5520 D	2018/05/24	mg/l	99	15.5
COLIFORMES TOTALES *	SM 9221 E	2018/05/26	NMP/ 100 ml	2.3E+07	4.6E+06
COLIFORMES TERMOTOLERANTES *	SM 9221 E	2018/05/25 2018/05/27	NMP/ 100 ml	4.9E+06	3.3E+06

PARAMETRO	DBO5	DDO (+100)	DDO (+100)	FOSFORO TOTAL	SOLIDOS SUSPEND. TOTALES	SOLIDOS TOTALES	pH
INCERTIDUMBRE	18.12 % (95 %, <= 1.96)	13.7 % (95 %, <= 1.96)	13.05 % (95 %, <= 1.99)	9.96 % (95 %, <= 1.96)	10.79 % (95 %, <= 1.96)	17.21 % (95 %, <= 1.96)	3.03 % (95 %, <= 2.01)

SM: STANDARD METHODS, Edición 23

- Los resultados contenidos en el presente informe solo afectan a los objetos sometidos al ensayo.
- Este informe no deberá reproducirse parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio.
- "Los ensayos marcados con (\*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE"

MC0406-14



<b>LABORATORIO DE SANEAMIENTO</b> Panamericana Norte Km. 5 y 1/2. – Cuenca Telf : 4175557 - 4175568		Laboratorio de Ensayo Acreditado por el OAE con Acreditación N° OAE LE 2C 06-004		<b>INFORME DE RESULTADOS</b> Página 2 de 3	
---	--	---	--	---	--

SÓLIDOS TOTALES	PEE/LS/FQ/05	2018/06/28	mg/l	1274	702
SUST. SOLUBLES AL HEXANO *	SM 5520 D	2018/06/28	mg/l	103.6	10.0
COLIFORMES TOTALES *	SM 9221 E	2018/06/28 2018/06/30	NMP/ 100 ml	3.3E+07	4.9E+06
COLIFORMES TERMOTOLERANTES *	SM 9221 E	2018/06/29 2018/07/01	NMP/ 100 ml	2.4E+07	3.3E+06

PARAMETRO	METODO	FECHA REALIZACION	UNIDADES	ENTRADA CEMENTERIO 262/05/18	CEMENTERIO FOSA 1 262/06/18
CONDUCTIVIDAD *	SM 2510 B	2018/06/28	uS/cm	1003	1326
DBO5	PEE/LS/FQ/01	2018/06/28 2018/07/03	mg/l	305	173
DQO	PEE/LS/FQ/06	2018/06/28	mg/l	793	522
FÓSFORO TOTAL	PEE/LS/FQ/03	2018/06/29	mg/l	9.46	9.35
NITROGENO AMONIAICAL *	SM 4500 NH3 C	2018/06/28	mg/l	43.02	77.44
NITROGENO ORGANICO *	SM 4500 Norg B	2018/06/29	mg/l	46.47	22.37
OXIGENO DISUELTO *	SM 4500 O-G	2018/06/28	mg/l	0	1.1
pH	PEE/LS/FQ/07	2018/06/28		7.96	6.93
SÓLIDOS SEDIMENTABLES *	SM 2540 F	2018/06/28	ml/l	1.5	1.5
SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	PEE/LS/FQ/04	2018/06/28	mg/l	330	236
SÓLIDOS TOTALES	PEE/LS/FQ/05	2018/06/28	mg/l	1029	903
SUST. SOLUBLES AL HEXANO *	SM 5520 D	2018/06/28	mg/l	28.0	19.2
COLIFORMES TOTALES *	SM 9221 E	2018/06/28 2018/06/30	NMP/ 100 ml	4.9E+07	7E+07
COLIFORMES TERMOTOLERANTES *	SM 9221 E	2018/06/29 2018/07/01	NMP/ 100 ml	3.3E+07	3.3E+07

- Los resultados contenidos en el presente informe solo afectan a los objetos sometidos al ensayo.  
 - Este informe no deberá reproducirse parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio.  
 - "Los ensayos marcados con (\*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE"

MCO406-14

<b>LABORATORIO DE SANEAMIENTO</b> Panamericana Norte Km. 5 y 1/2. – Cuenca Telf : 4175557 - 4175568		Laboratorio de Ensayo Acreditado por el OAE con Acreditación N° OAE LE 2C 06-004		<b>INFORME DE RESULTADOS</b> Página 1 de 2	
---	--	---	--	---	--

FECHA: 2018/08/28 INFORME N°: 35418

**CLIENTE**  
 NOMBRE: ING. VERONICA RODAS  
 DIRECCIÓN: Panamericana Norte Km 5 ½ - Cuenca

**MUESTRA**  
 CODIGO: 354/01-04/18  
 DESCRIPCIÓN: Agua residual  
 PROCEDENCIA: PTAR Rurales  
 FECHA DE RECEPCIÓN: 2018/08/21  
 ENTREGADAS POR: Sr. Xavier Aguilar

**RESULTADOS**

PARAMETRO	METODO	FECHA REALIZACION	UNIDADES	ENTRADA CEMENTERIO 354/01/18	SALIDA CEMENTERIO 354/02/18
CONDUCTIVIDAD *	SM 2510 B	2018/08/21	uS/cm	1287	1118
DBO5	PEE/LS/FQ/01	2018/08/21 2018/08/26	mg/l	740	110
DQO	PEE/LS/FQ/06	2018/08/21	mg/l	1002	339
FÓSFORO TOTAL	PEE/LS/FQ/03	2018/08/21	mg/l	16.15	12.66
NITROGENO AMONIAICAL *	SM 4500 NH3 C	2018/08/21	mg/l	80.38	77.55
NITROGENO ORGANICO *	SM 4500 Norg B	2018/08/23	mg/l	65.66	32.26
OXIGENO DISUELTO **	SM 4500 O-G	2018/08/21	mg/l	0.8	1.7
pH	PEE/LS/FQ/07	2018/08/21		8.34	7.33
SÓLIDOS SEDIMENTABLES *	SM 2540 F	2018/08/21	ml/l	10	0
SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	PEE/LS/FQ/04	2018/08/21	mg/l	750	24
SÓLIDOS TOTALES	PEE/LS/FQ/05	2018/08/21	mg/l	1804	638
SUST. SOLUBLES AL HEXANO *	SM 5520 D	2018/08/21	mg/l	189.41	25
COLIFORMES TOTALES *	SM 9221 E	2018/08/21 2018/08/23	NMP/ 100 ml	7E+07	1.7E+07
COLIFORMES TERMOTOLERANTES *	SM 9221 E	2018/08/22 2018/08/24	NMP/ 100 ml	7E+07	1.7E+07

PARAMETRO	METODO	FECHA REALIZACION	UNIDADES	ENTRADA LAURELES 354/03/18	SALIDA LAURELES 354/04/18
CONDUCTIVIDAD *	SM 2510 B	2018/08/21	uS/cm	1059	1332
DBO5	PEE/LS/FQ/01	2018/08/21 2018/08/26	mg/l	275	77
DQO	PEE/LS/FQ/06	2018/08/21	mg/l	736	363
FÓSFORO TOTAL	PEE/LS/FQ/03	2018/08/21	mg/l	12.91	8.16
NITROGENO AMONIAICAL *	SM 4500 NH3 C	2018/08/21	mg/l	94.53	99.06
NITROGENO ORGANICO *	SM 4500 Norg B	2018/08/23	mg/l	37.93	36.42
OXIGENO DISUELTO **	SM 4500 O-G	2018/08/21	mg/l	1.1	2.1
pH	PEE/LS/FQ/07	2018/08/21		8.54	7.66
SÓLIDOS SEDIMENTABLES *	SM 2540 F	2018/08/21	ml/l	4	0
SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	PEE/LS/FQ/04	2018/08/21	mg/l	264	16

- Los resultados contenidos en el presente informe solo afectan a los objetos sometidos al ensayo.  
 - Este informe no deberá reproducirse parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio.  
 - "Los ensayos marcados con (\*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE"

MCO406-14



## ANEXO B. 2. Procesamiento de datos de las caracterizaciones por muestreo simple.

PARÁMETRO	UNIDAD	LÍMITE DE DESCARGA	29/05/2015		22/10/2015		19/11/2015		23/12/2015	
			AFLUENTE	EFLUENTE	AFLUENTE	EFLUENTE	AFLUENTE	EFLUENTE	AFLUENTE	EFLUENTE
Conductividad	uS/cm	--	0	0	0	0	0	0	1534	1229
DBO5	mg/l	100	295	84	390	283	258	78	265	76
DQO	mg/l	200	654	253	998	737	1078	294	684	263
Fósforo Total	mg/l	10	6,92	5,62	5,25	5,21	5,94	5,49	11,89	9,13
Nitrógeno Amoniacal	mg/l	30	80,19	47,89	95,47	95,47	66,45	80,95	93,03	74,9
Nitrógeno Orgánico	mg/l	--	33,41	9,19	48,34	38,67	78,53	44,4	29	18,73
Oxígeno disuelto	mg/l	--	0	0	0	0	0	0	0,7	2,7
pH	mg/l	--	8,17	7,89	8,05	7,84	12,75	7,6	7,38	7,12
Sólidos Sedimentables	ml/l	--	0,7	0,1	1,5	0,4	23	0,5	0	0
Sólidos Suspendidos Totales	mg/l	130	162	8	358	190	2220	92	161	48
Sólidos Totales	mg/l	1600	9,71	540	1048	873	4132	614	815	517
Sustancias Solubles al Hexano	mg/l	--	29,6	14,4	86	44	18,8	18,4	92,8	33,6
Coliformes Totales	NMP/100 ml	--	1,30E+07	9,20E+06	9,20E+08	1,60E+08	0	7000000	1,70E+07	1,70E+07
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	2000	4,90E+06	9,20E+06	5,40E+07	1,60E+07	0	3300000	1,70E+07	1,70E+07



PARÁMETRO	UNIDAD	LÍMITE DE DESCARGA	11/02/2016		10/03/2016		24/03/2016		13/05/2016		21/04/2016		15/12/2016	
			AFLUENTE	EFLUENTE	AFLUENTE	EFLUENTE	AFLUENTE	EFLUENTE	AFLUENTE	EFLUENTE	AFLUENTE	EFLUENTE	AFLUENTE	EFLUENTE
Conductividad	uS/cm	--	697	1383	439	601	933	714	1143	1040	1271	1003	886	460
DBO5	mg/l	100	213	158	0	0	315	29	375	51	285	35	254	44
DQO	mg/l	200	510	374	149	152	1002	177	818	189	429	79	653	189
Fósforo Total	mg/l	10	5,95	8,45	2,62	3,88	15,4	3,54	7,03	4,13	10,82	4,64	5,39	2,56
Nitrógeno Amoniacal	mg/l	30	29,71	77,24	16,64	30,9	35,65	26,74	49,76	37,32	56,45	37,43	39,56	21,17
Nitrógeno Orgánico	mg/l	--	22,58	14,26	12,48	9,51	2,38	14,85	24,31	11,31	21,98	10,1	33,99	13,37
Oxígeno disuelto	mg/l	--	0,8	1,1	0,9	0,1	0	2,1	0	0,6	0,8	1,2	1,6	2,95
pH	mg/l	--	7,42	7,53	7,1	7,36	6,98	7,3	7,33	7,42	6,86	7,16	8,08	7,31
Sólidos Sedimentables	ml/l	--	2	0	0,1	0	8	0	2	0	3	0	3	0
Sólidos Suspendidos Totales	mg/l	130	274	25	254	128	1268	18	210	29	680	25	205	228
Sólidos Totales	mg/l	1600	704	684	499	418	1728	321	930	503	1568	473	776	505
Sustancias Solubles al Hexano	mg/l	--	24,8	16,8	20,4	42,4	26,5	35,2	3,6	10,8	13,6	10	59,6	10
Coliformes Totales	NMP/100 ml	--	4,90E+06	3,30E+06	7,00E+06	4,60E+06	3,30E+07	1,70E+06	2,30E+07	4,90E+06	3,30E+07	1,30E+07	2,20E+07	7,90E+06
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	2000	3,30E+06	3,30E+06	1,70E+06	4,60E+06	1,10E+07	3,30E+05	1,30E+07	4,90E+06	2,30E+07	7,90E+06	2,20E+07	3,30E+06



PARÁMETRO	UNIDAD	LÍMITE DE DESCARGA	05/01/2017		19/01/2017		23/03/2017		04/05/2017		01/06/2017		26/10/2017	
			AFLUENTE	EFLUENTE	AFLUENTE	EFLUENTE	AFLUENTE	EFLUENTE	AFLUENTE	EFLUENTE	AFLUENTE	EFLUENTE	AFLUENTE	EFLUENTE
Conductividad	uS/cm	--	1218	1190	975	855	760	408	741	868	1218	1326	1506	1355
DBO5	mg/l	100	482	146	250	80	165	11	203	27	208	45	250	62
DQO	mg/l	200	1002	409	638	201	188	29	457	133	468	144	1566	241
Fósforo Total	mg/l	10	9,51	7,75	3,9	4,21	1,8	1,04	4,51	3,34	5	3,72	17,04	6,61
Nitrógeno Amoniacal	mg/l	30	68,79	47,19	50,03	32,41	11,37	9,66	30,13	24,45	39,8	24,45	106,91	75,87
Nitrógeno Orgánico	mg/l	--	40,93	15,35	0	0	0	0	0	0	0	0	60,93	17,82
Oxígeno disuelto	mg/l	--	0	2,6	0,8	3,5	4,8	5,7	2,1	4,8	0	2,6	0	0,8
pH	mg/l	--	7,83	7,34	7,42	7,34	7,87	7,6	7,66	7,09	7,67	7,13	8,42	7,09
Sólidos Sedimentables	ml/l	--	7	0	0,1	0	0	0	1,5	0	1	0	5	0
Sólidos Suspendidos Totales	mg/l	130	636	35	95	15	24	11	227	14	158	18	1108	13
Sólidos Totales	mg/l	1600	1304	770	669	508	532	262	711	479	681	557	1876	627
Sustancias Solubles al Hexano	mg/l	--	82,4	13,6	50,8	11,6	15,2	3,2	16	29,2	45,6	12,4	67,2	0
Coliformes Totales	NMP/ 100 ml	--	4,90E+07	1,30E+07	3,30E+07	7,90E+06	6,80E+06	4,90E+05	2,30E+07	7,00E+06	4,90E+07	1,70E+07	3,30E+07	7,90E+07
Coliformes Termotolerantes	NMP/ 100 ml	2000	1,40E+07	4,90E+06	7,90E+06	4,90E+06	2,30E+06	0,00E+00	3,30E+06	4,90E+06	7,00E+06	7,00E+06	2,40E+07	7,90E+07



PARÁMETRO	UNIDAD	LÍMITE DE DESCARGA	09/11/2017		30/11/2017		07/12/2017		14/12/2017		21/12/2017	
			AFLUENTE	EFLUENTE	AFLUENTE	EFLUENTE	AFLUENTE	EFLUENTE	AFLUENTE	EFLUENTE	AFLUENTE	EFLUENTE
Conductividad	uS/cm	--	632	1228	943	1023	1473	1142	1160	1553	1745	1412
DBO5	mg/l	100	295	138	1020	110	440	60	465	110	320	69
DQO	mg/l	200	736	468	2432	285	975	266	981	335	903	257
Fósforo Total	mg/l	10	7,87	7,35	13,18	9,3	12,51	5,79	6,94	9,4	9,66	5,06
Nitrógeno Amoniacal	mg/l	30	29,85	66,59	72,33	72,91	90,13	59,7	60,85	88,98	138,92	88,56
Nitrógeno Orgánico	mg/l	--	34,44	34,44	57,41	23,54	57,98	32,15	27,55	12,63	41,91	12,06
Oxígeno disuelto	mg/l	--	0,5	0,7	0,6	2	0,7	1,8	0,4	0,6	0	0,9
pH	mg/l	--	7,62	7,29	7,37	7,31	8,02	7,23	7,5	7,52	8,4	6,98
Sólidos Sedimentables	ml/l	--	3	0	13	0	7	0,5	4	0	7	0
Sólidos Suspendidos Totales	mg/l	130	306	53	895	58	350	53	354	35	278	43
Sólidos Totales	mg/l	1600	619	578	1784	719	1146	652	1005	752	1108	623
Sustancias Solubles al Hexano	mg/l	--	22,4	20	373,7	20	36,5	11,6	95	13,8	65	10,4
Coliformes Totales	NMP/ 100 ml	--	4,90E+07	1,30E+07	2,30E+07	1,70E+07	1,10E+08	1,30E+07	1,30E+08	4,90E+06	3,30E+07	7,80E+07
Coliformes Termotolerantes	NMP/ 100 ml	2000	3,30E+06	3,50E+06	7,9E+06	1,3E+07	4,9E+06	4,9E+06	1,4E+06	7,8E+05	2,3E+06	1,5E+07



PARÁMETRO	UNIDAD	LÍMITE DE DESCARGA	25/01/2018		22/02/2018		19/04/2018		24/05/2018		21/08/2018	
			AFLUENTE	EFLUENTE	AFLUENTE	EFLUENTE	AFLUENTE	EFLUENTE	AFLUENTE	EFLUENTE	AFLUENTE	EFLUENTE
Conductividad	uS/cm	--	1074	1241	787	887	885	1292	492	814	1287	1118
DBO5	mg/l	100	440	82	280	41	265	98	133	49	740	110
DQO	mg/l	200	917	177	740	152	682	329	406	262	1002	339
Fósforo Total	mg/l	10	8,73	7,26	8,78	3,67	7,56	4,76	5,08	4,14	16,15	12,66
Nitrógeno Amoniacal	mg/l	30	24	57,91	36,55	28,11	47,04	62,53	13,77	27,54	80,38	77,55
Nitrógeno Orgánico	mg/l	--	34,3	12,93	26,43	9	17,21	16,64	16,06	10,33	65,66	32,2
Oxígeno disuelto	mg/l	--	0	0	0	2,7	1,4	1,8	1,5	0,7	0,8	1,7
pH	mg/l	--	7,7	7,38	7,56	7,18	7,28	7,24	7,34	7,18	8,34	7,33
Sólidos Sedimentables	ml/l	--	7	0	9	0	0,1	0	7,5	0	10	0
Sólidos Suspendidos Totales	mg/l	130	454	42	362	48	138	49	812	45	750	24
Sólidos Totales	mg/l	1600	980	631	788	522	703	690	1121	450	1804	638
Sustancias Solubles al Hexano	mg/l	--	102	19,6	32	19,2	47,6	11,6	28	6	189,41	25
Coliformes Totales	NMP/ 100 ml	--	1,10E+07	7,00E+06	1,70E+07	1,30E+07	1,70E+07	3,50E+07	1,10E+07	3,50E+07	7,00E+07	1,70E+06
Coliformes Termotolerantes	NMP/ 100 ml	2000	1,10E+07	7,00E+06	7,9E+06	7,9E+06	1,7E+07	1,7E+07	4,6E+06	1,3E+07	7,0E+07	1,7E+07





## ANEXO B. 3. Procesamiento de los datos de las caracterizaciones por fases.

PARÁMETRO	UNIDAD	LÍMITE DE DESCARGA	22/3/2018			
			AFLUENTE	FASE 1	FASE 2	EFLUENTE
Conductividad	uS/cm	--	1027	1329	1230	1155
DBO5	mg/l	100	630	138	133	65
DQO	mg/l	200	1878	420	330	187
Fósforo Total	mg/l	10	32,04	9,1	7,83	6,69
Nitrógeno Amoniacal	mg/l	30	46,67	69,72	62,98	63,54
Nitrógeno Orgánico	mg/l	--	45,55	16,87	15,18	0,56
Oxígeno disuelto	mg/l	--	0,4	0,5	1	1,8
pH	mg/l	--	7,13	7,06	6,96	7,12
Sólidos Sedimentables	ml/l	--	11	1	0,5	0
Sólidos Suspendidos Totales	mg/l	130	760	128	78	29
Sólidos Totales	mg/l	1600	1476	806	669	536
Sustancias Solubles al Hexano	mg/l	--	395,3	40	24,4	28,4
Coliformes Totales	NMP/100 ml	--	2,40E+07	1,70E+07	2,20E+07	4,90E+06
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	2000	2,40E+07	7,90E+06	2,20E+07	4,90E+06



PARÁMETRO	UNIDAD	LÍMITE DE DESCARGA	28/6/2018			
			AFLUENTE	FASE 1	FASE 2	EFLUENTE
Conductividad	uS/cm	--	1003	1326	1267	1171
DBO5	mg/l	100	305	173	128	69
DQO	mg/l	200	793	522	401	199
Fósforo Total	mg/l	10	9,46	9,35	9,22	4,8
Nitrógeno Amoniacal	mg/l	30	43,02	77,44	68,27	61,38
Nitrógeno Orgánico	mg/l	--	46,47	22,37	21,23	17,78
Oxígeno disuelto	mg/l	--	0	1,1	2,1	2,8
pH	mg/l	--	7,96	6,93	6,92	7,09
Sólidos Sedimentables	ml/l	--	1,5	1,5	0,1	0,1
Sólidos Suspendidos Totales	mg/l	130	330	236	83	51
Sólidos Totales	mg/l	1600	1029	903	691	586
Sustancias Solubles al Hexano	mg/l	--	28	19,2	28,4	12
Coliformes Totales	NMP/100 ml	--	4,90E+07	7,00E+07	3,30E+07	1,10E+07
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	2000	3,30E+07	3,30E+07	1,70E+07	4,90E+06

## ANEXO C. Aforos de caudales

### ANEXO C. 1. Instalación y configuración del vertedero triangular.

Posterior a las visitas de campo se decidió instalar un vertedero triangular en la estructura de entrada a la PTAR como método más conveniente para efectuar la medición de los caudales. Debido a la configuración de la estructura de llegada, el vertedero se instaló previo a la conexión con el tanque séptico (Gráfico C. 1). La instalación del mismo se realizó el día 27 de octubre del 2018, colocando un tapón en la tubería de entrada, impidiendo así el paso del agua residual a la estructura de entrada, de tal forma de permitir su limpieza y la instalación del vertedero, que fue anclado mediante clavos de acero e impermeabilizado con silicón en sus bordes (Gráfico C. 2).



Gráfico C. 1. Especificación de lugar de implantación del vertedero.



Gráfico C. 2. Vertedero colocado.

La configuración del vertedero y dimensiones se presentan en el Gráfico C. 3. Se pintaron marcas cada centímetro para una mejor apreciación de las alturas sobre el vertedero.

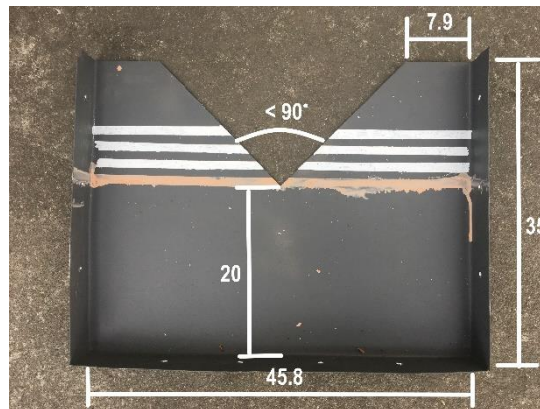


Gráfico C. 3. Configuración y dimensiones del vertedero.

#### ANEXO C. 2. *Proceso de Calibración del vertedero.*

El primer día de los aforos se realizaron mediciones volumétricas del caudal usando un recipiente de 3 L, a la vez que se tomaron las alturas de agua en el vertedero (Tabla C. 1). El gráfico de los logaritmos de las alturas contra los logaritmos de los caudales medidos se presentan en el Gráfico C. 4.

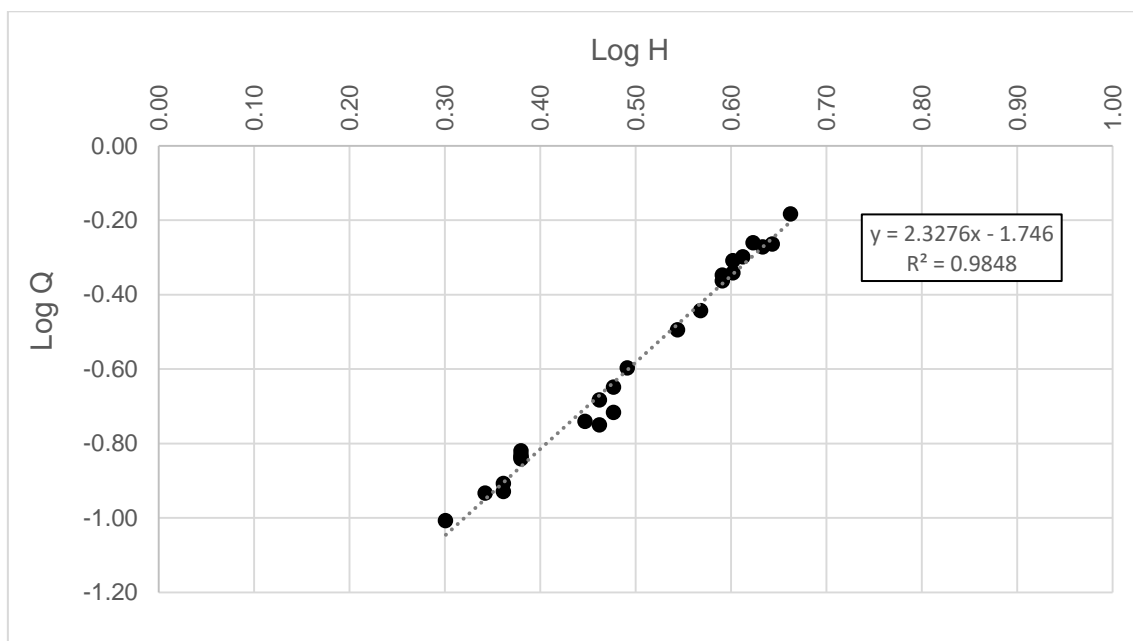


Gráfico C. 4. Gráfica de logaritmos de caudal medido y alturas H.



HORA	TIEMPO 1 [s]	TIEMPO 2 [s]	TIEMPO 3 [s]	TIEMPO 4 [s]	TIEMPO 5 [s]	VOLUMEN [L]	ALTURA cm
7:00	16,53	16,78	16,93	16,22	16,27	3	2,8
7:30	26,45	25,93	26,05	25,05	25,36	3	2,2
8:00	20,69	19,69	20,48	20,56	20,34	3	2,4
8:30	25,09	25,83	25,05	25,53	26,03	3	2,3
9:00	5,49	5,62	5,63	5,74	5,60	3	4,3
9:30	6,73	6,30	6,58	6,82	6,98	3	3,9
10:00	5,28	5,52	5,43	5,50	5,64	3	4,2
10:30	5,61	5,59	5,70	5,48	5,22	3	4,4
11:00	4,73	4,46	4,45	4,70	4,56	3	4,6
11:30	6,28	6,10	6,06	6,23	5,93	3	4
12:00	6,25	6,00	5,49	5,93	6,22	3	4,1
12:30	6,93	7,14	7,00	6,66	6,73	3	3,9
13:00	6,65	6,58	6,75	6,45	6,56	3	4
13:30	21,08	21,52	20,72	20,59	20,28	3	2,4
14:00	13,45	13,35	13,25	13,29	13,60	3	3
14:30	12,03	11,95	11,96	11,82	11,66	3	3,1
15:00	8,10	8,05	8,13	8,70	8,69	3	3,7
15:30	9,46	9,23	9,53	9,30	9,45	3	3,5
16:00	19,55	19,30	19,66	20,10	20,66	3	2,4
16:30	15,93	16,06	15,62	15,56	14,99	3	3
17:00	16,17	17,80	17,26	16,98	16,33	3	2,9
17:30	14,76	14,38	14,36	14,41	14,23	3	2,9
18:00	20,07	20,60	21,02	20,86	20,69	3	2,4
18:30	30,25	30,32	30,52	30,93	30,73	3	2
19:00	23,99	24,16	24,63	24,52	24,12	3	2,3

Tabla C. 1. Datos obtenidos en el aforo del día Viernes 28.

A partir de los valores  $n$  y  $K$  encontrados de la relación logarítmica entre  $H$  y  $Q_{medido}$  se planteó la ecuación de calibración del vertedero triangular:

$$Q_{medido} = 0.0179 * H^{2.33}$$

Para encontrar el coeficiente de descarga ( $C_d$ ) de la ecuación del caudal real ( $Q_{real}$ ) se graficaron los caudales medidos contra los caudales teóricos calculados con la Ecuación 2. La línea de tendencia de estos caudales se presenta en el Gráfico C. 5.

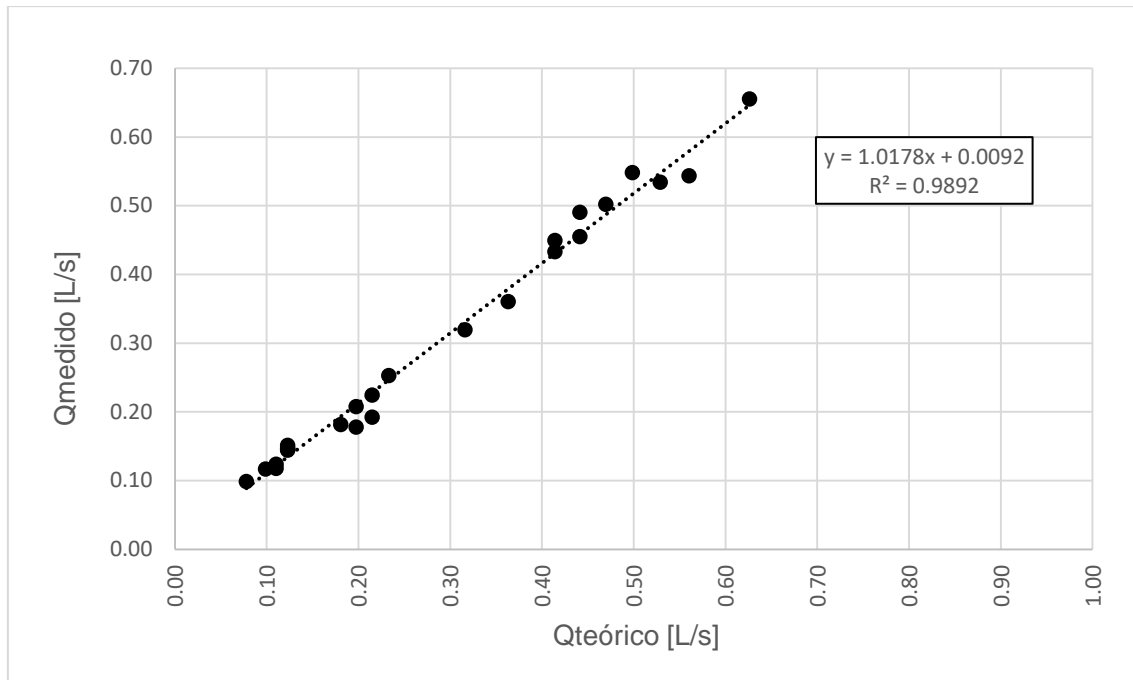


Gráfico C. 5. Gráfico para la determinación del coeficiente de descarga.

De la ecuación de la recta presentada en el gráfico anterior se obtiene:

$$Cd = 1.0178$$

Quedando finalmente la ecuación de Q real como:

$$Q_{real} = 0.014 * H^{5/2}$$

Con las ecuaciones de  $Q_{medido}$  y  $Q_{real}$  se determinan los porcentajes de error entre los caudales generados con estas expresiones y los obtenidos mediante el aforo volumétrico.

HORA	CAUDAL OBSERVADO	CAUDAL ECUACIÓN TEÓRICA	CAUDAL ECUACIÓN CALIBRADA	CAUDAL ECUACIÓN REAL	ERROR Qobservado vs Qcalibrado	ERROR Qobservado vs Qreal
		$0.0138 * H^{2.5}$	$0.0179 * H^{2.33}$	$0.014 * H^{2.5}$	$\left  \frac{Q_{obs} - Q_{cal}}{Q_{cal}} * 100 \right $	$\left  \frac{Q_{obs} - Q_{real}}{Q_{real}} * 100 \right $
7:00	0,18	0,18	0,20	0,18	8,74	1,63
7:30	0,12	0,10	0,11	0,10	3,40	13,39
8:00	0,15	0,12	0,14	0,13	6,57	14,97
8:30	0,12	0,11	0,12	0,11	6,04	4,20
9:00	0,53	0,53	0,54	0,54	0,25	0,89
9:30	0,45	0,41	0,43	0,42	5,04	6,03
10:00	0,55	0,50	0,51	0,51	7,56	7,35
10:30	0,54	0,56	0,56	0,57	3,88	4,95
11:00	0,66	0,63	0,63	0,64	4,42	2,68
11:30	0,49	0,44	0,45	0,45	7,75	8,31
12:00	0,50	0,47	0,48	0,48	4,56	4,73
12:30	0,43	0,41	0,43	0,42	1,48	2,51
13:00	0,45	0,44	0,45	0,45	0,54	1,15
13:30	0,14	0,12	0,14	0,13	4,34	12,94
14:00	0,22	0,22	0,23	0,22	3,31	2,29

HORA	CAUDAL OBSERVADO	CAUDAL ECUACIÓN TEÓRICA	CAUDAL ECUACIÓN CALIBRADA	CAUDAL ECUACIÓN REAL	ERROR Qobservado vs Qcalibrado	ERROR Qobservado vs Qreal
		$0.0138 * H^{2.5}$	$0.0179 * H^{2.33}$	$0.014 * H^{2.5}$	$\left  \frac{Q_{obs} - Q_{cal}}{Q_{cal}} * 100 \right $	$\left  \frac{Q_{obs} - Q_{real}}{Q_{real}} * 100 \right $
14:30	0,25	0,23	0,25	0,24	1,02	5,86
15:00	0,36	0,36	0,38	0,37	4,78	2,75
15:30	0,32	0,32	0,33	0,32	3,78	0,80
16:00	0,15	0,12	0,14	0,13	8,86	17,05
16:30	0,19	0,22	0,23	0,22	20,63	14,09
17:00	0,18	0,20	0,21	0,20	20,57	13,37
17:30	0,21	0,20	0,21	0,20	3,24	2,92
18:00	0,15	0,12	0,14	0,13	5,22	13,74
18:30	0,10	0,08	0,09	0,08	8,26	19,09
19:00	0,12	0,11	0,12	0,11	0,96	8,79
				<b>SUMA</b>	145,18	186,48

Tabla C. 2. Caudales medidos, generados mediante ecuación experimental y mediante ecuación de calibración.

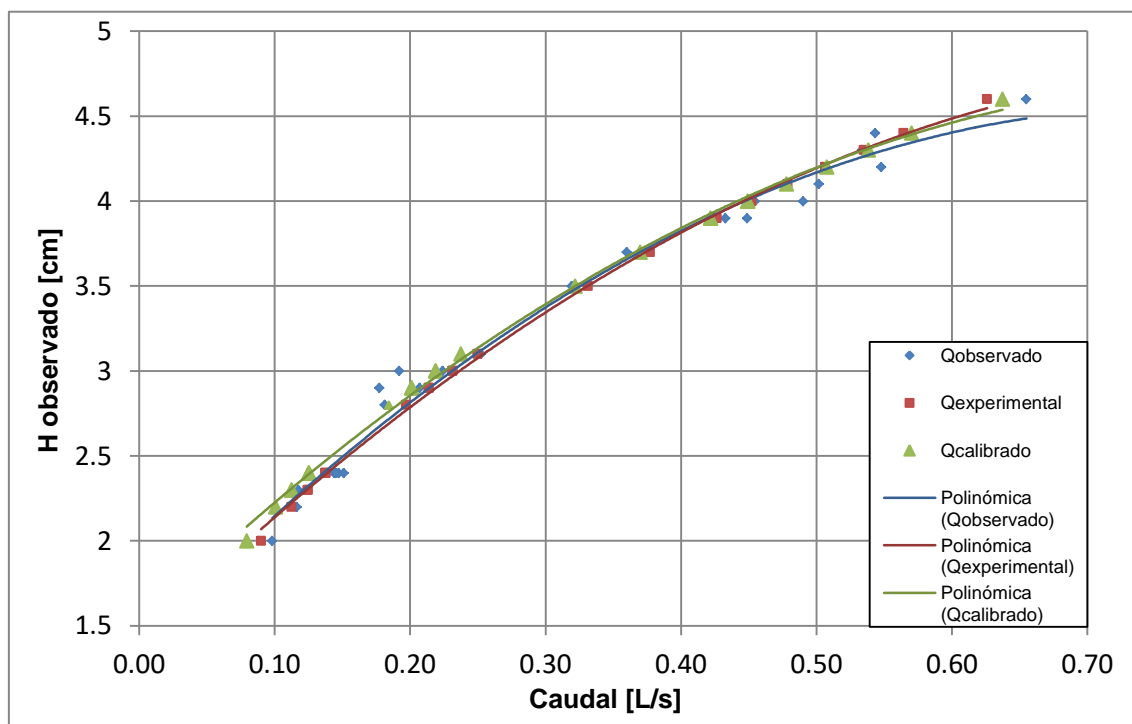


Gráfico C. 6. Comparación de caudales medidos y calculados con las diferentes ecuaciones.

La ecuación calibrada fue la escogida para determinar los caudales de los posteriores días, puesto que, de acuerdo a los porcentajes de error obtenidos en la Tabla C. 2, esta ecuación es la que presenta menor dispersión de datos en relación con los datos observados mediante el aforo volumétrico, así como también se observa en el Gráfico C. 6, la curva representada es la que mejor se ajusta a la curva generada por los datos del aforo volumétrico.



ANEXO C. 3. Registro de datos de aforos.

HOJA TOMA DE DATOS PARA AFORO DE CAUDALES				
FECHA: Viernes 28 de septiembre de 2018				
PARROQUIA: Santo Aña				
PTAR: Santo Aña Cementerio				
HORA	ALTURA [cm]	TEMPERATURA [°C]	TIEMPO [s]	OBSERVACIONES
7:00	2,80	17,50	16,53 16,70 16,22	16,43 16,27
7:30	2,20	17,50	26,45 25,93	26,05 25,36
8:00	2,40	17,50	20,69 19,69	20,48 20,56
8:30	2,30	17,50	25,03 25,63	25,65 25,53
9:00	4,30	17,50	5,48 5,62	5,53 5,14
9:30	3,90	17,50	6,73 6,90	6,56 6,82
10:00	4,20	18,00	5,28 5,52	5,43 5,50
10:30	4,40	18,00	5,61 5,59	5,76 5,48
11:00	4,60	18,00	4,73 4,46	4,45 4,70
11:30	4,00	18,00	6,28 6,10	6,06 6,23
12:00	4,10	18,00	6,25 6,00	5,44 5,93
12:30	3,90	18,00	6,93 7,14	7,00 6,66
13:00	4,00	18,00	6,65 6,98	6,75 6,45
13:30	2,40	19,00	21,08 21,52	20,72 20,59
14:00	3,00	19,00	13,43 13,55	13,25 13,29
14:30	3,10	19,00	12,02 17,93	11,96 11,67
15:00	3,70	19,00	8,10 8,03	8,19 8,10
15:30	3,50	19,00	9,46 9,23	9,53 9,30
16:00	2,40	19,00	19,55 19,35	19,66 20,10
16:30	3,00	19,00	15,92 16,06	15,62 15,56
17:00	2,90	19,00	16,17 17,60	15,24 16,98
17:30	2,90	19,00	14,36 14,38	14,36 14,41
18:00	2,40	18,50	20,07 20,60	21,01 20,66
18:30	2,00	18,50	30,25 30,37	30,53 30,93
19:00	2,30	18,50	23,89 24,16	24,45 24,52
OBSERVACIONES: Día soleado despejado				

HOJA TOMA DE DATOS PARA AFORO DE CAUDALES				
FECHA: Sábado, 29 de septiembre de 2018				
PARROQUIA: Santo Aña				
PTAR: Santo Aña Cementerio				
HORA	ALTURA [cm]	TEMPERATURA [°C]	TIEMPO [s]	OBSERVACIONES
7:00	2,70	17,00		
7:30	2,80	17,00		
8:00	2,80	17,00		
8:30	3,00	17,00		
9:00	3,50	17,00		
9:30	3,00	18,00		
10:00	4,10	18,00		
10:30	4,10	18,00		
11:00	4,70	18,00		
11:30	4,10	18,00		
12:00	3,60	19,00		
12:30	3,90	18,00		
13:00	3,10	18,00		
13:30	2,40	19,00		
14:00	1,50	18,00		
14:30	2,40	18,00		
15:00	2,30	18,00		
15:30	2,60	18,50		
16:00	2,80	18,00		
16:30	2,50	18,00		
17:00	2,40	18,00		
17:30	2,20	17,50		
18:00	1,80	17,50		
18:30	1,90	17,50		
19:00	2,30	17,50		
OBSERVACIONES: Lluvia leve, fuerte perturbación nubosa a partir de las 16:00 hasta el punto de las 19:30				





HOJA TOMA DE DATOS PARA AFORO DE CAUDALES				
FECHA: Domingo 30 de Septiembre de 2018				
PARROQUIA: Santa Ana				
PTAR: Santa Ana Cementerio				
HORA	ALTURA [cm]	TEMPERATURA [°C]	TIEMPO [s]	OBSERVACIONES
7:00	2,60	16,00		
7:30	2,70	16,50		
8:00	3,20	16,50		
8:30	2,70	17,00		
9:00	4,30	18,00		
9:30	3,60	18,00		
10:00	4,90	18,00		
10:30	4,40	18,50		
11:00	4,60	18,00		
11:30	4,50	18,50		
12:00	4,10	19,00		
12:30	3,60	19,00		
13:00	3,80	19,00		
13:30	3,80	19,00		
14:00	2,60	19,00		
14:30	2,80	19,00		
15:00	3,00	18,50		
15:30	2,30	19,00		
16:00	2,50	19,00		
16:30	1,90	18,50		
17:00	2,40	18,50		
17:30	2,60	19,00		
18:00	2,50	19,00		
18:30	1,80	18,00		
19:00	2,20	18,00		
OBSERVACIONES: <u>ninguna lluvia registrada, meteorología calurosa</u>				

HOJA TOMA DE DATOS PARA AFORO DE CAUDALES				
FECHA: Lunes 1 de Octubre de 2018				
PARROQUIA: Santa Ana				
PTAR: Santa Ana Cementerio				
HORA	ALTURA [cm]	TEMPERATURA [°C]	TIEMPO [s]	OBSERVACIONES
7:00	2,10	17,00		
7:30	2,80	17,00		
8:00	2,50	17,00		
8:30	3,00	17,00		
9:00	4,20	17,00		
9:30	3,90	16,00		
10:00	4,10	18,00		
10:30	3,90	18,00		
11:00	4,10	18,00		
11:30	3,60	18,00		
12:00	3,90	18,00		
12:30	3,40	18,00		
13:00	2,90	18,50		
13:30	2,60	18,00		
14:00	2,60	18,00		
14:30	2,50	19,00		
15:00	2,70	19,00		
15:30	2,10	19,00		
16:00	2,50	19,00		
16:30	2,40	19,00		
17:00	2,30	19,00		
17:30	2,10	19,00		
18:00	2,30	19,00		
18:30	2,10	19,00		
19:00	2,00	18,50		
OBSERVACIONES: <u>ninguna lluvia registrada, presencia de sol intenso en la tarde</u>				



HOJA TOMA DE DATOS PARA AFORO DE CAUDALES				
FECHA:	Domingo 2 de octubre de 2018			
PARROQUIA:	Santo Ana			
PTAR:	Santo Ana Cementerio			

HORA	ALTURA [cm]	TEMPERATURA [°C]	TIEMPO [s]	OBSERVACIONES
7:00	3,10	17,50		
7:30	2,80	17,50		
8:00	3,10	17,50		
8:30	4,00	17,50		
9:00	3,80	18,00		
9:30	4,00	18,00		
10:00	4,40	18,00		
10:30	4,20	18,00		
11:00	3,70	18,00		
11:30	4,10	18,00		Lluvia exasa
12:00	3,00	18,00		Lluvia fuerte
12:30	7,20	19,00		Lluvia
13:00	5,80	19,00		Lluvia
13:30	6,30	19,00		Lluvia
14:00	4,40	19,00		Lluvia exasa
14:30	3,50	18,00		
15:00	2,80	18,00		Lluvia intenso
15:30	2,80	18,00		Lluvia intenso
16:00	6,30	18,00		
16:30	4,20	18,00		
17:00	3,10	18,00		Lluvia
17:30	3,20	18,00		Lluvia
18:00	2,80	17,50		
18:30	2,90	17,50		
19:00	2,60	17,50		

OBSERVACIONES: DA NUBADO

HOJA TOMA DE DATOS PARA AFORO DE CAUDALES				
FECHA:	Miércoles 3 de octubre de 2018			
PARROQUIA:	Santo Ana			
PTAR:	Santo Ana Cementerio			

HORA	ALTURA [cm]	TEMPERATURA [°C]	TIEMPO [s]	OBSERVACIONES
7:00	2,50	17,00		
7:30	3,20	17,00		
8:00	3,30	17,00		
8:30	2,80	17,00		
9:00	4,00	17,00		
9:30	4,50	18,00		
10:00	4,40	18,00		
10:30	4,60	18,00		
11:00	4,80	18,00		
11:30	4,20	18,00		
12:00	4,00	18,00		
12:30	3,40	18,00		
13:00	3,80	18,00		
13:30	3,00	18,00		
14:00	2,70	18,00		
14:30	2,50	18,00		
15:00	2,40	18,50		
15:30	2,60	18,50		
16:00	2,70	18,50		
16:30	3,00	18,00		
17:00	2,30	18,00		
17:30	3,50	18,00		
18:00	3,30	18,00		
18:30	2,20	17,50		
19:00	2,10	17,50		

OBSERVACIONES: UNA VEZ POR NUBADO



HOJA TOMA DE DATOS PARA AFORO DE CAUDALES				
FECHA:	Jueves 4 octubre de 2018			
PARROQUIA:	Santa Ana			
PTAR:	Santa Ana Cementerio			
HORA	ALTURA [cm]	TEMPERATURA [°C]	TIEMPO [s]	OBSERVACIONES
7:00	2,60	17,00		
7:30	2,90	17,00		
8:00	2,70	17,50		
8:30	2,80	17,50		
9:00	3,80	17,50		
9:30	3,60	17,50		
10:00	4,20	18,00		
10:30	3,90	18,00		
11:00	4,40	18,00		
11:30	4,40	18,00		
12:00	3,90	18,00		
12:30	3,50	18,50		
13:00	3,20	18,50		
13:30	2,70	18,50		
14:00	2,60	18,50		
14:30	2,80	18,50		
15:00	2,50	19,00		
16:30	2,60	19,00		
16:00	2,80	19,00		
16:30	2,80	18,50		
17:00	4,30	18,50		
17:30	2,10	18,50		
18:00	2,20	18,50		
18:30	2,00	18,00		
19:00	1,90	17,50		
OBSERVACIONES:	Una sociedad, después de la mañana, tuvo algo de lluvia			



ANEXO D. Proforma medio de empaque.

TECNOHIDRO SCC		INGLATERRA N32-235 Y LAS GUAYANAS		ruc: 1791383974001 teff: 2520315 Quito-Ecuador				
CLIENTE: CONSUMIDOR FINAL R.U.C: 999999999999999 DIRECCION: INGLATERRA Y GUAYANAS TELEFONO: 2520-315			<b>PROFORMA N° 00000612</b> EMISION: 04/10/2018 VENDEDOR: 01 FORMA DE PAGO:					
N°	CODIGO	DESCRIPCION	CAN.	UND	PRECIO	IVA	DEST	TOTAL
1	BIO PAC	BIOPAC-500 UNIDADES M3	27.00	UN	175.00	S	0	4,725.00
ELABORADO		Observaciones: SOLICITADO POR ING. ANDRES TAPIA  TIEMPO DE ENTREGA:  CONDICIONES DE PAGO:	SUMAN \$ 4,725.00 DESCUENTO \$ .00 SUBTOTAL \$ 4725 I.V.A 0% \$ 5,292.00 I.V.A. 12 % 587.00 TOTAL\$ 5,292.00					



## ANEXO E. Evaluación de las estructuras existentes

### ANEXO E. 1. Caudal que soporta el tanque séptico existente.

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD
Tiempo de retención hidráulico (Pr)	1	días
Ancho	3.15	m
Largo	9.6	m
Área Superficial	30.24	m <sup>2</sup>
Altura	1.80	m

Tabla E. 1. Datos para la determinación del caudal máximo a tratar por el tanque séptico actual.

PARÁMETRO	EXPRESIÓN	VALOR	UNIDAD
Caudal a tratar	-	0.35	L/s
Volumen de sedimentación (Vs)	$V_s = 10^{-3} P q Pr$	30.04	m <sup>3</sup>
Volumen de lodos producido por persona y por año (G)	-	50	litros /habitante. año
Intervalo de limpieza o retiro de lodos (N)	-	1	año
Volumen de almacenamiento de lodos (Vd)	$V_d = G P N 10^{-3}$	11.60	m <sup>3</sup>
Volumen de natas	-	0.70	m <sup>3</sup>
Área Superficial	$Ancho * Largo$	30.24	m <sup>2</sup>
Espacio de Seguridad (a)	-	0.10	m
Profundidad de Sedimentación (b)	$\frac{V_s}{\text{Área Superficial}}$	0.99	m
Profundidad almacenamiento de lodos (c)	$\frac{V_d}{\text{Área Superficial}}$	0.38	m
Profundidad de natas(d)	$\frac{\text{Volumen de natas}}{\text{Área Superficial}}$	0.02	m
Espacio libre (e)	-	0.30	m
Profundidad del tanque séptico	$a + b + c + d + e$	1.8	m

Tabla E. 2. Resultados del taque séptico actual.



ANEXO E. 2. Intervalos a los que debe trabajar el filtro actual.

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD
Diámetro del Filtro (D)	4.20	m
Distancia libre en el fondo	0.20	m
Altura del medio de empaque	1.30	m
Borde libre	0.30	m
Altura total del filtro	1.80	m
Concentración total de DBO en el afluente del filtro ( $S_0$ )	155.5	mg/L

Tabla E. 3. Datos para determinar los intervalos de trabajo del filtro existente.

PARÁMETRO	EXPRESIÓN	VALOR	UNIDAD
Área Superficial (A)	$A = \frac{\pi D^2}{4}$	13.85	m <sup>2</sup>
Volumen del medio filtrante ( $V_{mf}$ )	$V_{mf} = A(\text{altura del empaque})$	18.01	m <sup>3</sup>
Caudal máximo al que debe trabajar el filtro	$Q_{max} = \frac{COV * V_{mf}}{S_0} = \frac{0.75 * V_{mf}}{S_0}$	1.01	L/s
Caudal mínimo al que debe trabajar el filtro	$Q_{min} = \frac{COV * V_{mf}}{S_0} = \frac{0.25 * V_{mf}}{S_0}$	0.34	L/s
Tiempo de retención hidráulico máximo ( $TRH_{max}$ )	$TRH_{max} = \frac{V}{Q_{min}}$	14.93	horas
Tiempo de retención hidráulico mínimo ( $TRH_{min}$ )	$TRH_{min} = \frac{V}{Q_{max}}$	4.98	horas
Eficiencia máxima esperada ( $E_{max}$ )	$E_{max} = 100(1 - 0.87 TRH_{max}^{-0.5})$	77.48	%
Eficiencia mínima esperada ( $E_{min}$ )	$E_{min} = 100(1 - 0.87 TRH_{min}^{-0.5})$	61.00	%
Concentración máxima de DBO esperada en el efluente	$DBO_{max\ ef} = S_0 - \frac{E_{min} S_0}{100}$	60.65	mg DBO/L
Concentración mínima de DBO esperada en el efluente	$DBO_{min\ ef} = S_0 - \frac{E_{max} S_0}{100}$	35.01	mg DBO/L

Tabla E. 4. Resultados de los intervalos de trabajo del filtro existente.



## ANEXO F. Dimensionamiento de las estructuras de la propuesta de rediseño de la PTAR

### ANEXO F. 1. Dimensionamiento del desarenador.

PARÁMETRO	EXPRESIÓN	VALOR	UNIDAD
Caudal a tratar	-	1.21	L/s
Factor de forma de las partículas	-	1	-
Velocidad de sedimentación para régimen laminar (Hazen y Stokes)	$v_s = \frac{g}{18} \frac{(\rho_s - \rho_w)}{u} d_p^2$	3.15	cm/s
Número de Reynolds	$N_R = \frac{\phi_p v_p d_p}{\nu}$	5.54	-
Al ser $N_R > 1$ el régimen de flujo no es laminar por lo que se aplica la ecuación de Newton para el cálculo de la velocidad de sedimentación. Mediante un proceso iterativo del cual se presentan únicamente los valores finales de cálculo.			
Número de Reynolds	$N_R = \frac{\phi_p v_p d_p}{\nu}$	4.25	-
Coeficiente de arrastre	$C_d = \frac{24}{N_R} + \frac{3}{\sqrt{N_R}} + 0.34$	7.40	-
Velocidad de sedimentación para régimen en transición (Newton)	$v_{p(t)} = \sqrt{\frac{4g}{3C_d} \frac{(\rho_s - \rho_w)}{\rho_w} d_p}$	2.41	cm/s
Relación altura/ancho	-	1	-
Altura de agua	-	20	cm
Ancho de módulo	-	20	cm
Tiempo de retención	$t_1 = \frac{H}{v_s}$	9	s
*Longitud del desarenador	$L = t_r * v_H$	250	cm
Longitud de la transición de entrada	$L_t = \frac{ b_{entrada} - b_{salida} }{2 * \tan 12.5}$	70	cm
Longitud de la transición de salida	$L_t = \frac{ b_{entrada} - b_{salida} }{2 * \tan 12.5}$	60	cm

\*Por cuestiones de disposición de espacio a la entrada de la PTAR no se considerará el porcentaje adicional por turbulencia a la entrada y salida que recomienda la literatura, a más de que se tratan caudales relativamente pequeños.

Tabla F. 1. Resultados de dimensionamiento desarenador.



ANEXO F. 2. Dimensionamiento del nuevo tanque séptico.

PARÁMETRO	EXPRESIÓN	VALOR	UNIDAD
Caudal a tratar	-	0.86	L/s
Población servida (P)	-	232	habitantes
Caudal de aporte unitario de aguas residuales (q)	$q = \frac{\text{Caudal a tratar}}{P}$	322.56	litros /habitante. día
Tiempo promedio de retención hidráulico (Pr)	-	1	días
Volumen de sedimentación (Vs)	$Vs = 10^{-3} P q Pr$	74.84	m <sup>3</sup>
Volumen de lodos producido por persona y por año (G)	-	50	litros /habitante. año
Intervalo de limpieza o retiro de lodos (N)	-	1	año
Volumen de almacenamiento de lodos (Vd)	$Vd = G P N 10^{-3}$	11.60	m <sup>3</sup>
Volumen de natas	-	0.7	m <sup>3</sup>
Ancho	-	3.55	m
Largo	-	11	m
Área Superficial	$\text{Ancho} * \text{Largo}$	39.05	m <sup>2</sup>
Espacio de Seguridad (a)	-	0.100	m
Profundidad de Sedimentación (b)	$\frac{Vs}{\text{Área Superficial}}$	1.92	m
Profundidad almacenamiento de lodos (c)	$\frac{Vd}{\text{Área Superficial}}$	0.30	m
Profundidad de natas(d)	$\frac{\text{Volumen de natas}}{\text{Área Superficial}}$	0.02	m
Espacio libre (e)	-	0.3	m
Profundidad mínima del tanque séptico	$a + b + c + d + e$	2.63	m
Profundidad final adoptada	-	2.70	m

Tabla F. 2. Resultados de dimensionamiento del nuevo tanque séptico.





ANEXO F. 3. Dimensionamiento del filtro anaerobio.

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD
Caudal medio ( $Q_{med AR}$ )	1.21	L/s
Caudal máximo diario ( $Q_{max diario}$ )	1.32	L/s
Caudal máximo horario ( $Q_{max AR}$ )	2.21	L/s
Concentración total de DBO en el afluente del filtro ( $S_0$ )	155.5	mg/L

Tabla F. 3. Datos para el dimensionamiento del filtro anaerobio.

PARÁMETRO	EXPRESIÓN	VALOR	UNIDAD
Tiempo de retención hidráulico (TRH)	-	9	horas
Distancia libre en el fondo (a)	-	0.3	m
Altura del medio de empaque (b)	-	1.9	m
Borde libre (c)	-	0.6	m
Altura total del filtro (H)	$H = a + b + c$	2.8	m
Volumen del filtro (V)	$V = Q(TRH)$	0.3	$m^3$
Área Superficial (A)	$A = \frac{V}{H}$	14.00	$m^2$
Volumen del medio filtrante ( $V_{mf}$ )	$V_{mf} = A(\text{altura del empaque})$	26.60	$m^3$
$CHS_{Q_{med}}$	$CSH = \frac{Q_{med AR}}{A}$	7.47	$m^3/(m^2 d)$
$CHS_{Q_{max diario}}$	$CSH = \frac{Q_{max diario}}{A}$	8.15	$m^3/(m^2 d)$
$CHS_{Q_{max}}$	$CSH = \frac{Q_{max AR}}{A}$	13.64	$m^3/(m^2 d)$
Carga Orgánica Volumétrica (COV)	$COV = \frac{Q * S_0}{V}$	0.41	$kg DQO / (m^3 \cdot día)$
Carga Orgánica Volumétrica en el medio de empaque ( $COV_{mf}$ )	$COV_{mf} = \frac{Q * S_0}{V_{mf}}$	0.61	$kg DQO / (m^3 \cdot día)$
Diámetro (D)	$D = \left(\frac{4 * A}{\pi}\right)^{1/2}$	4.22	m
Eficiencia de Remoción (E)	$E = 100(1 - 0.87 TRH^{-0.5})$	71	%
DBO esperada en el efluente ( $DBO_{ef}$ )	$DBO_{ef} = S_0 - \frac{E S_0}{100}$	45.10	mg DBO/L

Tabla F. 4. Resultados de dimensionamiento de filtro anaerobio.



## ANEXO F. 4. Dimensionamiento tanque de cloración.

Dosificación

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD
Dosis (a)	10	mg/L
% Cloro en NaOCL (b)	10	%
Caudal medio ( $Q_{med AR}$ )	104.87	m <sup>3</sup> /día

Tabla F. 5. Datos para determinar la dosificación de cloro.

PARÁMETRO	EXPRESIÓN	VALOR	UNIDAD
Suministro de Cloro necesario	$\frac{Q_{med AR} * a}{1000}$	1.05	Kg Cl <sub>2</sub> /día
Concentración de cloro en solución (f)	$b * 10$	100	g/L
Dosificación diaria	-	10.49	L/día
		0.0073	L/min
		7.28	cm <sup>3</sup> /min

Tabla F. 6. Resultado para determinar la dosificación de cloro.

Tanque de almacenamiento NaOCL

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD
Suministro de Cloro necesario (a)	1.05	Kg Cl <sub>2</sub> /día
Tasa de disminución de cloro (b)	0.03	%/día

Tabla F. 7. Datos para el dimensionamiento del tanque de almacenamiento de NaOCl.



PARÁMETRO	EXPRESIÓN	VALOR	UNIDAD
Consumo diario de solución NaOCl al 10% (c)	$\frac{a}{100}$	0.0105	$m^3/\text{día}$
Número de días de suministro (d)	–	20	días
Volumen requerido (e)	$c * d$	0.21	$m^3$
Factor de corrección (f)	$b * d$	0.6	-
Volumen corregido	$\frac{e * 10}{10 - f}$	0.22	$m^3$

Tabla F. 8. Resultados del dimensionamiento del tanque de almacenamiento de NaOCl.

Cloro residual

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD
Número de organismos coliformes en el tiempo 0 ( $N_0$ )	1.35E+7	NMP/100 ml
Número de organismos coliformes en el tiempo t ( $N_t$ )	2000	NMP/100 ml
Tiempo de contacto para $Q_{med AR}$ (t)	30	min

Tabla F. 9. Datos para la determinación del cloro residual.

PARÁMETRO	EXPRESIÓN	VALOR	UNIDAD
Cloro residual medido en el tiempo t ( $C_t$ )	$C_t = ((N_t/N_0)^{(1/-3)} - 1)/(0.23 * t)$	2.59	mg/L
Cloro residual para $Q_{max AR}$	Considerando que la relación con el Caudal máximo es 4: $C_t * 4$	10.38	mg/L

Tabla F. 10. Resultados del requerimiento de cloro residual.

Tanque de cloración

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD
Caudal medio ( $Q_{med AR}$ )	0.00121	$m^3/s$
Caudal máximo horario ( $Q_{max AR}$ )	0.00221	$m^3/s$
Tiempo de contacto para $Q_{max AR}$ ( $t_1$ )	20	min
Tiempo de contacto para $Q_{med AR}$ ( $t_2$ )	30	min

Tabla F. 11. Datos para el dimensionamiento del tanque de cloración.

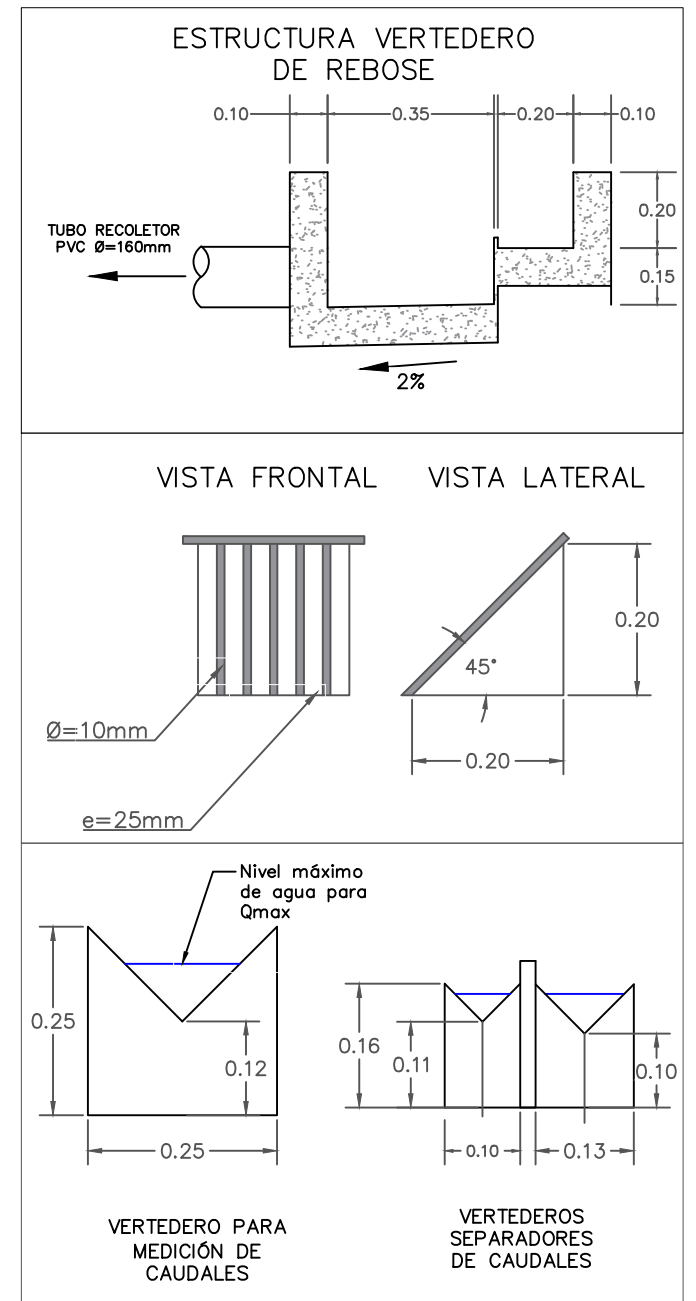
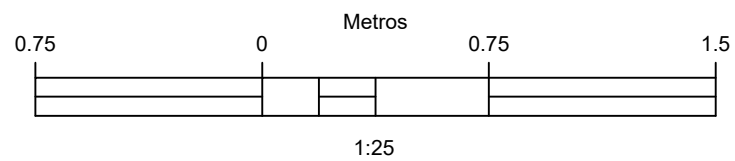
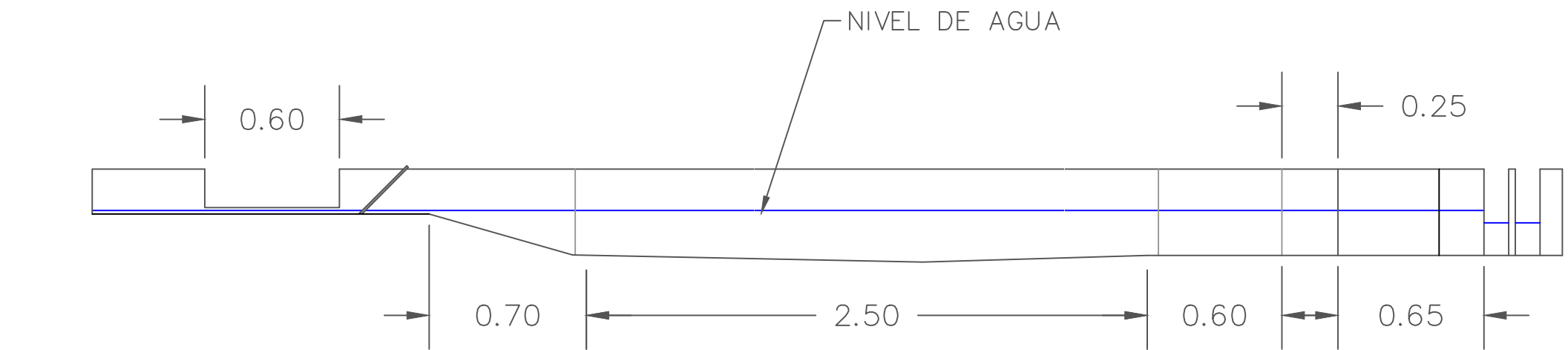
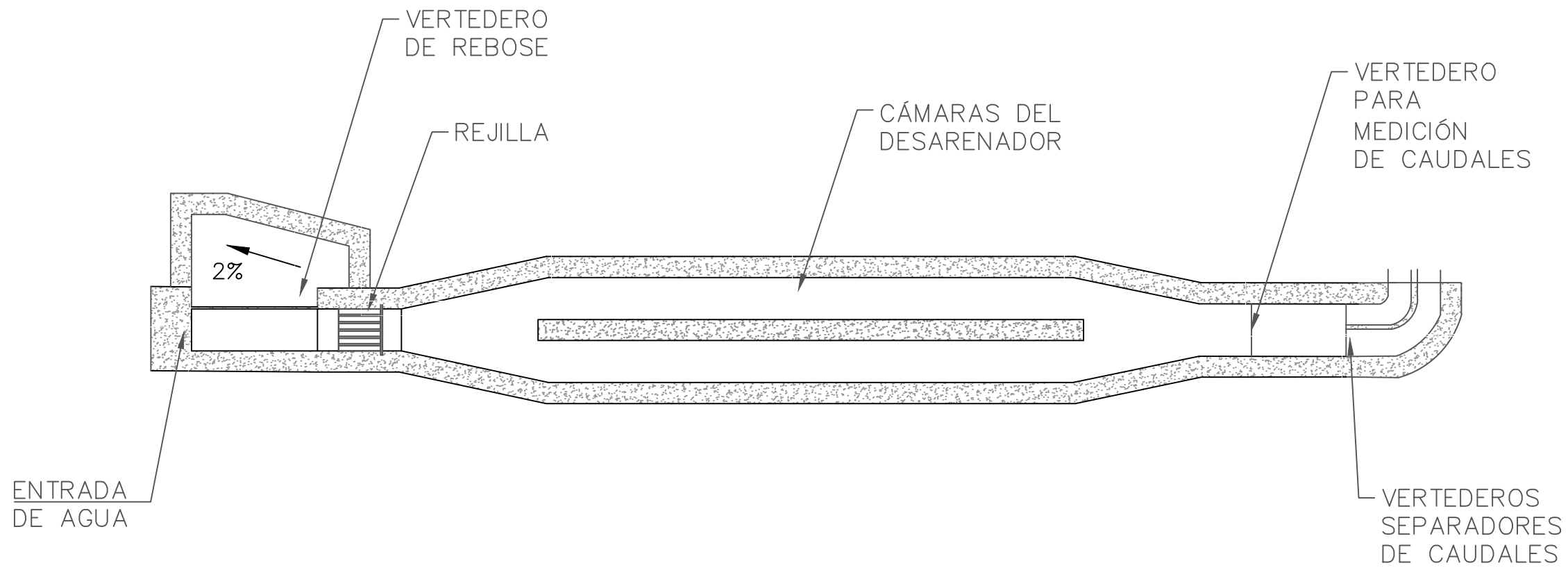


PARÁMETRO	EXPRESIÓN	VALOR	UNIDAD
Volumen requerido para $Q_{max\ AR}$	$Q_{max\ AR} * t_1 * 60$	2.65	$m^3$
Volumen requerido para $Q_{med\ AR}$	$Q_{med\ AR} * t_1 * 60$	2.18	$m^3$
Número de compartimientos	-	4	-
Ancho de cada compartimiento ( $A$ )	-	0.5	m
Ancho total	$A * \text{Número de compartimientos}$	2	m
Altura de Agua ( $B$ )	-	0.25	m
Relación $B/A$	$B/A$	0.5	-
Área transversal	$B * A$	0.125	$m^2$
Longitud requerida ( $L$ )	$\frac{\text{Volumen requerido } Q_{max\ AR}}{\text{Área transversal}}$	21.22	m
Longitud de cada compartimiento	$\frac{L}{\text{Número de compartimientos}}$	5.31	m
Longitud de cada compartimiento final adoptada	-	5.4	m
Relación $L/B$	$L/B$	43.20	-

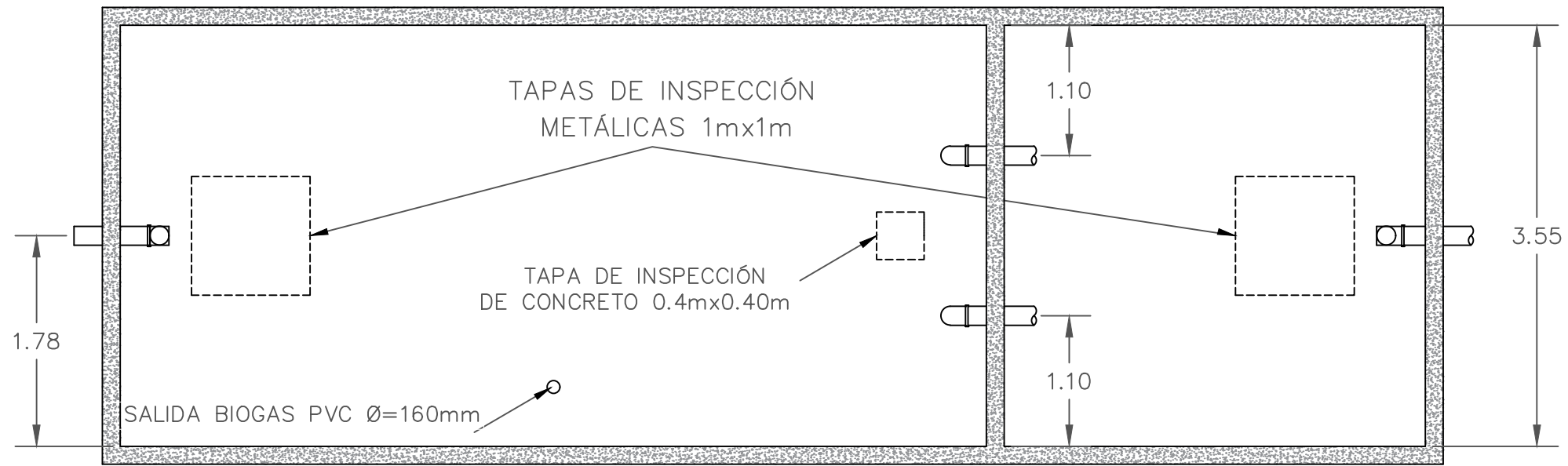
Tabla F. 12. Resultados del dimensionamiento del tanque de cloración.



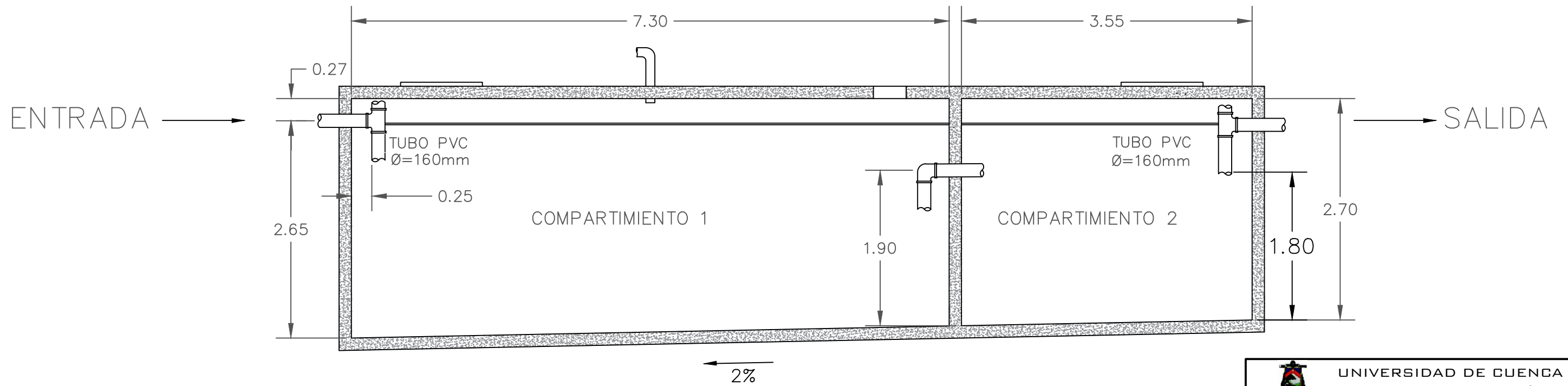
## ANEXO G. Planos propuesta de rediseño final



<b>UNIVERSIDAD DE CUENCA</b> FACULTAD DE INGENIERÍA	
ESCALA: <b>1:25</b>	D.I.S.: DANIEL ANDRÉS TAPIA SISALIMA D.I.S.: PAÚL ESTEBAN PULLA TENEMAZA R.E.V.: ING. ANDRÉS ALVARADO
PROYECTO: <b>TRABAJO DE TITULACIÓN</b> CONTIENE: <b>DISEÑO DEFINITIVO</b> <b>TRATAMIENTO PRELIMINAR</b>	FECHA: CUENCA, OCTUBRE DE 2018 LÁMINA: <div style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; width: 20px; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center; margin-left: auto;">             2/6           </div>





VISTA EN PLANTA

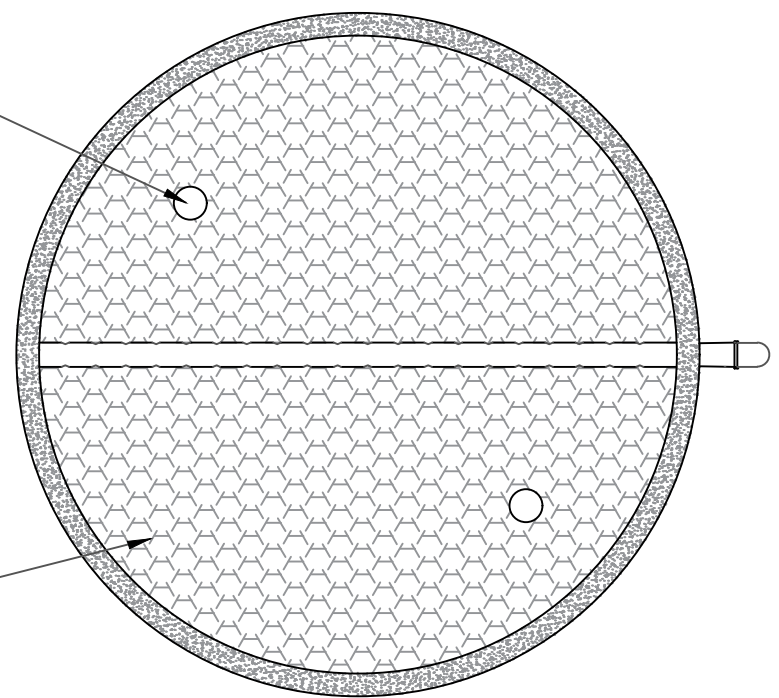


VISTA LATERAL



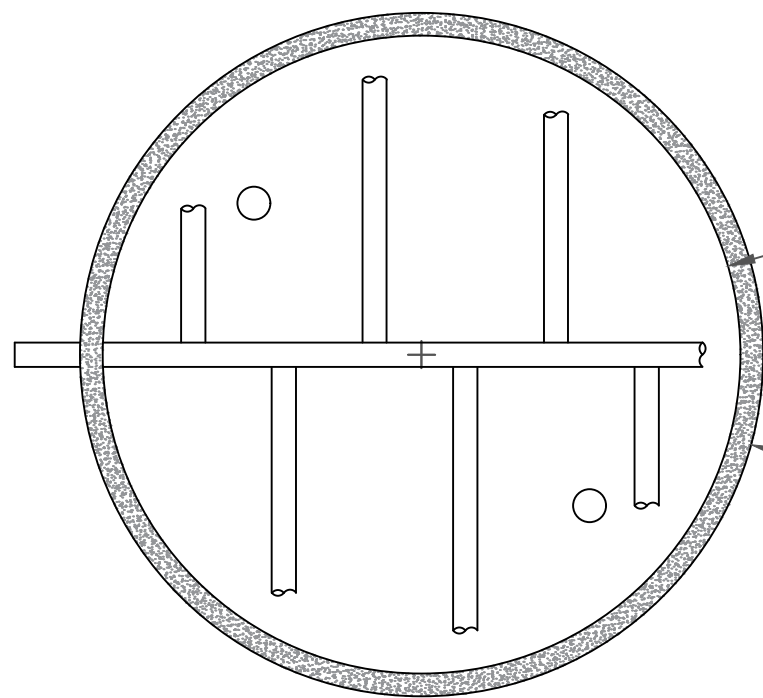
 <b>UNIVERSIDAD DE CUENCA</b> FACULTAD DE INGENIERÍA		
ESCALA: <p style="text-align: center; font-size: 1.2em;">1:50</p>	D.I.S.: DANIEL ANDRÉS TAPIA SISALIMA D.I.S.: PAÚL ESTEBAN PULLA TENEMAZA R.E.V.: ING. ANDRÉS ALVARADO	
PROYECTO: <p style="text-align: center; font-weight: bold;">TRABAJO DE TITULACIÓN</p>		FECHA: CUENCA, OCTUBRE DE 2018
CONTIENE: <p style="text-align: center; font-weight: bold;">DISEÑO DEFINITIVO TANQUE SÉPTICO 2</p>		LÁMINA: <div style="border: 1px solid black; display: inline-block; padding: 2px;">3/6</div>

TUBO PVC Ø=110mm  
SISTEMA DE LIMPIEZA  
DE LODOS



MEDIO DE EMPAQUE

VISTA EN PLANTA  
DE SUPERFICIE



Ø4.22  
SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN  
TUBERPIAS DE DESCARGA  
PVC Ø=160mm  
Ø4.52

VISTA EN PLANTA  
DE FODO

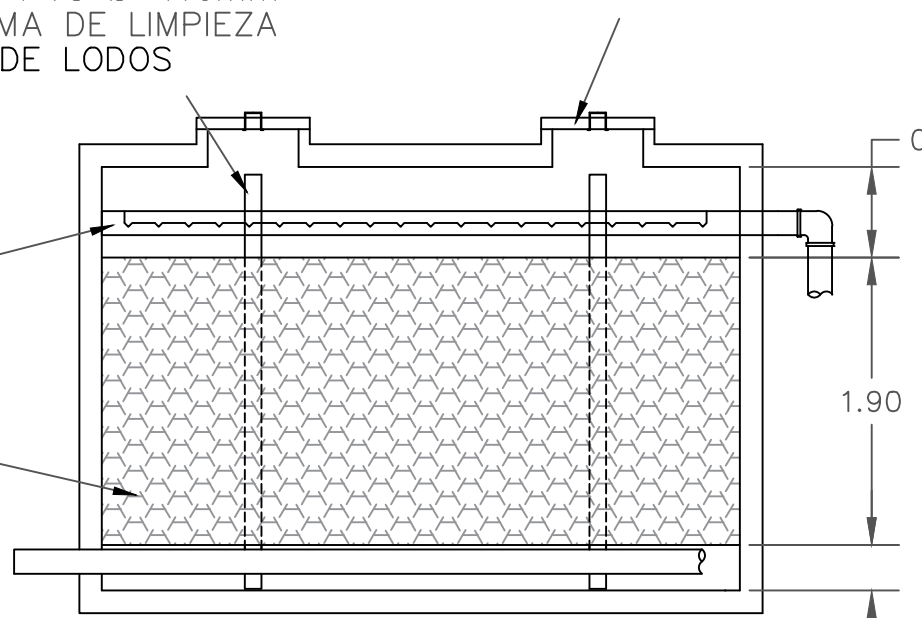
TUBO PVC Ø=110mm  
SISTEMA DE LIMPIEZA  
DE LODOS

TAPA DE CONCRETO

TUBO PVC Ø=160mm  
CORTADO A LA MITAD  
CON VERTEDEROS

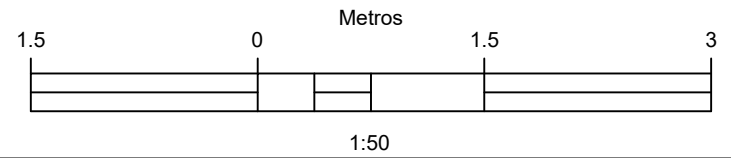
MEDIO DE EMPAQUE



ENTRADA



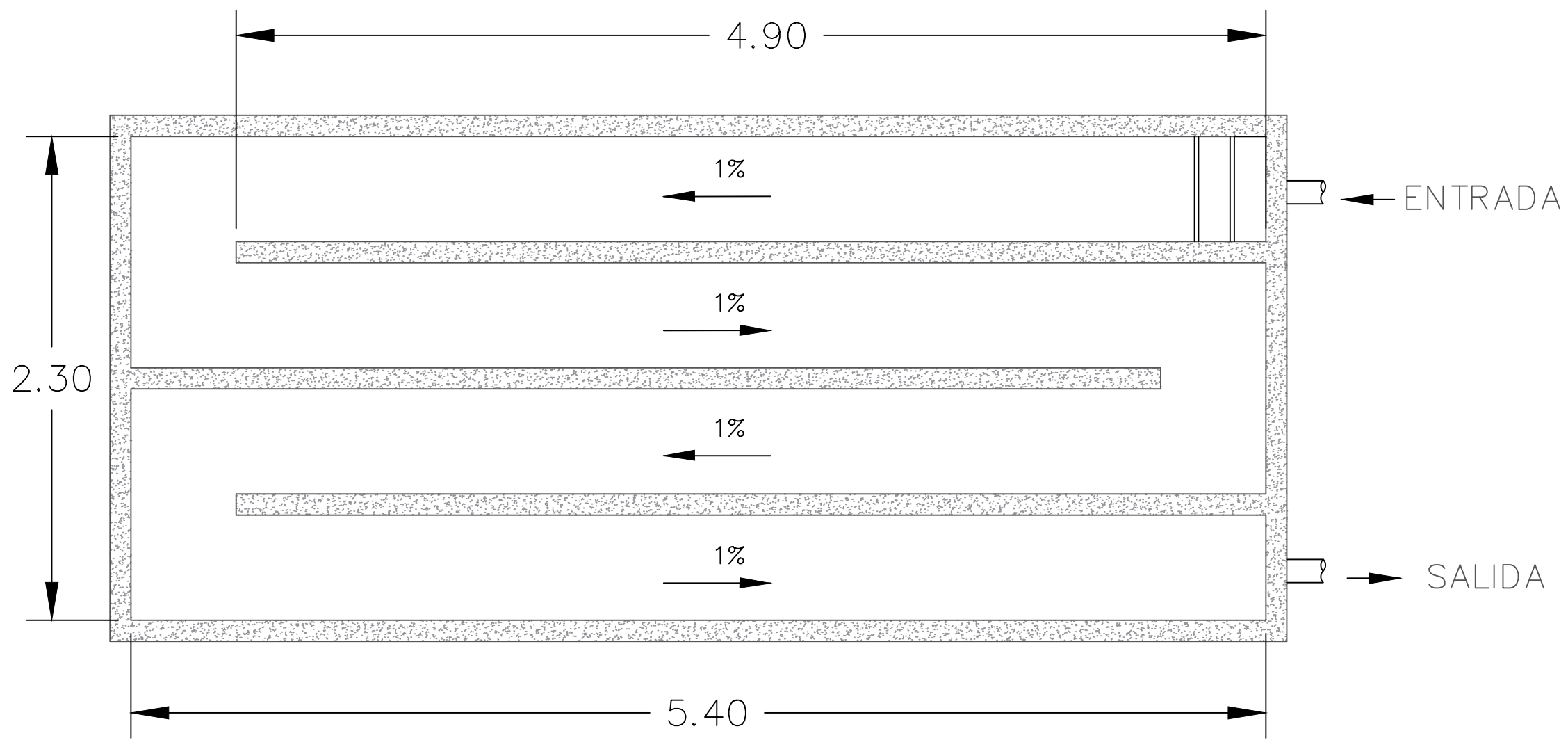
SALIDA

VISTA LATERAL

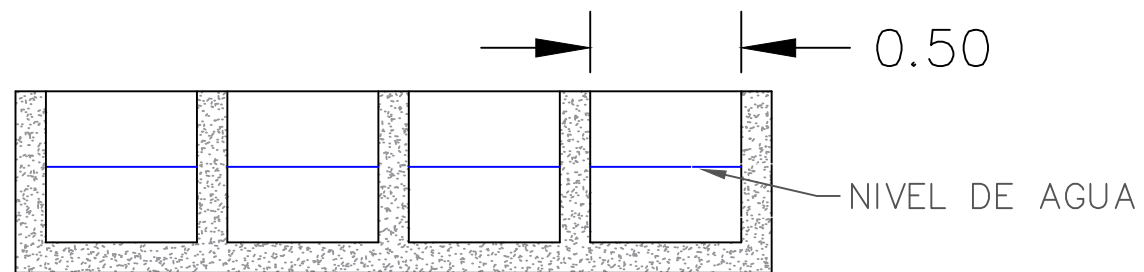
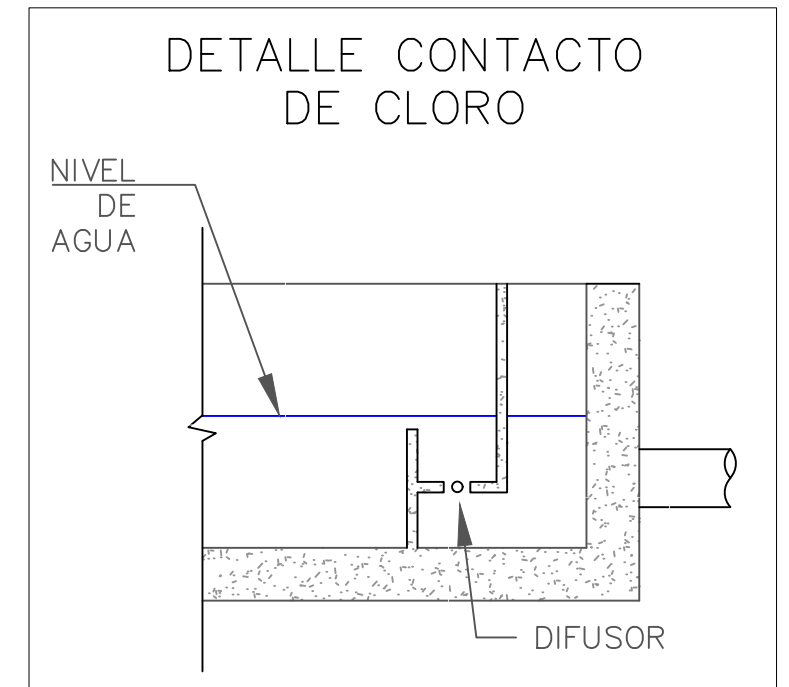


 <b>UNIVERSIDAD DE CUENCA</b> FACULTAD DE INGENIERÍA		
ESCALA: <b>1:50</b>	D.I.S.: DANIEL ANDRÉS TAPIA SISALIMA D.I.S.: PAÚL ESTEBAN PULLA TENEMAZA R.E.V.: ING. ANDRÉS ALVARADO	
PROYECTO: <b>TRABAJO DE TITULACIÓN</b> CONTIENE: <b>DISEÑO DEFINITIVO          FILTRO ANEROBIO</b>		FECHA: CUENCA, OCTUBRE DE 2018  LÁMINA:
		<b>4/6</b>

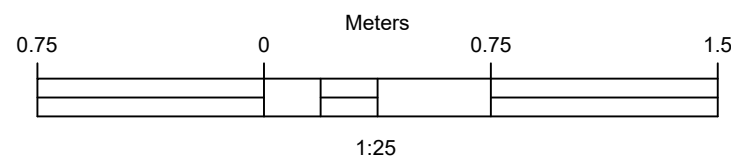






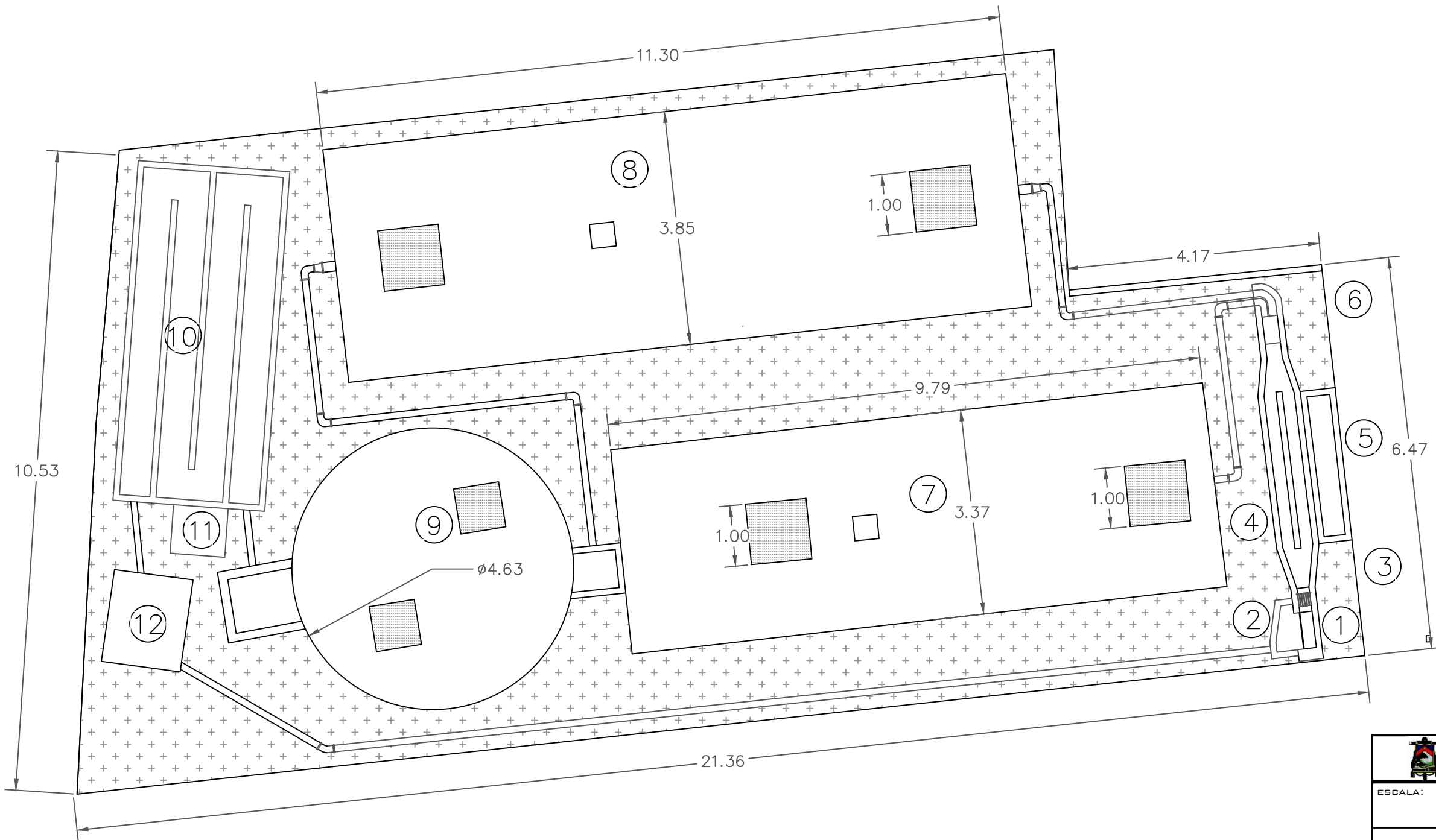
VISTA EN PLANTA



VISTA LATERAL





 <b>UNIVERSIDAD DE CUENCA</b> FACULTAD DE INGENIERÍA		
ESCALA: <p style="text-align: center; font-size: 1.2em;">1:25</p>	D.I.S.: DANIEL ANDRÉS TAPIA SISALIMA D.I.S.: PAÚL ESTEBAN PULLA TENEMAZA R.E.V.: ING. ANDRÉS ALVARADO	
PROYECTO: <b>TRABAJO DE TITULACIÓN</b> CONTIENE: <b>DISEÑO DEFINITIVO</b> <b>TANQUE DE CLORACIÓN</b>	FECHA: CUENCA, OCTUBRE DE 2018  LÁMINA:	
		<b>5/6</b>



## LEYENDA

1. Canal de entrada
2. Vertedero de rebose
3. Rejilla
4. Desarenador
5. Lecho de secado
6. Vertedero aforo y separador de caudales
7. Tanque séptico
8. Tanque séptico 2
9. Filtro anaerobio de flujo ascendente
10. Tanque cloración
11. Caseta de almacenamiento
12. Efluente final



 <b>UNIVERSIDAD DE CUENCA</b> FACULTAD DE INGENIERÍA		
ESCALA: <p style="text-align: center;">1:75</p>	D.I.S.: DANIEL ANDRÉS TAPIA SISALIMA D.I.S.: PAÚL ESTEBAN PULLA TENEMAZA R.E.V.: ING. ANDRÉS ALVARADO	
PROYECTO: <p style="text-align: center;"><b>TRABAJO DE TITULACIÓN</b></p>	FECHA: CUENCA, OCTUBRE DE 2018	
CONTIENE: <p style="text-align: center;"><b>DISEÑO DEFINITIVO</b></p>	LÁMINA:	<b>6/6</b>