

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO



FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS

**“DISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA
EL SUBSISTEMA COSMOPOLITA, CANTÓN BAÑOS - TUNGURAHUA”**

TESIS DE GRADO

Previa la obtención del título de:

INGENIERO EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

Presentado por:

PAMELA LIZBETH CEPEDA BARRENO

RIOBAMBA – ECUADOR

2014

Dedicatoria

Este trabajo va dedicado a mi madre María Dolores Barreno por ser el apoyo incondicional en mi vida y a lo largo de mi carrera universitaria, fortaleciendo día a día mis sueños; y sobre todo a Dios por brindarme la vida para ver cristalizada una de mis metas.

Agradecimiento

A mi familia quienes me han guiado y apoyado en todo momento para poder culminar con éxito este proyecto de tesis.

A mi Director de tesis Dr. Gerardo León quien aportó con sus conocimientos en la ejecución de la tesis, de igual manera a la Ing. Fernanda Rivera colaboradora de la misma.

Agradezco a la Dra. Nancy Veloz y al Dr. Jaime Bejar, quienes hicieron posible que este proyecto siga adelante.

Al Ilustre Municipio del cantón Baños de Agua Santa que por medio del Ing. Vinicio Herrera me facilitaron la información necesaria para desarrollar el presente proyecto.

Agradecer también a mis profesores, compañeros y amigos quienes compartieron junto a mí el transcurso de mis estudios.

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS

El tribunal de Tesis certifica que: el trabajo de investigación “**DISEÑO DEL SUBSISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA EL SUBSISTEMA COSMOPOLITA, CANTÓN BAÑOS – TUNGURAHUA**”, de responsabilidad de la señorita egresada Pamela Lizbeth Cepeda Barreno ha sido prolijamente revisado por los Miembros del Tribunal de tesis, quedando autorizada su presentación.

FIRMA

FECHA

Dr. Silvio Álvarez Luna

**DECANO DE LA FAC.
DE CIENCIAS**

Dra. Nancy Veloz

**DIRECTORA DE LA ESC.
DE CIENCIAS QUÍMICAS**

Dr. Gerardo León

TUTOR DE TESIS

Ing. Fernanda Rivera

ASESOR DE TESIS

Ing. Jorge Tenelanda

**DIRECTOR CENTRO
DE DOCUMENTACIÓN**

Yo, Pamela Lizbeth Cepeda Barreno, soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en esta Tesis; y el patrimonio intelectual de la Tesis de Grado, pertenece a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO.

Pamela Lizbeth Cepeda Barreno

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

°C	Grados Centígrados
DBO₅	Demanda Bioquímica de Oxígeno
DQO	Demanda Química de Oxígeno
pH	Potencial de hidrógeno
A	Área
b	Ancho
H	Alto
L	Longitud
h	Horas
Plg	Pulgadas
m	Metro
m²	Metro cuadrado
cm	Centímetro
mm	Milímetro
m/s	Metro por segundo
mg/L	Miligramo por litro
Kg/m³	Kilogramo por metro cúbico
L/s	Litro por segundo
Kg/L	Kilogramo por litro

Ss	Sólidos suspendidos
PVC	Polivinil cloruro
RAS saneamiento	Reglamento técnico del sector de agua potable y básico
OPS	Organización Panamericana de la Salud
TULAS	Texto Unificado de Legislación Ambiental
ESPOCH	Escuela Superior Politécnica de Chimborazo
INAMHI	Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología
INEC	Instituto Nacional de Estadística y Censos
UTM	Sistema de coordenadas transversal de Mercator.
Ha	Hectárea
hab	Habitantes
UFC/100 ml	Unidades formadores de colonias por 100 mililitros
V	Velocidad
Vol	Volumen

ÍNDICE DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	i
JUSTIFICACIÓN	ii
OBJETIVOS:	iii
GENERAL:	iii
ESPECIFICOS:	iii
CAPÍTULO I	
1. MARCO TEÓRICO	- 1 -
1.1. Aguas residuales.....	- 1 -
1.1.1. Tipos de aguas residuales.....	- 1 -
1.1.2. Composición de aguas residuales.....	- 2 -
1.2 Características de las aguas residuales.....	- 3 -
1.2.1. Características físicas.....	- 3 -
1.2.2. Características químicas	- 7 -
1.2.3. Características biológicas.....	- 9 -
1.3. Muestreo	- 10 -
1.3.1. Tipos de muestreo	- 11 -
1.4. Caudal.....	- 11 -
1.4.1. Medición de caudal.....	- 12 -
1.4.2. Tipos de caudales	- 13 -
1.4.3. Caudal de diseño.....	- 14 -
1.5. Sistema de tratamiento de aguas residuales	- 19 -
1.5.1. Tratamiento preliminar.....	- 19 -

1.5.2. Tratamiento primario	- 25 -
1.5.3. Tratamiento secundario (biológicos).....	- 30 -
1.6. Normativa ambiental	- 43 -

CAPÍTULO II

2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	- 49 -
2.1. Diseño experimental	- 49 -
2.1.1. Localización de la investigación	- 49 -
2.2. Materiales, reactivos y equipos	- 51 -
2.2.1. Medición de caudal	- 51 -
2.2.2. Materiales para el muestreo.....	- 51 -
2.2.3. Materiales de laboratorio.....	- 51 -
2.2.4. Reactivos de laboratorio.....	- 51 -
2.2.5. Equipos de laboratorio	- 52 -
2.3. Metodología	- 52 -
2.3.1. Levantamiento topográfico.....	- 52 -
2.3.2. Medición de caudal	- 53 -
2.3.3. Muestreo del agua residual	- 53 -
2.3.4. Caracterización física, química y microbiológica.....	- 54 -
2.3.5. Proyección demográfica.....	- 55 -
2.3.6. Dimensionamiento de la planta de tratamiento	- 56 -
2.3.7. Elaboración de planos.....	- 57 -
2.3.8. Evaluación de impactos	- 57 -

CAPÍTULO III

3. CÁLCULOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	- 59 -
--	---------------

3.1. Cálculos para el dimensionamiento de la planta de tratamiento	- 59 -
3.1.1. Población de diseño	- 59 -
3.1.2. Caudal de diseño	- 60 -
3.1.3. Caracterización del agua residual	- 63 -
3.1.4. Propuesta de la planta de tratamiento de agua residual para el Subsistema “El Cosmopolita”	- 65 -
3.1.5. Dimensionamiento de la planta de tratamiento	- 68 -
3.2. Cálculo para determinar la remoción de los contaminantes.....	- 88 -
3.2.1. Sedimentador Primario.....	- 89 -
3.2.2. Tanque Imhoff	- 89 -
3.2.3. Filtro anaerobio de flujo ascendente	- 90 -
3.3. Impacto ambiental	- 91 -
3.4. Discusión de resultados	- 95 -
3.4.1. Resultados topográficos.....	- 95 -
3.4.2. Resultados de la medición del caudal	- 96 -
3.4.3. Resultados de la caracterización del agua residual	- 97 -
3.4.4. Resultados del dimensionamiento de la planta	- 98 -
3.6. Cumplimiento de la normativa ambiental	- 108 -
3.7. Presupuesto	- 109 -
3.8. Planos	- 110 -
CAPÍTULO IV	
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	- 111 -
4.1. Conclusiones.....	- 111 -
4.2. Recomendaciones	- 113 -

CAPÍTULO V

RESUMEN - 114 -

SUMARY..... - 115 -

BIBLIOGRAFÍA - 116 -

ANEXOS..... - 121 -

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla I. Factores a tener en cuenta para la caracterización completa de un olor.	-4-
Tabla II. Clasificación de los microorganismos	-10-
Tabla III. Coeficiente de escorrentía e impermeabilidad	-18-
Tabla IV. Criterios de diseño para rejillas.....	-20-
Tabla V. Coeficiente de rugosidad de Manning.....	-21-
Tabla VI. Características de descarga del canal parshall	-23-
Tabla VII. Dimensiones del canal parshall	-24-
Tabla VIII. Criterios de diseño para el sedimentador primario	-26-
Tabla IX. Cargas superficiales para caudales	-28-
Tablas X. Criterios de diseño para el tanque Imhoff parte del sedimentador	-32-
Tablas XI. Criterios de diseño para el tanque Imhoff parte del digestor.....	-32-
Tabla XII. Factor de capacidad relativa según la temperatura	-34-
Tabla XIII. Criterios de diseño para el área de ventilación y cámara de natas....	-34-
Tabla XIV. Criterio de diseño para lechos de secado	-36-
Tabla XV. Tiempo de digestión de los lodos según la temperatura	-38-
Tabla XVI. Criterios de diseño para el FAFA.....	-40-
Tabla XVII. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce	-46-
Tabla XVIII. Metodología utilizada por el laboratorio de análisis técnicos Facultad de Ciencias, ESPOCH	-54-
Tabla XIX. Valoración de la magnitud e importancia de la matriz de Leopold	-57-
Tabla XX. Evaluación de impactos de acuerdo a la metodología de Leopold.....	-58-
Tabla XXI. Censo 2010 de población y vivienda, cantón Baños de Agua Santa	-60-

Tabla XXII. Resultados de análisis de laboratorio del subsistema “Cosmopolita”	-64-
Tabla XXIII. Datos de las medidas del canal parshall	-72-
Tabla. XXIV. Matriz de Leopold.....	-94-
Tabla XXV. Resultados de la medición del caudal.....	-96-
Tabla XXVI. Resultados del cálculo de la población de diseño.....	-99-
Tabla XXVII. Resultados del cálculo del caudal de diseño	-99-
Tabla XXVIII. Resultados del dimensionamiento del canal de entrada	-100-
Tabla XXIX. Resultados del dimensionamiento de las rejillas.....	-101-
Tabla XL. Resultados del dimensionamiento del canal parshall	-102-
Tabla XLI. Resultados del dimensionamiento del sedimentador.....	-103-
Tabla XLII. Resultados del dimensionamiento del tanque imhoff.....	-104-
Tabla XLIII. Resultados del dimensionamiento de los lechos de secado.....	-106-
Tabla XLIV. Resultados del dimensionamiento del FAFA.....	-107-
Tabla. XLV. Comparación de la remoción de contaminantes con el TULAS	-109-
Tabla XLVI. Presupuesto	-109-
Tabla XLVII. Planos de la planta de tratamiento	-110--
Tabla XLVIII. Resultados de la medición del caudal DÍA 1	-122-
Tabla XLIX. Resultados de la medición del caudal DÍA 2	-123-
Tabla L. Resultados de la medición del caudal DÍA 3	-124-
Tabla LI. Resultados de la medición del caudal DÍA 4	-125-
Tabla LII. Resultados de la medición del caudal DÍA 5	-126-
Tabla LII. Descarga Pititig-Cosmopolita (Recorrido "Av. Amazonas").....	-138-
Tabla LIV. Descarga nueva al Cosmopolita (Calle "De los Colonizadores")	-139-

Tabla LV. Barrio Cosmopolita (Calle "Z Montoya")	-139-
Tabla LVI. Barrio Cosmopolita (Calle "Z Montoya" 2)	-140-
Tabla LVII. Barrio Cosmopolita (Calle "Intermedia")	-140-
Tabla LVIII. Descarga Pititig-Cosmopolita: Recorrido camino a San Martín	-141-

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura I. Parte del canal parshall.....	-23-
Figura II. Componentes de un desarenador vista planta	-26-
Figura III. Cámara de sedimentación en el tanque imhoff	-31-
Figura IV. Vista frontal del tanque imhoff	-32-
Figura V. Filtro anaerobio de flujo ascendente	-39-
Figura VI. Punto de descarga.....	-49-
Figura VII. Mapa de la ubicación de la ciudad.....	-50-
Figura VIII. Esquema de la propuesta para la planta de tratamiento de agua residual	-66-
Figura IX. Variación diaria del caudal	-97-
Figura X. Variación del caudal DÍA 1.....	-122-
Figura XI. Variación del caudal DÍA 2.....	-123-
Figura XII. Variación del caudal DÍA 3.....	-124-
Figura XIII. Variación del caudal DÍA 4.....	-125-
Figura XIV. Variación del caudal DÍA 5	-126-

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A: Resultados de la medición del caudal.	-122-
Anexo B: Resultados de la caracterización del agua residual.	-127-
Anexo C: Fotos de la medición del caudal.	-135-
Anexo D: Fotos del muestreo del agua residual en el Subsistema Cosmopolita.....	-136-
Anexo E: Fotos del análisis del suelo.....	-137-
Anexo F: Longitud de la tubería del alcantarillado del subsistema Cosmopolita.	-138-
Anexo G: Manual de operación de la planta de tratamiento de aguas residuales.....	-142-
Anexo H: Cantidad y precios para la implementación de la planta de tratamiento de aguas residuales en el Subsistema “El Cosmopolita”	-147-
Anexo I: Planimetría.....	-151-
Anexo J: Planos.....	-153-

INTRODUCCIÓN

Las aguas residuales son uno de los mayores problemas y causas de contaminación de los sistemas acuáticos, por lo que son necesarios los tratamientos de depuración antes de ser descargadas, evitando así posibles infecciones y la pérdida de estos ecosistemas.

Por tales razones se han implementado estos tratamientos, dando resultados satisfactorios, donde se demuestra la disminución del grado de contaminación en ríos como en otros sistemas, incluso es posible la reutilización de la misma.

El tratamiento de las aguas residuales tanto domésticas como municipales en el Ecuador es muy alarmante debido a que no poseen de alguna tecnología específica para estos tratamientos como tanques biológicos, piscinas de oxidación, pantanos o lagunas artificiales, ni tampoco el correcto manejo de las mismas, a excepción de algunos municipios grandes que cuentan con el financiamiento y el interés de estos procesos.

Mientras que cada ciudad o región se maneja con sus propias necesidades en cuanto a los métodos de tratamiento dependiendo de las características de las aguas residuales, se pueden tomar opciones ya sean estas tradicionales o modernas disponibles al diseñar la planta de tratamiento.

JUSTIFICACIÓN

El río Pastaza es receptor de todas las descargas de aguas residuales provenientes de las provincias de Chimborazo y Tungurahua, provocando olores y enfermedades que ocasionan estos vertidos en la vida diaria de los habitantes y los turistas que hacen uso de estos recursos, por lo que es conveniente manejar adecuadamente las aguas residuales que se generan en el cantón. La investigación constituye un avance importante dentro de la problemática de contaminación del río Pastaza, aplicando nuevos métodos de depuración de aguas residuales que garanticen la calidad del agua una vez tratada.

En la actualidad el cantón no cuenta con un servicio de alcantarillado óptimo y el adecuado tratamiento de los efluentes, el mismo que fue diseñado para cubrir las necesidades de una población significativamente menor a la actual y sin considerar descargas domiciliarias con volúmenes similares a los emitidos por algunos inmuebles actuales, como hoteles y edificios que se han incrementado en este sector, por lo que no se cumple las normas presentes en la legislación, ocasionando el malestar de olores y enfermedades que conlleva este tipo de vertidos a la vida diaria de los habitantes y los turistas que hacen uso de estos recursos.

Es por tal motivo que se ve necesario el diseño de un sistema de tratamiento que contribuya con la colectividad de la ciudad y de esta manera se mejore la calidad de vida tanto para turistas como locales y sobre todo a futuras generaciones.

Contando con el Ilustre Gobierno Municipal del Cantón quien ha tomado la decisión de cubrir las deficiencias antes mencionadas, se implementará plantas de tratamiento que permitan que los efluentes cuenten con niveles reducidos de agentes contaminantes; es la misma razón por la que me ha motivado a contribuir con este proyecto beneficiando a mi ciudad de origen y aumentando los conocimientos en esta área, importante en cuanto al desarrollo de mi carrera.

OBJETIVOS:

GENERAL:

- Diseñar un sistema de tratamiento de aguas residuales para el subsistema “Cosmopolita” del cantón Baños, provincia de Tungurahua.

ESPECIFICOS:

- Determinar el caudal existente de la descarga correspondiente al Subsistema “Cosmopolita”.
- Realizar la caracterización física, química y microbiológica del agua residual del subsistema.
- Dimensionar la planta de tratamiento de aguas residuales con sus correspondientes planos.
- Determinar la eficiencia teórica del sistema de tratamiento diseñado.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO

1.1. Aguas residuales

Son las distintas aguas que desembocan de un sistema de alcantarillado, tomando los desechos domiciliarios y de distintas actividades industriales y comunitarias realizadas por los habitantes de una determinada ciudad o sector, recolectadas y transportadas por una red de conductos específicamente distribuidos para poder llegar a un punto de descarga planificado.

Respecto al origen las aguas residuales están combinadas por líquidos y residuos sólidos que son arrastrados por los conductos del alcantarillado, provenientes de residencias, edificios, empresas, instituciones y en ocasiones residuos industriales y de actividad agrícola, también encontramos infiltraciones de aguas subterráneas, superficiales y de las precipitaciones que de alguna manera llegan al conducto.¹

1.1.1. Tipos de aguas residuales

La composición de los caudales de aguas residuales de una comunidad depende del tipo de sistema de recogida que se emplee, y puede incluir los siguientes componentes:

- **Agua Residual Doméstica:** Originarias de zonas comerciales, residenciales, públicas entre otras.
- **Agua Residual Industrias:** Agua residual en la cual predominan vertidos industriales, poseen características específicas, dependiendo del tipo de industria.

¹ GORDON FAIR, JOHN C. GEYES, Y OTROS. Purificación de aguas, tratamientos y remoción de aguas residuales.

- **Infiltración y aportaciones incontroladas (I/I):** Agua que entra de manera directa o indirecta a la red de alcantarillado. La infiltración se refiere al agua que ingresa al sistema por fallas o defectos en las paredes debido a grietas o fracturas de esta; y las aportaciones incontroladas se debe a las aguas lluvias que son recolectadas en la red de alcantarillado o específicamente en drenajes y tapas de pozos de registros.
- **Aguas Pluviales:** Agua resultante de la esorrentía superficial.²

1.1.2. Composición de aguas residuales

Aguas Blancas

Estas aguas blancas están compuestas por aguas lluvias en gran cantidad e intermitentes dependiendo de las características del sector. También tenemos las aguas que son incorporadas del alcantarillado por aportaciones subterráneas, las cuales en muchos casos no pueden ser controladas o a su vez no se pueden evitar.

Los principales componentes que arrastran este tipo de aguas blancas son: plásticos, papeles, elementos químicos, restos vegetales, grasas, derrames de hidrocarburos, excremento de animales, compuestos agrícolas y en algunos casos encontramos fugas de alcantarillados.

Aguas Grises

Son generadas por actividades de aseo personal o de limpieza, compuestos principalmente por productos que contienen jabones, espumas, detergentes, grasas, aceites entre otros. Hay que tener en cuenta que si bajan los niveles de concentración de oxígenos en estas aguas probablemente podría pasar a formar parte de aguas negras, dificultando el tratamiento y aumentando los riesgos. Por lo que uno de los tratamientos para evitar estos problemas sería aumentar la

² **METCALF Y EDDY.** Ingeniería de Aguas Residuales: Tratamiento, Vertido y Reutilización. Volumen I.

cantidad de oxígeno mediante espacio suficiente para airear lo necesario, al momento de implementar algún tratamiento.

Este tipo de agua al contener alto porcentaje de grasas y materia orgánica en suspensión se ve necesario implementar una trampa de grasas antes de que ingrese a algún tratamiento de depuración, mejorando así la eficiencia.

Aguas Negras

Llamadas también aguas urbanas, resultantes de las aguas antes mencionadas y de la utilización de sanitarios por lo que son altamente peligrosas para los seres vivos por la presencia de microorganismos patógenos, proteínas, bases jabonosas, aceites, grasas, hidrocarburos, restos de vegetales y animales, ácido láctico y acético, sulfatos, fosfatos, nitratos, urea, etc., debido a todos estos compuestos que forman estas aguas es necesario un tratamiento, convenientemente en biorreactores, evitando así la transmisión de enfermedades infecciosas.

1.2 Características de las aguas residuales

Existen características propias de estas aguas que las definen, una de estas son grandes cantidades de distintos sólidos que son arrastrados por los conductos, a su vez se encuentran altas concentraciones de materia orgánica por los usos que presentan y por último encontramos gran variedad de microorganismos patógenos perjudiciales para la salud y bienestar de los seres vivos.

1.2.1. Características físicas

Las principales características físicas presentes en el agua residual las describimos a continuación:

- **Olor**

Este parámetro se genera por la descomposición de sustancias orgánicas en condiciones anaeróbicas o compuestos como el sulfuro de hidrógeno presente en el agua residual, mientras que si esta misma agua se encuentra fresca y en un lugar abierto su olor va a ser inofensivo, pero no dejará de ser perjudicial.³

Caracterización y medida de olores: según Metclaf & Eddy para la medición de este parámetro, sugiere algunos factores independientes como son: el carácter, intensidad, sensación de desagrada y por último la detectabilidad que es el único factor que se ha tomado en cuenta para realizar normativas o regulaciones hoy en día.

Tabla I. Factores a tener en cuenta para la caracterización completa de un olor.

FACTOR	DESCRIPCIÓN
Carácter	Se refiere a asociaciones mentales hechas por el sujeto al percibir el olor. La determinación puede resultar muy subjetiva.
Detectabilidad	El número de diluciones requerido para reducir un olor a su concentración de olor umbral mínimo detectable (CUOMD).
Sensación	La sensación de agrado o desagrado relativo del olor sentido por un sujeto
Intensidad	La fuerza en la percepción de olor; se suele medir con el olfatómetro de butanol o se calcula según el número de diluciones hasta el umbral de detección cuando la relación es conocida.

Fuente: Metclaf & Eddy., Ingeniería de Aguas Residuales., Pp 66.

³ GORDON FAIR, JOHN C. GEYES, Y OTROS. Purificación de aguas, tratamientos y remoción de aguas residuales.

Los diferentes olores se miden mediante métodos sensoriales los más comunes y cuando se requiere determinar un olor específico se utilizan métodos instrumentales.

- **Sólidos totales**

Se define a la materia resultante del agua en análisis luego de haber pasado por un proceso básico de evaporación, en temperaturas entre 103 y 105°C, un dato importante es que no se toma en cuenta la materia que se pierde en la evaporación como un sólido.

- **Sólidos sedimentables**

Este tipo de sólidos son los que los encontramos sedimentados en el fondo del recipiente, en este caso se utiliza uno en forma cónica en un tiempo de 60 minutos para dejar sedimentarlos, es así que la cantidad que se mide en el fondo es de sólidos sedimentables expresados en mg/L.⁴

- **Temperatura**

La temperatura por lo general en aguas residuales es elevada esto se debe a las distintas actividades que se realizan en industrias o a su vez en los domicilios, esto en comparación con el agua de suministro que mantiene su temperatura ambiente.

Este parámetro es muy importante ya que influye directamente en el desarrollo y sobrevivencia de los seres existentes en estos sistemas, a su vez interviene en las reacciones químicas y su velocidad para producirlas, sobretodo en la aptitud de estas aguas para ciertos usos ya que el oxígeno es menos soluble a temperaturas calientes.

⁴ METCALF Y EDDY. Ingeniería de Aguas Residuales: Tratamiento, Vertido y Reutilización. Volumen I.

- **Densidad**

Esta característica en el agua residual nos indica la posible formación de fangos sedimentados por las corrientes de densidad que se dan al aumentar este valor ya sea por residuos industriales desechados o por otras actividades realizadas, mientras que si este se encuentra normal su valor será el mismo a igual temperatura. Es expresado en Kg/m^3 .⁵

- **Color**

En las aguas residuales el color se puede dar por varios factores en especial por los sólidos suspendidos, coloides, y algunas sustancias que se encuentran en solución, mediante este parámetro se puede estimar la condición que presenta esta agua en forma general. Existen colores referentes que muestran algunas condiciones como el color café claro característico de aguas descargadas más de 6 horas, también se puede identificar al color gris como aguas que están descomponiéndose o que han permanecido estancadas por un tiempo corto, otro color característico es el color negro o gris oscuro que se podría decir que son peligrosas para la salud ya que generalmente son aguas sépticas que mantienen un cierto tiempo en descomposición bacterial en condiciones anaerobias. La presencia de sulfuros como el sulfuro ferroso presente en estas aguas es el causante de oscurecerlas.⁶

- **Turbiedad**

Empleada como indicador de la calidad de todo tipo de aguas ya sean estas naturales o vertidas, tiene relación directa con la presencia de materia coloidal y residuos en suspensión. Su medición se la realiza al comparar la intensidad de la luz que se dispersa en la muestra y una muestra referenciada en condiciones similares, utilizando un turbidímetro.

⁵ METCALF Y EDDY. Ingeniería de Aguas Residuales: Tratamiento, Vertido y Reutilización. Volumen I.

⁶ TRATAMIENTO DE EFLUENTES-CARACTERÍSTICAS

1.2.2. Características químicas

Es importante mencionar los constituyentes químicos que poseen las aguas residuales, en este caso se clasifican en inorgánicos como elementos de la tabla periódica que se encuentran en forma individual (cromo, calcio, hierro, plomo, entre otros.) y los orgánicos los cuales encontramos una amplia variedad de compuestos provenientes de la materia orgánica presente en el agua residual (nitratos, fosfatos, sulfatos, etc.)⁷

- **Materia inorgánica**

Las sustancias inorgánicas que se encuentran presentes en el agua son en su mayoría por el contacto que esta tiene con los diferentes componentes geológicos como rocas y minerales al disolverse por el permanente roce, llegando a formar parte o contaminando el agua con estos elementos.

Debido a que estos componentes forman parte del agua se altera la calidad y dificulta el uso de la misma en muchos casos afecta la salud humana, por lo que es necesario tomar en cuenta estos componentes al momento de realizar la caracterización, especificando cuales pueden encontrarse debido a las actividades que se realizan a sus alrededores.⁸

- **pH**

Significa potencial de hidrogeno el cual nos ayuda a identificar el intervalo en el que se encuentra el agua para poder ser el medio de desarrollo y proliferación de especies biológicas, cuando se encuentran valores fuera del límites es muy complicado realizar tratamientos biológicos, por lo que es importante realizar un seguimiento de esta característica para no tener inconvenientes al momento de tratarlas. Se lo mide mediante un pHmetro tanto para estados líquidos como acuosos o también se puede emplear papeles que cambian de color para determinar el valor o soluciones indicadores.⁸

⁷ PROTOCOLO, TOMA Y PRESERVACIÓN DE LA MUESTRA. 1997.

⁸ METCALF Y EDDY. Ingeniería de Aguas Residuales: Tratamiento, Vertido y Reutilización. Volumen I.

- **Oxígeno disuelto**

Es un parámetro importante pues nos muestra la cantidad de oxígeno disuelto presente en el agua, necesario para la respiración y sobrevivencia de los microorganismos y otros seres. Sin embargo, este elemento es ligeramente soluble en el agua por lo que tiene ciertas condiciones para mantenerse como es la presión y solubilidad del gas como a su vez, la pureza, temperatura, salinidad y solidos presentes en el agua. Un dato importante es la temperatura que se encuentra presente en el agua debido a que los niveles de oxígeno son críticos a altas temperaturas, ocasionadas por el clima o por reacciones bioquímicas típicas en estas aguas.⁹

- **Materia orgánica**

Según Metclaf & Eddy la materia orgánica está conformada principalmente por proteínas (40 – 60%) seguido por los carbohidratos (25 – 50%) y por último grasas y aceites en un 10 % dependiendo de los compuestos que se encuentran presentes, también pueden combinarse con otros elementos como el azufre, hierro, fósforo en determinados casos y obligatoriamente por carbono, oxígeno y nitrógeno. Estas aguas residuales en su mayoría contienen urea proveniente de la orina, no obstante los niveles disminuyen por la velocidad y la descomposición que se da a lo largo del recorrido por los conductos.

Para realizar la medición de esta característica se toma en cuenta parámetros como la DBO₅ (Demanda bioquímica de oxígeno) y la DQO (Demanda química de oxígeno).

- **Demanda Bioquímica de Oxígeno**

Es la cantidad de oxígeno necesario que utilizan los microorganismos para la oxidación bioquímica de las diversas sustancias orgánicas, de tal manera que mide la concentración de oxígeno disuelto luego de 5 días y 20° C de temperatura.

⁹ PROTOCOLO, TOMA Y PRESERVACIÓN DE LA MUESTRA. 1997.

Este parámetro depende de la materia existente utilizada como alimento biológico y la concentración de oxígeno que toman los microorganismos para realizar la oxidación.¹⁰

- **Demanda Química de Oxígeno**

Es la cantidad de oxígeno necesaria para la oxidación química o destrucción de la materia orgánica, medida mediante la concentración del mismo encontrándose presente tanto en las aguas residuales como naturales.¹¹

Para su determinación se emplea un agente químico (dicromato potásico) quien favorece siendo un oxidante en medio ácido para estimar un equivalente de oxígeno de la materia orgánica que puede oxidarse, para facilitar la reacción es preciso utilizar un catalizador (sulfato de plata) y realizarse a elevadas temperaturas.

La DQO de las aguas residuales suelen ser mayor que la DBO₅, debido a la mayor cantidad de compuestos químicos cuya oxidación se presenta frente a la oxidación biológica.

1.2.3. Características biológicas

Mediante estas características se puede controlar algunas enfermedades causadas por microorganismos patógenos específicamente diferenciados, de la misma manera verificar microorganismos que intervienen en la descomposición y estabilidad de la materia orgánica que el agua residual puede contener.

En las aguas residuales existen principales grupos de microorganismos entre ellos tenemos a eucariotas, bacterias y arqueobacterias descritas en la siguiente tabla:

¹⁰ PERÚ. ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE SALUD. Tratamiento aguas residuales.

¹¹ CRITES R. TCHOBANOGLOUS., G. Tratamientos de Aguas Residuales en Pequeñas Poblaciones.

Tabla II. Clasificación de los microorganismos

GRUPO	ESTRUCTURA CELULAR	CARACTERIZACIÓN	MIEMBROS REPRESENTATIVOS
Eucariotas	Eucariota(a)	Multicelular con gran diferenciación de las células y el tejido. Unicelular, con escasa o nula diferenciación de tejidos.	Plantas (plantas de semilla, musgos y helechos). Animales (vertebrados e invertebrados). Protistas (algas, hongos y protozoos).
Bacterias	Procariota(b)	Química celular parecida a las eucariotas.	La mayoría de las bacterias
Arqueobacterias	Procariota(b)	Química celular distintiva.	Metanógenos, halófitos, termoacidófilos.

Fuente: Metclaf & Eddy., Ingeniería de Aguas Residuales., Pp 103.

1.3. Muestreo

Las técnicas de muestreo en aguas residuales deben asegurar la obtención de una muestra representativa, ya que de los resultados que se deriven de la muestra nos indicaran la base para el procedimiento de las instalaciones del sistema de tratamiento, ya que no existen procedimientos universales de muestreo; las técnicas de muestreo deben diseñarse de acuerdo a la situación en la que se encuentre.

Si existe una gran variación de los resultados obtenidos en la caracterización es necesario emplear procedimientos especiales. Esto implica seleccionar adecuadamente los puntos de muestreo y determinar el tipo y frecuencia de muestra a tomar.

El grado de variación del caudal condiciona los intervalos de tiempo con que se va a tomar la muestra, en su mayoría deben ser tiempos suficientemente cortos como para encontrar la máxima representatividad.¹²

1.3.1. Tipos de muestreo

- **Muestra Simple, Puntual o Instantánea.**

Este tipo se da cuando la muestra se la recolecta en un lugar específico y en un tipo determinado y corto es decir en minutos o segundos dependiendo del volumen; con esto se ve representada solamente la composición del agua en ese tiempo y espacio específico, en caso de conocer con anterioridad las características que posee y estas ser constantes se podría representar en distintos tiempos sin que existan gradientes de concentración espaciales.

- **Muestra Compuesta**

Las muestras compuestas son un conjunto de varias muestras puntuales que son recolectadas en su lugar de origen pero varían los tiempos, sin tomar en cuenta el volumen o caudal que esta descarga tenga.

- **Muestra Integrada**

Consiste principalmente en analizar muestras instantáneas en puntos de muestreo distintitos o tan cerca como sea posible pero a su vez simultáneamente, estas muestras parciales se mezclan proporcionalmente a los caudales que se han medido en el momento de tomar la muestra.

1.4. Caudal

Es la cantidad o volumen de cualquier tipo de fluido que recorre un tiempo y sitio determinado.

¹² METCALF Y EDDY. Ingeniería de Aguas Residuales: Tratamiento, Vertido y Reutilización. Volumen I.

1.4.1. Medición de caudal

En procesos de tratamiento de cualquier tipo de agua, ya sea residual, industrial, como domesticas es de gran importancia la medición del caudal para mantener un registro de los datos y así controlar la operación de los distintos sistemas de tratamiento. Para esto es necesario implementar dispositivos que midan este valor tanto a la entrada como a la salida, estos no tienen costos altos facilitando la utilización.¹³

Los principales vertederos que tenemos son los de tipo Parshall como proporcionales y venturi como rectangulares y triangulares; este último posee una escotadura con un ángulo de 90°, excelente para caudales pequeños.¹⁴

Método volumétrico

La forma más sencilla de calcular los caudales pequeños es por medición directa del tiempo que tarde en llenar un recipiente, conociendo el volumen del mismo. Para los caudales de más de 4 L/s, es adecuado un recipiente de 10 litros de capacidad que se llenará en 2½ segundos. Para caudales mayores se puede utilizar un recipiente de 200 litros correspondiente a corrientes de hasta 50 L/s. El tiempo que demora en llenarse el recipiente se lo debe hacer con la mayor precisión cuando sea en segundos, o varias repeticiones para evitar errores al momento de medir; otra manera de realizar la medición es por la trayectoria que toma el caudal en las tuberías parcialmente llenas tanto verticales como horizontales, aclarando que los resultados tienen una confiabilidad menor.¹⁵

El caudal es calculado mediante la siguiente fórmula, previo se obtengan los datos antes mencionados.

$$Q = \frac{Vol}{t}$$

Ecuación 1

¹³ PERÚ. ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE SALUD., Guía para el diseño de desarenadores y sedimentadores.

¹⁴ RESIDUOS ORGÁNICOS EN AGUAS RESIDUALES.

¹⁵ MÉTODOS VOLUMÉTRICOS.

Donde:

Q = Caudal (m³/s)

Vol = Volumen (m³)

t = tiempo (s)

Método velocidad/superficie

Como este método mismo lo dice es necesario conocer la velocidad y la superficie por donde recorre el fluido, para reemplazarlos en la siguiente ecuación:

$$Q = A \times V$$

Ecuación 2

Donde:

Q = Caudal (m³/s)

A = Área (m²)

V = Velocidad (m/s)

Al final de esta ecuación el dato queda expresado en m³/s o también se lo pueden transformar en (L/s), para valores menores.

1.4.2. Tipos de caudales

Caudal promedio diario.- El caudal promedio que ocurre durante un periodo de 24 horas, basado en la información del caudal total del año. Los caudales medios se emplean para la determinación de la capacidad de una planta de tratamiento y para obtener los caudales de diseño.

Caudal máximo diario.- El caudal máximo que ocurre durante un periodo de 24 horas, obtenido a partir de los datos anuales de explotación. Es de especial interés en el proyecto de elementos que contemplen un cierto tiempo de retención, como puede ser el caso de taques de homogenización o de cloración.

Caudal pico horario.- Es de interés para el diseño de colectores, bombas y medidores para aguas residuales, tanques de sedimentación y cloración y para los canales de sistemas de tratamiento de cualquier tipo. Este caudal es el flujo pico que se da en 24 horas, tomando en cuenta datos del caudal total en un año.

Caudal mínimo diario.- El caudal mínimo ocurre durante un periodo de 24 horas, basándose en datos anuales del caudal. Se utiliza para detectar posibles defectos en los procesos también en el dimensionamiento de los caudalímetros en especial los que controlan la adición de reactivos.

Caudal mínimo horario.- Este caudal es importante al momento de diseñar conductos donde exista una posible sedimentación por la circulación de pequeños caudales.¹⁶

1.4.3. Caudal de diseño

Es el primer parámetro en el dimensionamiento y el más importante ya que en este se basan todos los tratamientos a implementar.

Está formado por la suma de distintos caudales, los cuales se describen más adelante.

$$Q_d = Q_{ard} + Q_{inf} + Q_{ce} + Q_p$$

Ecuación 3

¹⁶ METCALF Y EDDY. Ingeniería de Aguas Residuales: Tratamiento, Vertido y Reutilización. Volumen I.,

- **Caudal de aguas residuales domésticas**

Es el punto de partida para el cálculo del caudal de aguas residuales domésticas, se define como la contribución durante un día, obtenida durante un año de registros.

Se determina en base a la siguiente expresión:

$$Q_{ard} = P_f \times D \times C$$

Ecuación 4

Donde:

Qard = Caudal de aguas residuales domésticas

Pf = Población futura

D = Dotación

C = Coeficiente de retorno, cte.

- **Caudal máximo futuro**

Se determina obteniendo el producto entre el caudal de aguas residuales domésticas y el coeficiente de mayoración o también llamado de flujo máximo.

Coeficiente de mayoración

Este factor de mayoración es lo contrario al número de habitantes que hacen uso o se sirven de este sistema, es decir toma en cuenta cada variación que se da en el consumo de agua de los habitantes. El coeficiente de mayoración tendrá un valor mayor al inicio de cada tramo del conducto, a medida que este avanza va disminuyendo.¹⁷

¹⁷ **COLOMBIA.** Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico. Tratamiento de Aguas Residuales.

$$Q_{\max f} = M \times Q_p$$

Ecuación 5

Donde:

Q_{maxf} = Caudal máximo futuro

Q_p = Caudal proyectado

M = Factor de mayoración de Babitt

Se ha escogido el Factor de Mayoración de Babitt debido a que es válida para poblaciones de 1 000 a 1 000 000 habitantes por lo que se ajusta al diseño.

$$M = \frac{5}{P^{0.2}}$$

Ecuación 6

Donde:

P = Población actual

5 = cte.

0.2 = cte.

- **Caudal de infiltración**

Es producido por la entrada del agua que se encuentra por debajo del nivel freático del suelo y subsuperficiales a través de las uniones entre tramos de tuberías, de fisuras en el tubo y en la unión con las estructuras de conexión como los pozos de inspección.

Representada por la siguiente expresión:

$$Q_{inf} = 0.0001 \times L$$

Ecuación 7

Donde:

Qinf = Caudal de infiltración

0.0001 = cte.

L = Longitud de la tubería

- **Caudal de conexiones erradas**

El aporte por conexiones erradas en un alcantarillado, proviene en especial de las conexiones equivocadas que se hacen de las aguas lluvias domiciliarias y de conexiones clandestinas, evitando así que en años posteriores existan inconvenientes en el funcionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales. Lo encontramos mediante la siguiente fórmula:

$$Q_{ce} = (Q_{maxf} + Q_{inf}) \times 10\%$$

Ecuación 8

Dónde:

Qce = Caudal de conexiones erradas

Qmaxf = Caudal máximo futuro

Qinf = Caudal de infiltración

- **Caudal pluvial.**

Este caudal es proveniente de las aguas lluvias, recolectadas mediante un sistema de alcantarillado que contiene sumideros ubicados correctamente en varios sectores.

Es calculado con la aplicación de la siguiente fórmula:

$$Q_p = 2,78 * C * I * A$$

Ecuación 9

Donde:

Qp = Caudal de aguas lluvias en L/s.

2,78 = Factor para transformar de mm/h a L/s.

C = Coeficiente de escurrimiento.

I = Intensidad de lluvia en mm/h. para un período de retorno de 25 años.

A = Área drenada en hectáreas.

El coeficiente de escurrimiento está en función de varios parámetros; como densidades poblacionales; tipo de viviendas; tipo de zonas comercial, doméstica o industrial, tipo de superficie, etc.

Tabla III. Coeficiente de escorrentia e impermeabilidad

TIPO DE SUPERFICIE	C
Cubiertas	0,75 - 0,95
Pavimentos asfálticos y superficies de concreto	0,70 - 0,95
Vías adoquinadas	0,70 - 0,85
Residencial, con casas contiguas, predominio de zonas duras	0,75
Zonas comerciales o industriales	0,60 - 0,95
Residencial multifamiliar, con bloques contiguos y zonas duras entre éstos	0,60 - 0,75
Residencial unifamiliar, con casas contiguas y predominio de jardines	0,40 - 0,60
Residencial, con casas rodeadas de jardines o multifamiliares apreciablemente separados	0,45
Residencial, con predominio de zonas verdes y parques-cementerios	0,30
Laderas sin vegetación	0,60
Laderas con vegetación	0,30

Parques recreacionales	0,20 - 0,35
------------------------	-------------

Fuente: Norma RAS 2000., Título D., Literal 4.3.6.

1.5. Sistema de tratamiento de aguas residuales

El sistema de tratamiento de aguas residuales tiene la función de mejorar la calidad de los recursos hídricos mediante la incrementación de procesos, físicos, químicos y biológicos, dependiendo de las características del agua residual a tratar, es por tal razón que se llega a implementar los siguientes tratamientos, esperando la reducción de la contaminación a los ríos más cercanos.

1.5.1. Tratamiento preliminar

Este tratamiento posee una serie de operaciones físicas las cuales tienen el objetivo de acondicionar algunas características menores para que posteriormente no causen problemas al operar ni exista una eficiencia baja en el tratamiento. Uno de los principales usos que tiene es la de remover desechos de tamaño visible es decir sólidos gruesos, gravilla, restos vegetales, plásticos, etc.

1.5.1.1. CANAL DE ENTRADA

Mediante este canal se conectan las tuberías de ingreso a la planta de tratamiento, se lo diseña utilizando las siguientes ecuaciones.

$$A = \frac{Q}{V}$$

Ecuación 10

Reemplazamos en:

$$A = b \times H$$

Ecuación 11

Donde:

Q = Caudal (m^3/s)

A = Área (m)

V = Velocidad

b = Ancho (m)

H = Alto (m)

1.5.1.2. REJILLAS

Cuando las aguas residuales ingresan a la planta de tratamiento es importante retener los sólidos gruesos que estas transportan, para ello se coloca una rejilla, la cual nos ayuda a evitar posteriores inconvenientes en el proceso de descontaminación.

Criterios de diseño

Tabla IV. Criterios de diseño para rejillas.

CARACTERÍSTICA	VALOR
Inclinación de las rejillas	70° a 80° con respecto a la horizontal
Separación libre entre barras:	
• Finas	(< 1,5 cm)
• Medias	(1,5 - 5,0 cm)
• Gruesas	(> 5,0 cm)

Fuente: Norma RAS 2000., Título B., Literal 4.4.5.1.

Dimensionado

Para el dimensionamiento de las rejillas se utilizan las siguientes ecuaciones:

Velocidad de aproximación a las rejillas

La ecuación de Manning nos ayuda a verificar que la velocidad se encuentre dentro de los valores dados, evitando estancamientos y el paso de los residuos entre las varillas, tomando en cuenta el coeficiente de rugosidad dependiendo del material que se escoja.

Tabla V. Coeficiente de rugosidad de Manning.

MATERIAL	VALOR (n)
PVC, acero sin recubrimiento	0.011
De ladrillo	0.016
Mampostería de piedra	0.018
De acero corrugado	0.026
Túnel en roca sin Revestir	0.033

Fuente: Software de Ingeniería Hidráulica., 5^{ta} edición., Haested Methods

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} j^{1/2}$$

Ecuación 12

Donde:

V = Velocidad (m/s)

1 = cte.

n = Rugosidad del material

j = Pendiente (%)

R = Radio hidráulico =

$$R = \frac{A}{P} = \frac{b \times h}{2h + b}$$

Ecuación 13

Longitud de las rejillas

Mediante la siguiente ecuación trigonométrica se obtiene este valor.

$$\sin 70^\circ = \frac{H}{L}$$

Ecuación 14

$$L = \frac{H}{\sin 70^\circ}$$

Ecuación 15

Donde:

L = Longitud de las rejillas (m)

H = Altura total del canal (m)

sen 70° = Ángulo de inclinación

Número de barrotes

$$B = \frac{b}{e + s}$$

Ecuación 16

Donde:

B = Número de barrotes

b = Ancho del canal (m)

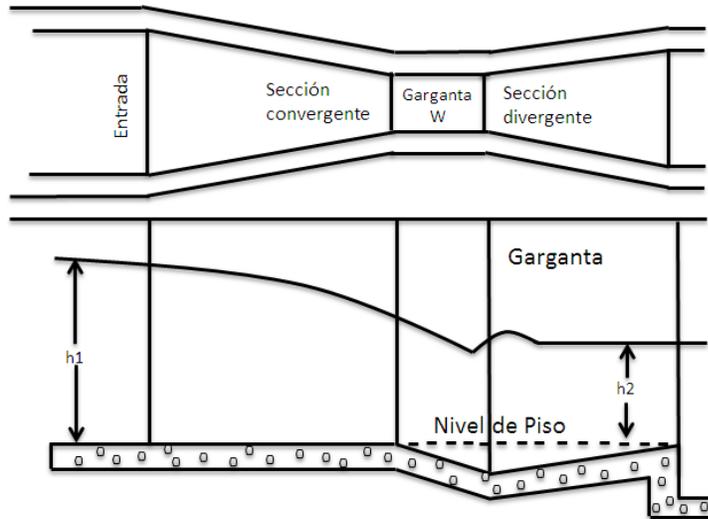
e = Ancho de la varilla (m)

s = Espacio entre varillas (m)

1.5.1.3. CANAL PARSHALL

Sirve como medidor y regulador del caudal que ingresa a la planta de tratamiento, consta principalmente de tres partes, las cuales son: la entrada principal, la garganta (W) que constituye la parte más angosta y la salida del canal.

Figura I. Parte del canal parshall



Fuente: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua y Coordinación Nacional del Agua.

Dimensionado

Primero se determina el ancho de la garganta de la canaleta mediante la siguiente tabla, tomando en cuenta el caudal de diseño.

Tabla VI. Características de descarga del canal parshall

ANCHO DE LA GARGANTA W en mm	INTERVALO DE DESCARGA		ECUACIÓN DEL GASTO Q (m^3/s) H_o (m)
	Mínimo Q (L/s)	Máximo Q (L/s)	

76.2	0.77	32.1	$Q = 0.177 H_o^{1.55}$
152.4	1.50	111.1	$Q = 0.3812 H_o^{1.58}$
228.6	2.50	251.0	$Q = 0.5354 H_o^{1.53}$
304.8	3.32	457.0	$Q = 0.6909 H_o^{1.52}$
457.2	4.80	695.0	$Q = 1.0560 H_o^{1.538}$
609.6	12.10	937.0	$Q = 1.4280 H_o^{1.55}$
914.4	17.60	1427.0	$Q = 2.1840 H_o^{1.566}$
1219.2	35.80	1923.0	$Q = 2.9530 H_o^{1.578}$
1524.0	44.10	2424.0	$Q = 3.7320 H_o^{1.587}$

Fuente: Ackers., Geometría de los canales parshall.

Luego de determinar la garganta nos guiamos en la tabla de dimensiones de la canaleta Parshall propuesta por el Manual de Hidráulica de Acevedo Neto y Acosta Álvarez.

Tabla VII. Dimensiones del canal parshall

W	A	B	C	D	E	L	G	K	M	N	P	X	Y
Dimensiones en mm													
76.2	467	457	178	259	457	152	305	25		57	-	38	-
152.4	621	610	394	397	610	305	610	76	605	114	902	51	76
228.6	587	864	381	575	762	305	457	76	305	114	1080	51	76
304.8	1372	1343	610	845	914	610	914	76	381	229	1492	51	76
457.2	1448	1419	762	1026	914	610	914	76	381	229	1676	51	76
609.6	1524	1495	914	1206	914	610	914	76	381	229	1854	51	76

914.4	1676	1645	1219	1572	914	610	914	76	381	229	2222	51	76
1219.2	1829	1794	1524	1937	914	610	914	76	457	229	2711	51	76

Fuente: Manual de Hidráulica de Acevedo Neto y Acosta Álvarez.

Donde:

W = Tamaño de la garganta

A = Longitud de la pared lateral de la sección convergente

B = Longitud axial de la sección convergente

C = Ancho del extremo de aguas debajo de la canaleta

D = Ancho del extremo de aguas arriba de la canaleta

E = Profundidad de la canaleta

L = Longitud de la garganta

G = Longitud de la sección divergente

K = Diferencia de nivel entre el punto más bajo de la canaleta y la cresta

N = Profundidad de la depresión en la garganta debajo de la cresta

1.5.2. Tratamiento primario

El principal objetivo del tratamiento primario es separar las partículas en suspensión y arenas presentes en el agua residual, evitando así la formación de cúmulos en los conductos del sistema y posibles fallas en bombas, de igual manera disminuye la carga contaminante que contiene este tipo de aguas. ¹⁸

¹⁸ PERÚ. ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE SALUD., CENTRO INTERAMERICANO. Guía para el diseño de desarenadores y sedimentadores.

1.5.2.1. SEDIMENTADOR PRIMARIO

Este dispositivo se incrementa en las plantas de tratamiento ya que separa las partículas que se encuentran en suspensión, del agua residual, mediante la acción de la gravedad, asentándose en el fondo y disminuyendo así la carga orgánica generada a través de los procesos físicos que se originan.

Cuenta con cuatro zonas principales: zona de entrada, zona de sedimentación, zona de salida y la zona de recolección de lodos.

Figura II. Componentes de un desarenador vista planta



Fuente: OPS/CEPIS/05.163

Criterios de Diseño

Tabla VIII. Criterios de diseño para el sedimentador primario

CARACTERÍSTICA	VALOR	UNIDAD
La relación largo/ancho	1.5:1 y 15:1	m
período de retención	mínimo 1.0	h
rango de profundidad	2 y 5	m

profundidad del tanque	2 y 5	m
------------------------	-------	---

Fuente: Norma RAS 2000., Título E., Literal 4.5.1.1 - 4.5.1.3

Dimensionamiento

Consiste en determinar el ancho, largo y alto del sedimentador dependiendo del tiempo de retención que este necesita para sedimentar las partículas que se encuentran en el agua a tratar.

La entrada del agua a los sedimentadores debe distribuir ordenadamente por toda la sección transversal, reducir la energía que genera el agua y garantizar una velocidad longitudinal similar, de igual intensidad y dirección; determinando esto de la siguiente manera:

Área superficial del sedimentador

$$A = \frac{Q}{Cs}$$

Ecuación 17

Donde:

A = Área superficial del sedimentador (m²)

Q = Caudal a tratar en (m³/día)

Cs = Carga superficial en (m³/m²día)

Este último valor se lo determina en la siguiente tabla, dependiendo del caudal a utilizar en el diseño.

Tabla IX. Cargas superficiales para caudales

CARACTERÍSTICAS	VALOR	UNIDAD
Para caudal medio	33	m ³ /m ² día
Para caudal pico sostenido por tres horas	57	m ³ /m ² día
Para caudal pico	65	m ³ /m ² día

Fuente: Norma RAS 2000., Título E., Literal 4.5.1.1

Medidas internas del sedimentador

Las medidas internas del sedimentador las determinamos de la siguiente manera:

$$A = L \times b$$

Ecuación 18

Utilizando criterios de diseño reemplazamos en la siguiente fórmula:

$$Lg = x b$$

Ecuación 19

Reemplazando en la formula inicial obtenemos:

$$A = xb \times b$$

Ecuación 20

$$A = xb^2$$

Ecuación 21

$$b = \sqrt{\frac{A}{x}}$$

Ecuación 22

Volumen del tanque

A través de las medidas anteriores se puede calcular la capacidad que tendrá el sedimentador de la siguiente manera:

$$\text{Vol} = b \times L \times H$$

Ecuación 23

Donde:

Vol = Volumen del sedimentador (m³)

b = Ancho del tanque (m)

L = Largo del tanque (m)

H = Alto del tanque (m)

Tiempo de retención hidráulico

Tiempo que demora una partícula en recorrer la longitud del sedimentador en sentido horizontal desde el momento de su entrada para llegar a sedimentarse, determinándolo de la siguiente manera.

$$\text{Trh} = \frac{\text{Vol}}{Q}$$

Ecuación 24

Donde:

Thr = Tiempo de retención hidráulico (h)

Vol = Volumen del sedimentador en (m³)

Q = Caudal a tratar (m³/h)

1.5.3. Tratamiento secundario (biológicos)

Son procesos biológicos, o secundarios que sirven para remover la DBO soluble y sólidos suspendidos sobrante de los tratamientos anteriores, acumulados en tanques que sedimentan estos residuos; estos tratamientos pueden darse en forma anaerobios o aerobios dependiendo de las características del lugar y criterios a diseñar.

La eficiencia que este tratamiento tiene en la remoción de sustancias orgánicas biodegradables que presentan tamaño coloidal es de aproximadamente un 85% de la demanda bioquímica de oxígeno y en sólidos suspendidos, aunque no se elimina significativamente cantidades de elementos como nitrógeno y fósforo, tampoco metales pesados ni organismos patógenos presentes en el agua residual, para esto es necesario procesos de mayor complejidad.¹⁹

Un tipo de tratamiento biológico es el tanque Imhoff, descrito a continuación:

1.5.3.1. TANQUE IMHOFF

Este tipo de tanque lo podemos encontrar en forma rectangular y circular fue creado por un ingeniero especialista en agua de nacionalidad Alemana, utilizado desde los años 1965.²⁰

Está conformado principalmente de tres compartimientos:

- Cámara de sedimentación
- Cámara de digestión de lodos

¹⁹ **COLOMBIA.** Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico. Tratamiento de Aguas Residuales.

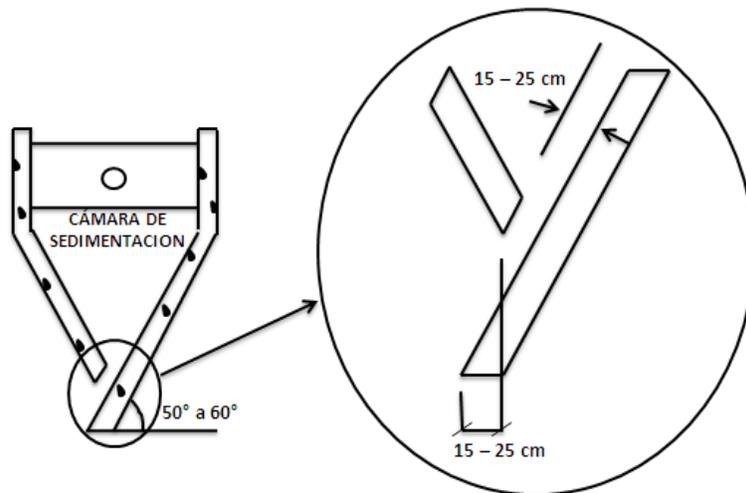
²⁰ **CALVACHE W. Y OTROS.** Tratamiento primario y parámetros hidráulicos.

- Área de ventilación y acumulación de natas.

El proceso que se realiza dentro del tanque consiste en que las aguas residuales fluyan a través de la cámara de sedimentación, sedimentando así las partículas que resbalan por las paredes inclinadas que se encuentran en el interior de la cámara, posteriormente estos sólidos pasan a la cámara de digestión que se encuentra en el fondo, donde la acumulación de estos lodos se extraen periódicamente y se conducen respectivamente a los lechos de secado, dando un post-tratamiento.

Es importante mencionar que esta cámara de digestión posee una ranura llamada traslape, la cual impide que los gases y sólidos suspendidos producto de la digestión se acumulen o interfieran en la sedimentación, desviándolo hacia la cámara de natas o área de ventilación.²¹

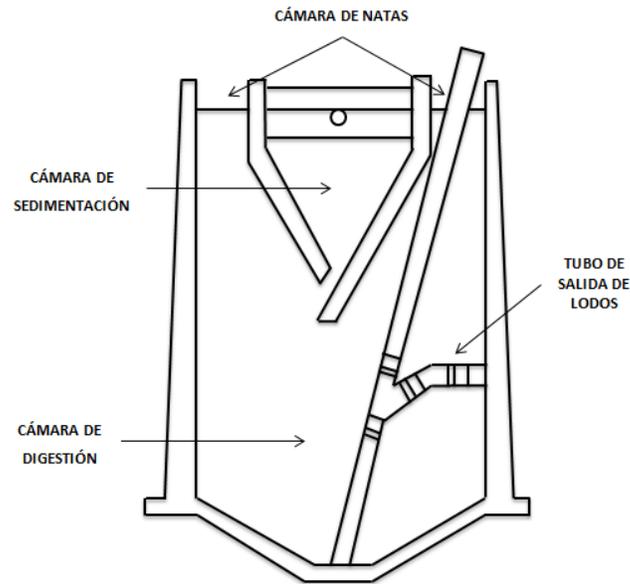
Figura III. Cámara de sedimentación en el tanque imhoff



Fuente: Guía para el diseño de tanques sépticos, imhoff y lagunas de estabilización., Lima., OPS/CEPIS/05.163

²¹ PERÚ. ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE SALUD., CENTRO INTERAMERICANO. Guía para el diseño de tanques sépticos, tanques imhoff y lagunas de estabilización.

Figura IV. Vista frontal del tanque imhoff



Fuente: Guía para el diseño de tanques sépticos, imhoff y lagunas de estabilización., Lima., OPS/CEPIS/05.163

Criterios de diseño

Tablas X. Criterios de diseño para el tanque Imhoff parte del sedimentador

CARACTERÍSTICA	VALOR	UNIDAD
Carga hidráulica sobre el vertedero	125 - 500 (recomendable 250)	m ³ /m*día
Carga superficial	1	m ³ /m ² h
Periodo de retención hidráulica	1,5 - 2,5 (recomendable 2)	h

Fuente: OPS/CEPIS/05.163., Pp 15

Tablas XI. Criterios de diseño para el tanque imhoff parte del digestor

CARACTERÍSTICA	VALOR	UNIDAD
Dotación de lodos	entre 70 a 100	L/hab*año

Fuente: OPS/CEPIS/05.163., Pp 16

Dimensionamiento

Para facilitar el dimensionamiento del tanque Imhoff se lo divide en dos secciones, una del sedimentador y otra del digestor, a continuación las fórmulas:

Diseño del sedimentador

Área del sedimentador

$$As = \frac{Q}{Cs}$$

Ecuación 25

Donde:

As = Área de sedimentación (m²)

As = Área del sedimentación (m²)

Q = Caudal a tratar (m³/h)

Cs = Carga superficial (m³/m²h)

Volumen del sedimentador

$$Vol = Q \times R$$

Ecuación 26

Donde:

Vol = Volumen del sedimentador (m³)

Q = Caudal a tratar (m³/h)

R = Periodo de retención hidráulica (h)

Longitud mínima del vertedero de salida.

$$L_v = \frac{Q}{Ch_v}$$

Ecuación 27

Donde:

L_v = Longitud del vertedero de salida (m)

Q = Caudal a tratar (m³/día)

Ch_v = Carga hidráulica sobre el vertedero (m³/(m×día))

Diseño del digestor

Volumen de almacenamiento y digestión.

$$V_d = \frac{DI \times P \times fcr}{1000}$$

Ecuación 28

Donde:

V_d = Volumen de almacenamiento y digestión (m³)

DI = Dotación de lodos que no se digiere

P = Población

fcr = factor de capacidad relativa, revisar la siguiente tabla:

Tabla XII. Factor de capacidad relativa según la temperatura

TEMPERATURA °C	fcr
5	2.0
10	1.4

15	1.0
20	0.7
25	0.5

Fuente: OPS/CEPIS/05.163., Pp 16.

Área de ventilación y cámara de natas

Para el diseño de esta área o zona de espuma o nata que se encuentra en la superficie de las cámaras se debe tener en cuenta los siguientes criterios:

Tabla XIII. Criterios de diseño para el área de ventilación y cámara de natas.

CARACTERÍSTICA	VALOR	UNIDAD
Espaciamiento libre	mínimo 1,0	m
Superficie libre total	30% de la superficie total del tanque.	%
Borde libre	mínimo 0,30	cm

Fuente: OPS/CEPIS/05.163. Pp 17.

1.5.3.2. LECHOS DE SECADO

Es uno de los métodos más antiguos con que se deshidratava los lodos de una manera natural y uno de los más usados en el tratamiento de aguas residuales luego de pasar por algunos procesos biológicos que generan residuos por tratar. Generalmente la forma que poseen estos lechos es rectangular con una profundidad pequeña, la cual contiene espacio poroso sobre un sistema de drenaje, acomodados en capas de 20 a 40 cm donde se depositan los lodos para dejarlos secar con el transcurso del tiempo.

El proceso de deshidratación de los lodos se da por acción del sol y el viento ya que estas celdas no están cerradas por lo tanto el líquido atraviesa o se escurre

por la arena y la grava en un tiempo determinado, posteriormente estos son retirados sin ningún problema y sin la presencia de olores.

Como se puede distinguir este proceso no requiere de una complicada operación pero su diseño dependerá de factores importantes como: el clima, características del lodo, eficiencia de las diferentes arenas, valor del terreno y sobre todo del pre tratamiento que tengan los lodos.²²

Criterios de diseño

Tabla XIV. Criterio de diseño para lechos de secado.

CARACTERÍSTICA	VALOR	UNIDAD
Porcentaje de sólidos	8 - 12	%
Densidad de los lodos	1,04	Kg/L
Profundidad aplicable	0,20 - 0,40	m
Ancho de los lechos de secado	3 - 6 m	m

Fuente: OPS/CEPIS/05.163., Pp. 19

Dimensionamiento

Carga de sólidos que ingresa al sedimentador.

$$C = Q \times Ss$$

Ecuación 29

²² PERÚ. ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE SALUD., CENTRO INTERAMERICANO. Guía para el diseño de tanques sépticos, tanques imhoff y lagunas de estabilización.

Donde:

C = Carga de sólidos (Kg de Ss / día)

Q = Caudal a tratar (m³/día)

Ss = Sólidos Suspendidos (mg/L) transformar a (Kg/m³)

Masa de sólidos que conforman los lodos.

$$Msd = (0.5 \times 0.7 \times 0.5 \times C) + (0.5 \times 0.3 \times C)$$

Ecuación 30

Donde:

Msd = Masa de sólidos en los lodos (Kg de Ss / día)

Volumen diario de lodos digeridos.

$$Vld = \frac{Msd}{\rho_{lodo} \times \left(\frac{\%solidos}{100}\right)}$$

Ecuación 31

Donde:

Vld = Volumen de lodos digeridos (L/día)

Msd = Masa de sólidos en los lodos (Kg de Ss / día)

ρ_{lodo} = Densidad de los lodos (Kg/L)

% de sólidos = Porcentaje de sólidos contenidos en el lodo.

Volumen de lodos a extraerse del tanque.

$$Vel = \frac{Vld \times Td}{1000}$$

Ecuación 32

Donde:

Vel = Volumen a extraerse de lodo (m³)

Td = Tiempo de digestión, descrita en la siguiente tabla:

Tabla XV. Tiempo de digestión de los lodos según la temperatura

TEMPERATURA °C	TIEMPO DE DIGESTIÓN (Días)
5	110
10	76
15	55
20	40
25	30

Fuente: OPS/CEPIS/05.163., Pp-17

Área del lecho de secado

$$Als = \frac{Vel}{Ha}$$

Ecuación 33

Donde:

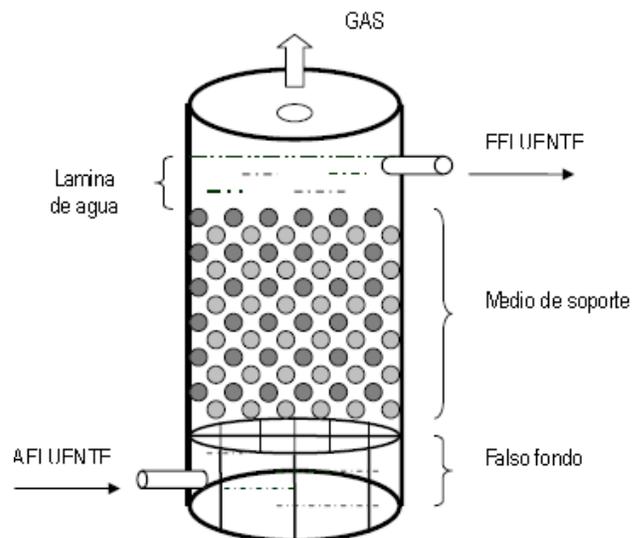
Als = Área de lecho de secado (m^2)

Ha = Profundidad de aplicación (m)

1.5.3.3. FILTRO ANAEROBIO DE FLUJO ASCENDENTE (FAFA)

Este proceso consiste básicamente en una película fija, es decir luego del proceso biológico la materia orgánica soluble que se encuentran en el agua necesita adherirse a una superficie para q sea eliminada, esto se da mediante material granular que se encuentra depositado en el medio de soporte y para evitar algún tipo de taponamiento el agua residual ingresa a un falso fondo donde se distribuye uniformemente y fluye de forma ascendente.²³

Figura V. Filtro anaerobio de flujo ascendente



Fuente: Gómez A & Álvarez G. Tesis

²³ GOMEZ A. Y ALVAREZ., G. Evaluación de la eficiencia de un filtro anaerobio de grava a escala piloto – Planta de tratamiento de aguas residuales. Universidad Pontifica Bolivariana.

El filtro anaerobio de flujo ascendente está constituido principalmente de 3 zonas:

- Zona de entrada, encontramos un falso fondo que distribuye uniformemente el agua que ingresa al medio filtrante por la parte inferior.
- Medio de soporte, en él se encuentra el material filtrante que se utilizará para retener la materia orgánica presente en el agua residual; según la RAS 2000 recomienda como medio para este filtro a la grava, es decir la piedra triturada angulosa o redonda
- Zona de salida, distribuye uniformemente el agua tratada que sale del filtro; en diámetros mayores de 1.5 m según la RAS 2000 literal E.4.7.9.3 recomienda incrementar un colector o canal en el borde de la superficie para conducir uniformemente el agua al punto de salida.

Criterios de diseño

Tabla XVI. Criterios de diseño para el FAFA

CARACTERÍSTICA	VALOR	UNIDAD
Diámetro de la grava	4 - 7	cm
Altura útil	1.80	m
Tiempo de retención hidráulica	4 – 6.5	h
Espacio que ocupa el material filtrante	40	%
Espesor del filtro	0.5	cm
Altura para la recolección de gases	0.20	m

Fuente: Norma RAS 2000., Título E., Literal 7.3.5.3

Dimensionamiento

Empezamos con el dimensionamiento del volumen del filtro para poder establecer las medidas que poseerá el mismo.

Volumen del filtro

$$V_f = Q_d \times Thr$$

Ecuación 34

Donde:

V_f = Volumen del filtro (m^3)

Q_d = Caudal de diseño (m^3/d)

Thr = Tiempo de retención hidráulica (d)

Altura total del filtro

$$H_T = H_u + H_{ff} + H_l$$

Ecuación 35

Donde:

H_t = Altura total del filtro (m)

H_u = Altura útil (m)

H_{ff} = Altura del falso fondo (m)

H_l = Altura de la lámina de agua (m)

Diámetro del filtro

Partimos de la siguiente ecuación

$$V_f = \frac{\pi \times D^2}{4} \times H_T$$

Ecuación 36

Donde:

V_f = Volumen del filtro (m^3)

π = cte

D = Diámetro (m)

H_T = Altura total del filtro

Despejando el diámetro de la ecuación 36, encontramos el diámetro del filtro

$$D = \sqrt{\frac{V_f \times 4}{H_T \times \pi}}$$

Ecuación 37

Volumen del filtro con el material filtrante

$$V_{mf} = V_f \times 40\%$$

Ecuación 38

V_{mf} = Volumen de agua con el material filtrante (m^3)

V_f = Volumen del filtro (m^3)

1.6. Normativa ambiental

CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR.

La constitución de la República del Ecuador de R.O 449 del 20 de octubre del 2008 establece lo siguiente:

Art. 14.- derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *sumak kawsay*. Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad de patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de espacios naturales degradados.

Art. 27.- derecho a la educación, medio ambiente sustentable.

Art.-32.- derechos a la salud, con base en el aseguramiento de los ambientes sanos y otros que sustentan el buen vivir.

Art. 66, numeral 2.- derecho a una vida digna, saneamiento ambiental.

Art. 66, numeral 27.- se garantiza el derecho a vivir en un ambiente sano, ecológicamente equilibrado, libre de contaminación y en armonía con la naturaleza.

Art. 83 numeral 6.- respetar los derechos del ambiente, preservar un ambiente sano y utilizar los recursos naturales de modo racional, sustentable y sostenible.

Art. 318.- el agua es patrimonio nacional estratégico de uso público, dominio inalienable imprescriptible del Estado.

La Legislación ambiental de nuestro país se encuentra dispersa en varias leyes, códigos, reglamentos y ordenanzas municipales. El Ministerio del Ambiente cuenta con el programa denominado: "Legislación y normativa para el desarrollo sustentable", en la cual se detalla las leyes:

LEY DE GESTIÓN AMBIENTAL

Expedida en el año 2001, “El Ministerio del Ambiente del Ecuador”. La Gestión Ambiental contempla los mecanismos de orden técnico, jurídico o de otro tipo, conducentes a lograr racionalidad y eficiencia en la gestión ambiental. A través de los instrumentos técnicos y legales, se establecen las obligaciones de las personas respecto al medio ambiente.

Art. 19.- Las obras públicas, privadas o mixtas, y los proyectos de inversión públicos o privados que puedan causar impactos ambientales, serán calificados previamente a su ejecución, por los organismos descentralizados de control, conforme el Sistema Único de Manejo Ambiental, cuyo principio rector será el precautelatorio.

Art. 20.- Para el inicio de toda actividad que suponga riesgo ambiental se deberá contar con la licencia respectiva, otorgada por el Ministerio del ramo.

Art. 21.- Los sistemas de manejo ambiental incluirán estudios de línea base; evaluación del impacto ambiental; evaluación de riesgos; planes de manejo; planes de manejo de riesgo; sistemas de monitoreo; planes de contingencia y mitigación; auditorías ambientales y planes de abandono. Una vez cumplido ciertos requisitos y de conformidad con la calificación de los mismos, el Ministerio del ramo podrá otorgar o negar la licencia correspondiente.

TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACIÓN AMBIENTAL SECUNDARIA

La investigación se fundamentará en el Texto Unificado de Legislación Ambiental (TULAS), que establece los límites permisibles, disposiciones y prohibiciones para las descargas en cuerpos de aguas o sistemas de alcantarillado

El TULAS presenta una serie de parámetros para normar y regular la calidad del agua de consumo humano, y para las diferentes actividades que involucran la utilización del recurso. Este cuerpo legal contempla parámetros físicos, químicos, bacteriológicos que norman las características del agua a ser captada y los requisitos de los efluentes a ser descargados.

AGUA

En el Libro VI, Anexo I se presenta la Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: recurso agua. El objetivo principal de dicha norma es proteger la calidad del recurso agua, para salvaguardar y preservar la integridad de las personas, de los ecosistemas y sus interrelaciones y del ambiente en general. En la misma, se establecen los límites permisibles, disposiciones y prohibiciones para las descargas en cuerpos de aguas o sistemas de agua potable, los criterios de calidad de las aguas para sus distintos usos y los métodos y procedimientos para determinar la presencia de contaminantes en el agua.⁵ La norma proporciona los criterios de la calidad del agua según sus usos:

- a) Calidad para aguas destinadas al consumo humano y uso doméstico, previo a su potabilización
- b) Calidad para la preservación de flora y fauna en aguas dulces frías o cálidas, y en aguas marinas y de estuarios;
- c) Calidad para aguas subterráneas;
- d) Calidad para aguas de uso agrícola o de riego;
- e) Calidad para aguas de uso pecuario;
- f) Calidad para aguas con fines recreativos;
- g) Calidad para aguas de uso estético; calidad para aguas utilizadas para transporte;
- h) Calidad para aguas de uso industrial.

AGUA POTABLE Y AGUAS SERVIDAS

En el Libro VI, Anexo I: Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: recurso agua, se presentan los criterios generales para la descarga de efluentes, tanto al sistema de agua potable como a los cuerpos de agua. En esta norma se presentan:

a) Los límites permisibles, disposiciones y prohibiciones para descarga de efluentes al sistema de agua potable y aguas servidas.

b) Los límites permisibles, disposiciones y prohibiciones para descarga de efluentes a un cuerpo de agua o receptor, que implica tomar en cuenta las descargas a:

i. Cuerpos de agua dulce

ii. Descarga a un cuerpo de agua marina.²⁴

TABLA XVII. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce

PARÁMETROS	EXPRESADO COMO	UNIDAD	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	D.B.O5	mg/L	100
Demanda Química de Oxígeno	D.Q.O	mg/L	250
Fósforo Total	P	mg/L	10
Nitrógeno Kjeldahl total	N	mg/L	15
Coliformes Fecales	Nmp/100 mL		Remoción > al 99,9 %
Potencial hidrógeno	pH		5-9
Sólidos Suspendidos		mg/L	100
Sólidos sedimentables		mg/L	1,0
Sólidos totales		mg/L	1 600
Temperatura	°C		< 35

²⁴ ECUADOR. MINISTERIO DE AMBIENTE. Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria.

Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/L	0,5
---------------------	--	------	-----

Fuente: TULAS., Libro VI., 2003., Pp. 29 – 30.

CÓDIGO ORGÁNICO DE ORGANIZACIÓN TERRITORIAL AUTONOMÍAS Y DESENTRALIZACIÓN (COOTAD)

Artículo 54.- Funciones.- Son funciones del gobierno autónomo descentralizado

Municipal las siguientes:

d) Prestar los servicios públicos de agua potable, alcantarillado, depuración de aguas residuales, manejo de desechos sólidos, actividades de saneamiento ambiental y aquellos que establezca la ley;

Artículo 137.- Las competencias de prestación de servicios públicos de alcantarillado, depuración de aguas residuales, manejo de desechos sólidos, y actividades de saneamiento ambiental, en todas sus fases, las ejecutarán los gobiernos autónomos descentralizados municipales con sus respectivas normativas. Cuando estos servicios se presten en las parroquias rurales se deberá coordinar con los gobiernos autónomos descentralizados parroquiales rurales.

Artículo 577.- Obras y servicios atribuibles a las contribuciones especiales de mejoras. Se establecen las siguientes contribuciones especiales de mejoras por:

- a) Apertura, pavimentación, ensanche y construcción de vías de toda clase;
- b) Repavimentación urbana;
- c) Aceras y cercas;
- d) Obras de alcantarillado;
- e) Construcción y ampliación de obras y sistemas de agua potable;
- f) Desección de pantanos y relleno de quebradas;
- g) Plazas, parques y jardines; y,

h) Otras obras que las municipalidades o distritos metropolitanos determinen mediante ordenanza, previo el dictamen legal pertinente.

Para el diseño y dimensionamiento de la planta de tratamiento se utilizara las siguientes normas técnicas:

Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS – 2000, Sección II Título E, Tratamiento De Aguas Residuales, República de Colombia Ministerio de Desarrollo Económico Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico. Bogotá D.C., Noviembre de 2000 (RAS 2000).

Organización Panamericana de la Salud, Área de desarrollo sostenible y salud ambiental Guía para el diseño de tanque séptico, tanque imhoff y laguna de Estabilización. Lima – Perú. 2005

CAPITULO II

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Diseño experimental

2.1.1. Localización de la investigación

La presente investigación se encuentra ubicada en el barrio Cosmopolita perteneciente al cantón Baños provincia de Tungurahua. Este barrio consiste en una urbanización de reciente constitución con varios lotes sin uso aún y unos pocos con viviendas nuevas o en construcción, con una densidad poblacional de 37 hab./Ha. y una superficie de 63 Ha., cuenta con una red de alcantarillado propia que descarga las aguas servidas en el acantilado del río Pastaza en los bordes de la misma urbanización. Las aguas no reciben tratamiento alguno antes de ser descargadas.

Figura VI. Punto de descarga.



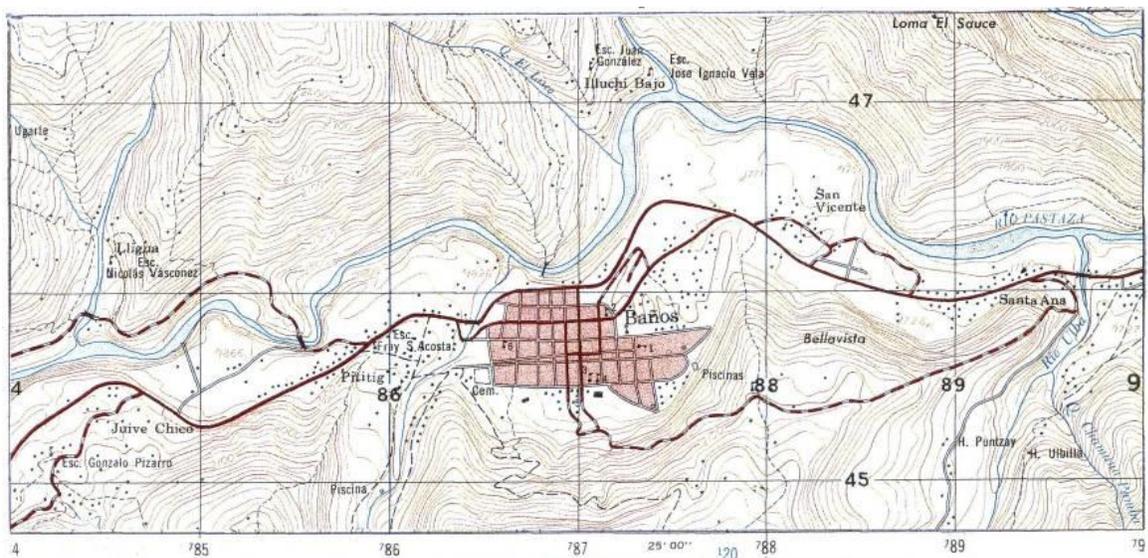
Fuente: Pamela Cepeda

El clima de la zona es muy variable es decir entre templado y subtropical debido a que está influenciado en forma directa por la Cordillera de los Andes, dando lugar a la formación de diferentes tipos de microclimas.

Para el estudio, se ha considerado información generada en la Estación Meteorológica de Baños con el código M029 (INAMHI) en el año 2010, para los parámetros meteorológicos de temperatura, humedad, evaporación, viento y precipitación, que en conjunto caracterizan el clima de la ciudad, a continuación su descripción:

La temperatura media anual es de 18.3 °C con una temperatura máxima mensual de 26.0 °C registrada en el mes de Marzo y una mínima de 13.4 °C en el mes de agosto. La humedad relativa media anual es de 81%, la evaporación es de 1188.6 mm. al año, la velocidad del viento en la ciudad es escasa, alcanzando un promedio anual de 3.6 m/s con una dirección prevaleciente hacia el NE; y por último tenemos la precipitación media anual con un valor de 1304.6 mm. debido a la influencia de la región amazónica, las lluvias más fuertes se registran entre abril y mayo mientras que el periodo menos lluvioso se ubica entre los meses de enero y octubre.

Figura VII. Mapa de la ubicación de la ciudad



Fuente: I.G.M.

2.2. Materiales, reactivos y equipos

2.2.1. Medición de caudal

- Balde
- Cronómetro
- Cinta métrica

2.2.2. Materiales para el muestreo

- Frascos estériles
- Envases de plástico
- Embudo
- Mandil
- Guantes

2.2.3. Materiales de laboratorio

- Erlenmeyer 200
- Pipetas 10 y 25
- Vasos de precipitación 250
- Balones aforados 100
- Balones aforados 1000
- Buretas. 25 y 50
- Frascos Wheaton
- Kitasato
- Peras
- Papel filtro
- Tubos de absorción
- Viales de DQO
- Espátula.

2.2.4. Reactivos de laboratorio

- Agua destilada.

- Cloruro de bario.
- Salicilato de sodio.
- Ácido sulfúrico concentrado.
- Hidróxido de sodio.
- Buffer pH 7.
- Cloruro de calcio.
- Cloruro de magnesio
- Cloruro férrico.
- Sulfato de magnesio.
- Ázida sódica
- Tiosulfato de sodio.
- Indicador de almidón.

2.2.5. Equipos de laboratorio

- Espectrofotómetro de Absorción Atómica
- pH-metro
- Balanza
- Conductímetro.
- Estufa.

2.3. Metodología

2.3.1. Levantamiento topográfico

Para determinar la altimetría y planimetría del lugar se contó con el Departamento de Agua Potable y Alcantarillado del Ilustre Municipio quien proporcionó el “Estudio de Factibilidad y Diseño del Sistema de Alcantarillado para la ciudad de Baños de Agua Santa” realizado por el Ing. Leo Max Rodríguez, donde se especifica el método utilizado, el cual fue por restitución aerofotogramétrica, la cual dispone de curvas de nivel con un metro de diferencia, accidentes geográficos principales, vías, barrios y urbanizaciones, linderos de casas y terrenos, sitios y edificaciones de interés.

2.3.2. Medición de caudal

La medición se realizó mediante el método volumétrico, con la ayuda de un cronómetro y un balde de 30 litros; durante cinco días a la semana tomando en cuenta los días, miércoles, jueves, viernes, sábado y domingo para verificar si en el fin de semana se da una variación considerable, debido al incremento de personas que visitan la ciudad. Esto se dio cuatro horas al día con un intervalo de quince minutos en cada toma, variando entre el día y la tarde.

Una vez obtenidos los datos de tiempo y volumen se utiliza la ecuación 1 para encontrar el caudal medido.

Debido a las condiciones en las que se descarga las aguas residuales en este subsistema fue conveniente improvisar con una tubería en dos puntos diferentes, para facilitar la medición y evitar la pérdida de agua por otros lugares.

2.3.3. Muestreo del agua residual

El muestreo fue realizado en el último sumidero que constituye el sistema de alcantarillado del sector, de forma manual mediante un muestreo compuesto, es decir la integración de varias muestras instantáneas con la ayuda de un balde y el equipo de protección necesario.

Recolectadas desde las 7:00 hasta las 12h00 horas, dos días a la semana, cada quince, con el propósito de obtener datos representativos, los días que se tomaron las muestras fueron el día 25 y 26 de Septiembre y el 09 y 10 de Octubre del 2013.

La manera en que se tomaron las muestras fueron en envases de plástico con un volumen de 3 L para el análisis físico - químico y en frascos estériles de 100 mL para análisis microbiológicos debidamente etiquetados con la fecha y hora en las que fueron tomadas.

Los mismo días que se tomaron las muestras fueron trasladadas inmediatamente al laboratorio para la correspondiente caracterización tanto física, química como microbiológica.

2.3.4. Caracterización física, química y microbiológica

Para la caracterización de las aguas residuales del subsistema Cosmopolita del cantón Baños de Agua Santa se contrató al Laboratorio de Análisis Técnicos de la Facultad de Ciencias de la ESPOCH dirigido por la Dra. Gina Álvarez.

Se trasladaron cuatro muestras diferentes desde la ciudad de Baños a Riobamba vía terrestre (dos horas), la primera fue el día lunes 09 de Septiembre de 2013, entregado a las 4pm a la responsable del laboratorio; la segunda muestra fue el día martes 10 de Septiembre de 2013, entregado a las 3 y 40pm a la asistente del laboratorio; la tercera muestra fue entregada el día lunes 25 de Octubre a las 4 y 10 pm a la Dra. Gina Álvarez y el último día fue el martes 26 de Octubre a las 3 y 45pm, especificando los parámetros y datos correspondientes de la muestra.

Se escogieron los primeros días de la semana para facilitar el análisis de la DBO5, ya que tarda 5 días en leer el resultado al igual que los análisis microbiológicos.

Los principales parámetros que nos sirven para la valoración de los tratamientos a diseñar son los siguientes:

Tabla XVIII. Metodología utilizada por el laboratorio de análisis técnicos Facultad de Ciencias, ESPOCH.

PARÁMETRO	REFERENCIA
pH	APHA/AWWA Standard Methods No. 4500 - B
Conductividad	APHA/AWWA Standard Methods No. 2510 - B
Turbiedad	APHA/AWWA Standard Methods No. 2130 - B
Demanda Química de Oxígeno	APHA/AWWA Standard Methods No. 5220 - C
Demanda Bioquímica de Oxígeno	APHA/AWWA Standard

	Methods No. 5210 - B
Nitratos	APHA/AWWA Standard Methods No. 4500 – NO ₃ -C
Fosfatos	APHA/AWWA Standard Methods No. 4500, PO ₄ - B
Sulfatos	APHA/AWWA Standard Methods No. 4500, SO ₄ - B
Sólidos Sedimentables	APHA/AWWA Standard Methods No. 2540 - B
Sólidos Suspendidos Totales	APHA/AWWA Standard Methods No. 2540 - D
Sólidos Totales	APHA/AWWA Standard Methods No. 2540 - A
Coliformes Fecales	Filtración por membrana
Coliformes Totales	

Fuente: Laboratorio de Análisis Técnicos de la Facultad de Ciencias de la ESPOCH.

2.3.5. Proyección demográfica

Para realizar el diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales empezamos con el valor de población actual, en este caso no tenemos el dato por lo que encontramos mediante la siguiente fórmula:

$$P = \delta p \times S$$

Ecuación 39

Donde:

P = Habitantes actuales (hab)

δp = Densidad poblacional (hab /Ha)

S = Superficie (Ha)

POBLACIÓN FUTURA

Entre los principales métodos para dicha estimación se destacan los siguientes:

- Método aritmético
- Método geométrico
- Método exponencial

Se ha escogido el método geométrico para la determinación de la población futura debido a que se cuenta con todos los valores que conforman la ecuación.

$$Pf = Pa(1 + Tc)^n$$

Ecuación 40

Donde:

Pf = Población futura (hab)

Pa = Población actual (hab)

1 = cte.

Tc = Tasa de crecimiento anual

n = Periodo de tiempo o diseño (años)

2.3.6. Dimensionamiento de la planta de tratamiento

Para el diseño de la planta de tratamiento se tomó en cuenta, el caudal que se midió anteriormente y sobre todo las características físico-químicas y microbiológicas realizadas en el laboratorio, para establecer los procesos de tratamiento necesarios para este tipo de agua residual. Otro parámetro importante fue la topografía y el espacio disponible del lugar, estableciendo la facilidad y garantías de la implementación.

Los procesos de tratamiento que se van a diseñar en esta investigación se basan principalmente en criterios y ecuaciones descritas por varios autores como: Metcalf & Eddy (1995), Normas RAS 2000, OPS/CEPIS/05.

2.3.7. Elaboración de planos

En la elaboración de los planos del diseño final se lo realizó mediante los softwares AUTOCAD y SOLID WORK.

La planimetría del diseño se realizó a una escala de 1:1000. La vista planta y cortes de cada unidad que compone la planta de tratamiento se traza a diferentes escalas.

2.3.8. Evaluación de impactos

Para la cuantificación y evaluación de los impactos nos basamos en el diseño de la matriz de Leopold compuesta por posibles 100 acciones y 88 características ambientales que componen 8800 celdas las cuales varían según las actividades y los autores a desarrollarla.

Primero se identifican los posibles impactos potenciales que genera la implantación de la planta de tratamiento de aguas residuales en el barrio Cosmopolita, mediante las fases de construcción e implementación de la misma.

De acuerdo al efecto que produce las fases antes mencionadas se los clasifica como positivo (+) si se observa beneficios en el medio, y negativo (-) si sucede lo contrario, es decir si observamos algún daño o deterioro en el medio calificado.

Valorando su magnitud e importancia se obtuvo información cualitativa y cuantitativa de relaciones causa - efecto dando una ordenada presentación de la evaluación, concluyendo con la agregación de impactos la cual identifica la acción más beneficiosa y la más dañina al ambiente.

Tabla XIX. Valoración de la magnitud e importancia de la matriz de Leopold

MAGNITUD			IMPORTANCIA		
Calificación	Intensidad	Afectación	Calificación	Duración	Influencia
1	Baja	Baja	1	Temporal	Puntual
2	Baja	Media	2	Media	Puntual
3	Baja	Alta	3	Permane	Puntual

				nte	
4	Media	Baja	4	Temporal	Local
5	Media	Media	5	Media	Local
6	Media	Alta	6	Permane nte	Local
7	Alta	Baja	7	Temporal	Regional
8	Alta	Media	8	Media	Regional
9	Alta	Alta	9	Permane nte	Regional
10	Muy Alta	Alta	10	Permane nte	Nacional

Fuente: Matriz de Leopold 1971

Los resultados de la agregación de impactos se evaluaron con los valores de la siguiente tabla:

Tabla XX. Evaluación de impactos de acuerdo a la metodología de Leopold

RANGO	IMPACTO	
-70.1 a -100	Negativo	Muy alto
-50.1 a -70	Negativo	Alto
-25.1 a -50	Negativo	Medio
-1 a -25	Negativo	Bajo
1 a 25	Positivo	Bajo
25.1 a 50	Positivo	Medio
50.1 a 80	Positivo	Alto
80.1 a 100	Positivo	Muy alto

Fuente: Matriz de Leopold 1971

Con esta tabla podemos evaluar la significancia del impacto que este proyecto causará al implementarse y verificar si es viable o si hay que tomar algunas medidas alternativas o correctoras.

CAPÍTULO III

3. CÁLCULOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

3.1. Cálculos para el dimensionamiento de la planta de tratamiento

Los parámetros necesarios para el dimensionamiento son los siguientes:

- Población de diseño.
- Caudales de diseño.
- Caracterización del agua residual.
- Dimensionamiento de la planta.

3.1.1. Población de diseño

Para la determinación de este parámetro es primordial encontrar la población actual, tomando en cuenta la densidad poblacional y la superficie habitada, utilizando la ecuación 34.

La densidad poblacional en la ciudad de Baños ha sido definida por la Dirección de Planificación del Municipio y se presenta en función de la ubicación y características urbanísticas de los barrios, así como su crecimiento en los próximos 25 años a partir de 2010.

$$P = \delta p \times S$$

$$P = 37hab/Ha \times 63Ha$$

$$P = 2331 hab$$

Una vez determinado este dato, se puede definir la población futura con la ecuación 35, para esto es necesario conocer los procesos de crecimiento de cada sector de tal manera que podamos definir el posible número de habitantes al final del período, en este caso se ha recurrido a los datos brindado por el INEC según

los resultados del Censo 2010 de población y vivienda en el Ecuador, específicamente del cantón Baños de Agua Santa de la provincia de Tungurahua.

Tabla XXI. Censo 2010 de población y vivienda, cantón Baños de Agua Santa.

CANTÓN	2001 PERSONAS	2010 PERSONAS	CRECIMIENTO POBLACIONAL	APORTACIÓN 2010
Baños	16112	20018	2.41%	3.97%

Fuente: Instituto Nacional de Estadística y Censo 2010., Pp 33

$$Pf = Pa(1 + Tc)^n$$

$$Pf = 2331(1 + 0.0241)^{25}$$

$$Pf = 4227 \text{ hab}$$

3.1.2. Caudal de diseño

Para la determinación del caudal de diseño es necesario seguir una serie de ecuaciones que nos proporcionan este valor, a continuación se desarrollan cada una de ellas.

3.1.2.1. Caudal de aguas residuales

Para encontrar el caudal de aguas residuales es necesario conocer los siguientes datos fijados para este sector.

Estudios de Hidroplan nos menciona que la dotación residencial es de 175 L/hab./día como un valor medio a ser considerado cuando toda la red de agua potable se encuentre funcionando a plena capacidad; para este caso específico la Dirección de Planificación del Municipio de Baños ha considerado una dotación de 150 L./hab./día.

El coeficiente de retorno tiene en cuenta el hecho de que no toda el agua consumida dentro del domicilio es devuelta al alcantarillado, en razón de sus múltiples usos, por lo que según el RAS 2000 literal D.3.2.2 establece que solo un porcentaje del total de agua consumido se devuelve al alcantarillado. El valor para este diseño en específico se encuentra en un 70%.

$$Qp = Pf \times D \times C$$

$$Qp = 4227 \text{ hab} \times 150 \text{ L/hab.dia} \times 0.7$$

$$Qp = 5.14 \text{ L/s}$$

3.1.2.2. Caudal máximo futuro (caudal instantáneo)

Primero se debe encontrar el valor del factor de mayoración.

$$\eta = \frac{5}{p^{0.2}}$$

$$\eta = \frac{5}{4227 \text{ hab}^{0.2}}$$

$$\eta = 0.94$$

Reemplazamos en la ecuación 5:

$$Q_{maxf} = \eta \times Qp$$

$$Q_{maxf} = 0.94 \times 5.14 \text{ L/s}$$

$$Q_{maxf} = 4.8 \text{ L/s}$$

3.1.2.3. Caudal de infiltración

Para esta ecuación se obtuvo la longitud del Estudio y diseño del alcantarillado combinado para el subsistema Cosmopolita, la información se encuentra de forma desglosada por tramos por lo que fue necesario sumar cada uno de ellos y obtener el total de la tubería.

Ver anexo F.

$$Q_{inf} = 0.0001 \times L$$

$$Q_{inf} = 0.0001 \times 2457 \text{ m}$$

$$Q_{inf} = 0.25 \text{ L/s}$$

3.1.2.4. Caudal de conexiones erradas

$$Q_{ce} = (Q_{maxf} + Q_{inf}) \times 10\%$$

$$Q_{ce} = (4.8 \text{ L/s} + 0.25) \times 0.1$$

$$Q_{ce} = 0.51 \text{ L/s}$$

3.1.2.5. Caudal pluvial

Debido a que el diseño del alcantarillado perteneciente al cantón Baños de Agua Santa es de forma combinada; fue necesario determinar el flujo resultante de las precipitaciones de la zona, cuyas aguas son recolectadas por el sistema.

Para este valor se tomó en cuenta el siguiente dato de escorrentía e impermeabilidad presente en la tabla III, debido a la característica de la superficie del lugar que es de asfalto y otras de concreto, valor correspondiente a 0.7.

$$Q_p = 2,78 \times C \times I \times A$$

$$Qp = 2,78 * 0.7 * 0.032 \text{ mm/h} * 63 \text{ Ha}$$

$$Qp = 3.9 \text{ L/s}$$

La intensidad de lluvia para un período de retorno de 25 años fue calculado de acuerdo al sector y datos expresados en la estación meteorológica más cercana formando las curvas de intensidad-duración-frecuencia realizado por el Ing. Leo Max Rodríguez en el “Estudio de Factibilidad y Diseño del Sistema de Alcantarillado para la ciudad de Baños de Agua Santa”.

3.1.2.6. Caudal de diseño

Finalmente se obtiene el caudal de diseño, sumando los caudales anteriormente calculados.

$$Qd = Qmaxf + Qinf + Qce + Qp$$

$$Qd = 4.8 \text{ L/s} + 0.25 \text{ L/s} + 0.51 \text{ L/s} + 3.9 \text{ L/s}$$

$$Qd = 9.5 \text{ L/s}$$

3.1.3. Caracterización del agua residual

Para la caracterización del agua residual se realizaron en el laboratorio los siguientes parámetros: color, pH, conductividad, turbiedad, demanda química de oxígeno, demanda bioquímica de oxígeno, nitratos, fosfatos, sulfatos, sólidos disueltos, sólidos sedimentables, sólidos suspendidos totales, sólidos totales, coliformes fecales, coliformes totales.

La temperatura fue un parámetro que se midió in situ los cuatro días de monitoreo, antes de que las muestras sean envasadas y trasladadas al laboratorio contratado para realizar los respectivos análisis.

A continuación se muestran los resultados obtenidos de las muestras recogidas en el tiempo de monitoreo.

Tabla XXII. Resultados de análisis de laboratorio del subsistema “El Cosmopolita”

PARÁMETRO	UNIDAD	25-09	26-09	09-10	10-10	LÍMITES PERMISIBLES
Color	Und Co/Pt	817	1243	1105	667	-
pH	Und.	8.44	6.7	7.02	7.92	5-9
Conductividad	μSiems/cm	1017	9.10	751	868	-
Turbiedad	UNT	76	82.9	109.6	71.8	-
DQO	mg/L	242	1070	1688	300	250
DBO	mg/L	188	840	627	254	100
Nitratos	mg/L	6.3	4.1	2.2	2.2	10
Fosfatos	mg/L	5.54	4.68	5.2	16.5	10
Sulfatos	mg/L	1.3	1.08	1.00	1.07	-
Sólidos disueltos	mg/L	500	446	446	530.2	-
Sólidos sedimentables	mg/L	0.6	8.0	5.0	0.6	1
Sólidos suspendidos totales	mg/L	88.0	116.0	110.0	80.0	100
Sólidos totales	mg/L	944.0	1120.0	980.0	889.0	1600
Coliformes fecales	UFC/100 mL	1.9x10 ⁵	1.5x10 ⁵	1.8x10 ⁵	1.3x10 ⁵	< 99%
Coliformes totales	UFC/100 mL	2.1x10 ⁴	1.3x10 ⁴	1.9x10 ⁴	1.1x10 ⁵	< 99%
Temperatura	°C	18.3	17.9	17.6	17.7	< 35

Fuente: Laboratorio de Análisis Técnicos de la Facultad de Ciencias de la ESPOCH

En la tabla anterior se puede identificar que algunos son los parámetros que se encuentran fuera del límite permisible como son: la DBO, DQO, fosfatos, sólidos sedimentables y sólidos suspendidos; mientras que los otros parámetros analizados durante los cuatros días cumplen con los límites proporcionados por el TULAS, tabla 11, del libro VI.

3.1.4. Propuesta de la planta de tratamiento de agua residual para el Subsistema “El Cosmopolita”

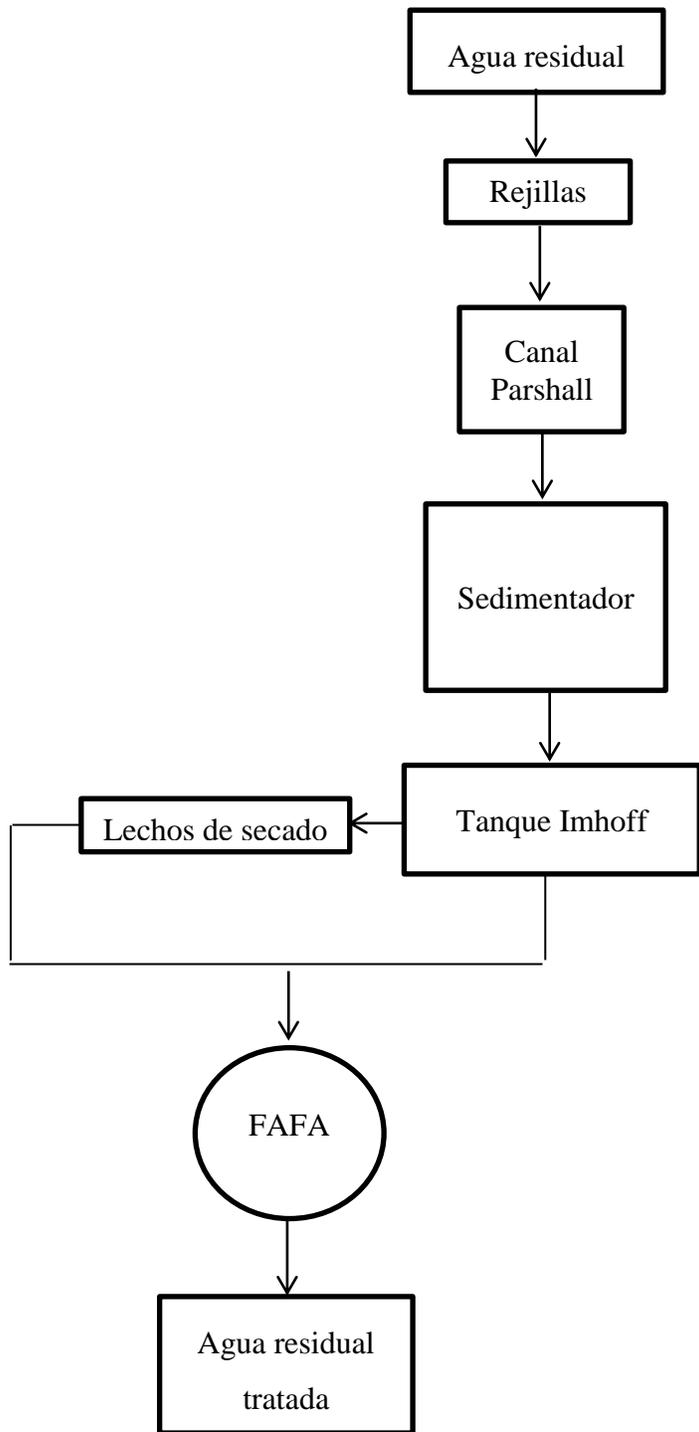
Con los datos anteriormente registrados se determinó un caudal de diseño en 9.5 L/s como también se consideraron los valores más altos de contaminación encontrados en los días de análisis, tomando en cuenta los más importantes a continuación:

- DQO:1688 mg/L
- DBO:840 mg/L
- Sólidos suspendidos: 116 mg/L

Identificando así los distintos tratamientos que se pueden implementar para reducir o minimizar la contaminación que este produce al ser desechado en un recurso hídrico importante como es el río Pastaza.

Tras realizar esta evaluación y verificar la disponibilidad del lugar se propone la siguiente planta de tratamiento, detallando los procesos que se implementarán para reducir de una manera eficiente la contaminación existente en esta descarga de agua residual

Figura VIII. Esquema de la propuesta para la planta de tratamiento de agua residual



Fuente: Pamela Cepeda

Para el tratamiento de agua residual del subsistema Cosmopolita se contará a la entrada con doce rejillas que retengan cualquier impureza de tamaño mayor como plásticos, piedra, maderas, hojas, etc., que son arrastras por el alcantarillado a lo largo de su conducto.

Inmediatamente el agua pasará a un canal parshall el cual ayuda a controlar o regular la cantidad de agua que ingresa a la planta de tratamiento, mejorando la efectividad de los tratamientos posteriores, también nos ayuda a tener registros de la cantidad de agua que pasa por el sistema.

Luego tendremos el último tratamiento físico que consta de un sedimentador primario de forma rectangular, reteniendo sólidos de diámetro muy pequeño que tengan la capacidad de sedimentar con una eficiencia para eliminar sólidos suspendidos de 60% y 40% en DBO₅, DQO.

Después el agua a tratar pasará por un tratamiento biológico es decir por un tanque imhoff que consiste en degradar la materia orgánica existente mediante la cámara de digestión y sedimentación eliminando un 60% la DBO₅, DQO y los sólidos suspendidos un 40%, los residuos de este proceso son recolectados en lechos de secado mediante tubería para que se puedan deshidratarse por la acción del sol y el viento para que posteriormente sean reutilizados como abono o directamente al relleno sanitario.

Finalmente tendremos filtros anaerobios de flujo ascendente conformados de grava de entre 4 y 7 cm de espesor que nos ayuda a retener materia orgánica restante de los anteriores procesos por lo que el agua se aclara y disminuye eficientemente la contaminación presente en un 65% para DBO₅, DQO y sólidos suspendidos.

Con la implementación de esta planta de tratamiento de aguas residuales para el subsistema Cosmopolita el agua residual tratada obtendrá los niveles aceptables para que puedan ser descargadas en el río Pastaza cumpliendo así la normativa vigente.

3.1.5. Dimensionamiento de la planta de tratamiento

Luego de analizar los resultados del laboratorio, el caudal a tratar y la topografía del lugar se dimensionará una planta de tratamiento que consta de un pretratamiento conformado por un canal de entrada, rejillas y el canal Parshall; continua con un tratamiento primario representado por un sedimentador primario rectangular, por último tenemos el tratamiento secundario o biológico que se da en un tanque Imhoff, los lodos eliminados se los trata mediante lechos de secado y el agua restante de estos procesos pasará directamente a filtros anaerobio de flujo ascendente compuesto de grava como material filtrante.

3.1.5.1. CANAL DE ENTRADA

Empezamos implementando el canal de entrada que nos ayuda a conectar las tuberías que desembocan las aguas residuales con el ingreso a la planta de tratamiento, determinamos las dimensiones del canal de la siguiente manera:

La tubería que desemboca del alcantarillado instalado es de 12 plg de diámetro medida con un flexómetro y verificada en los catálogos de venta, otro valor que se tomó en cuenta fue la velocidad mínima que según la Norma RAS 2000 literal b 4.4.3.3 indica un valor de 0.6 m/s.

Área del canal

$$A = \frac{Q}{V}$$

$$0.0095 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$A = \frac{\quad}{0.6 \text{ m/s}}$$

$$A = \mathbf{0.016 \text{ m}^2}$$

Ancho del canal

Para el ancho del canal se ha tomado como referencia el diámetro de la tubería que desemboca las aguas residuales, es decir de 12 plg o 0.3 m.

Altura del tirante de agua

$$A = b \times H$$

$$H = \frac{A}{b}$$

$$H = \frac{0.016 \text{ m}^2}{0.3 \text{ m}}$$

$$H = 0.05 \text{ m}$$

Altura de seguridad

Se tomará una altura de seguridad de 0.45m para evitar desbordamientos.

Altura total del canal

$$Ht = H + hs$$

$$Ht = 0.05 \text{ m} + 0.45 \text{ m}$$

$$Ht = 0.5 \text{ m}$$

Pendiente

El canal de entrada tendrá una pendiente del 1%.

3.1.5.2. REJILLAS

Velocidad de aproximación a las rejillas

Verificamos la velocidad de aproximación a las rejillas mediante la ecuación de manning, para lo cual se utilizó la tabla V, con el material de acero sin

recubrimiento correspondiente al valor de 0.011, para la implementación de las rejillas.

Para eso necesitamos primero encontrar el radio hidráulico mediante la siguiente ecuación:

$$R = \frac{A}{P} = \frac{b \times H}{2h + b}$$
$$R = \frac{0.3m \times 0.03m}{2(0.03m) + 0.3m}$$
$$R = 0.025m$$

Con el valor anteriormente obtenido ya se puede determinar la velocidad.

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} \int^{1/2}$$
$$V = \frac{1}{0.011} 0.025m^{2/3} 0.01^{1/2}$$
$$V = 0.77 m/s \text{ Aceptable}$$

Velocidad que se encuentra dentro de los parámetros.

Longitud de las rejillas

Considerando los criterios de diseño para rejillas tenemos un ángulo de inclinación de 70°

$$\sin 70^\circ = \frac{H}{L}$$
$$L = \frac{H}{\sin 70^\circ}$$

$$L = \frac{0.5 \text{ m}}{\text{sen } 70^\circ}$$

$$L = 0.53 \text{ m} : 0.55 \text{ m}$$

Número de barrotes

Guiándonos en los criterios de diseño se tomó la separación media entre varillas de 1.5 cm por lo que el ancho de la misma será 1cm.

$$B = \frac{b}{e + s}$$

$$B = \frac{0.3 \text{ m}}{0.015\text{m} + 0.01\text{m}}$$

$$B = 12$$

3.1.5.3. CANAL PARSHALL

Primero encontramos el ancho de la garganta del canal Parshall dependiendo principalmente del caudal y el tirante de agua; es la base para fijar las distintas medidas internas y externas de la canaleta, establecidas como constantes en el manual de hidráulica de Acevedo Neto y Acosta Álvarez.

Se utilizaron las ecuaciones de la Tabla VI, correspondiente al ancho de la garganta W de 152.4 mm.

$$Q = 0.3812 H_o^{1.58}$$

$$H_o = \left(\frac{Q}{0.3812}\right)^{1/1.58}$$

$$H_o = \left(\frac{0.0095 \text{ m}^3/\text{s}}{0.3812}\right)^{1/1.58}$$

$$H_o = 0.096 \text{ m}$$

Luego verificamos con la Tabla VII las medidas correspondientes al valor de la garganta, resultando los siguientes datos:

Tabla XXIII. Datos de las medidas del canal parshall

W	A	B	C	D	E	F	G	K	M	N	P	R	X	Y
152.4	621	610	394	397	610	305	610	76	605	114	902	406	51	76

Fuente: Manual de Hidráulica de Acevedo Neto y Acosta Álvarez.

Para verificar la eficiencia del canal Parshall realizamos las siguientes ecuaciones:

Ancho de la sección

$$D' = \frac{2}{3}(D - W) + W$$

Ecuación 41

Donde:

D' = Ancho de la sección

D = Ancho del extremo de aguas arriba de la canaleta

W = Tamaño de la garganta

$$D' = \frac{2}{3}(0.397m - 0.1524m) + 0.1524m$$

$$D' = 0.315 m$$

Velocidad de aproximación

$$V_o = \frac{Q}{H_o D'}$$

Ecuación 42

Donde

V_o = Velocidad de aproximación

Q = Caudal

H_o = Sección de perdición

D' = Ancho de la sección

$$V_o = \frac{0.0095 \text{ m}^3/s}{0.096 \text{ m} \times 0.315 \text{ m}}$$

$$V_o = 0.314 \text{ m/s}$$

Caudal específico

$$q = \frac{Q}{W}$$

Ecuación 43

Donde:

q = Caudal específico

Q = Caudal

W = Tamaño de la garganta

$$q = \frac{0.0095 \text{ m}^3/s}{0.1524 \text{ m}}$$

$$q = 0.062 \text{ m}^3/sm$$

Carga E_o

$$E_o = \frac{V_o^2}{2g} + H_o + N$$

Ecuación 44

Donde

E_o = Carga E_o

V_o = Velocidad de aproximación

g = Gravedad

H_o = Sección de perdición

N = Profundidad de la depresión en la garganta debajo de la cresta

$$E_o = \frac{(0.314 \text{ m/s})^2}{2(9.8 \text{ m/s}^2)} + 0.096 \text{ m} + 0.114 \text{ m}$$

$$E_o = 0.215 \text{ m}$$

Velocidad del resalto

Primero encontramos

$$\cos\theta = \frac{qg}{\left(\frac{2}{3}gE_o\right)^{1.5}}$$

Ecuación 45

Donde:

q = Caudal específico

g = Gravedad

E_o = Carga E_o

$$\cos\theta = \frac{0.062 \text{ m}^3/\text{sm} \times 9.8 \text{ m/s}^2}{\left(\frac{2}{3} \times 9.8 \text{ m/s}^2 \times 0.215 \text{ m}\right)^{1.5}}$$

$$\cos\theta = 0.36 : 68.89^\circ$$

Luego reemplazamos el dato en la siguiente ecuación:

$$V_1 = 2 \sqrt{\frac{2gE_o}{3}} \times \frac{\cos\theta}{3}$$

Ecuación 46

Donde:

V₁ = Velocidad del resalto

g = Gravedad

E_o = Carga E_o

$$V_1 = 2 \sqrt{\frac{2 \times 9.8 \text{ m/s}^2 \times 0.215 \text{ m}}{3}} \times \frac{\cos 89.33^\circ}{3}$$

$$V_1 = 0.28 \text{ m/s}$$

Altura antes del resalto

$$h_1 = \frac{q}{V_1}$$

Ecuación 47

Donde:

h₁ = Altura antes del resalto

q = Caudal específico

V₁ = Velocidad del resalto

$$h_1 = \frac{0.062 \text{ m}^3/\text{sm}}{0.28 \text{ m/s}}$$

$$h_1 = 0.22 \text{ m}$$

Número de Froude

$$F_1 = \frac{3.16}{gh_1}$$

Ecuación 48

Donde:

F₁ = Número de Froude

g = Gravedad

h₁ = Altura antes del resalto

$$F_1 = \frac{3.16}{9.8 \text{ m/s}^2 \times 0.22 \text{ m}}$$

$$F_1 = 1.46$$

Altura del resalto en el punto 2

$$h_2 = \frac{h_1}{2} (\sqrt{1 + 8F_1^2} - 1)$$

Ecuación 49

Donde:

h₂ = Altura del resalto en el punto 2

h₁ = Altura antes del resalto

F₁ = Número de Froude

$$h_2 = \frac{0.22\text{m}}{2} (\sqrt{1 + 8 \times (1.46)^2} - 1)$$

$$h_2 = 0.35\text{m}$$

Velocidad del resalto en el punto 2

$$V_2 = \frac{Q}{Wh_2}$$

Ecuación 50

Donde:

V_2 = Velocidad del resalto en el punto 2

Q = Caudal

W = Tamaño de la garganta

h_2 = Altura del resalto en el punto 2

$$V_2 = \frac{0.0095 \text{ m}^3/\text{s}}{0.1524\text{m} \times 0.35\text{m}}$$
$$V_2 = \mathbf{0.178 \text{ m/s}}$$

Altura de salida

$$h_3 = h_2 - (N - K)$$

Ecuación 51

Donde:

h_3 = Altura de salida

h_2 = Altura del resalto en el punto 2

N = Profundidad de la depresión en la garganta debajo de la cresta

K = Diferencia de nivel entre el punto más bajo de la canaleta y la cresta

$$h_3 = 0.35\text{m} - (0.114\text{m} - 0.076\text{m})$$
$$h_3 = \mathbf{0.312\text{m}}$$

Velocidad saliente

$$V_3 = \frac{Q}{Wh_3}$$

Ecuación 52

Donde :

V₃ = Velocidad saliente

Q = Caudal

W = Tamaño de la garganta

h₃ = Altura de salida

$$V_3 = \frac{0.0095 \text{ m}^3/\text{s}}{0.1524\text{m} \times 0.312\text{m}}$$
$$V_3 = \mathbf{0.199 \text{ m/s}}$$

Pérdida de carga

$$h_p = H_o + K - h_3$$

Ecuación 53

Donde:

h_p = Pérdida de carga

H_o = Sección de perdición

K = Diferencia de nivel entre el punto más bajo de la canaleta y la cresta

h₃ = Altura de salida

$$h_p = 0.096 \text{ m} + 0.076\text{m} - 0.312\text{m}$$

$$h_p = \mathbf{-0.14}$$

Tiempo de mezcla

$$T = \frac{2G}{V_2 + V_3}$$

Ecuación 54

Donde:

T = Tiempo de mezcla

G = Longitud de la sección divergente

V₂ = Velocidad del resalto en el punto 2

V₃ = Velocidad saliente

$$T = \frac{2 \times 0.610m}{0.178 \text{ m/s} + 0.199 \text{ m/s}}$$

$$T = 3.23s$$

3.1.5.4. SEDIMENTADOR PRIMARIO

El sedimentador que se ha seleccionado para este tratamiento es de tipo rectangular, determinando las medidas con los siguientes cálculos:

Área superficial del sedimentador

Según la Norma RAS 2000 E.4.5.1.1 debe escogerse la mayor de las áreas calculadas, por lo que se ha considerado el caudal pico de la Tabla IX, con un valor de 65 m³/m²d para la carga superficial, incrementado la capacidad del sedimentador en caso de que exista un caudal mayor y así evitar futuros inconvenientes.

$$A = \frac{Q}{Cs}$$

$$A = \frac{820.8 \text{ m}^3/\text{dia}}{65 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{dia}}$$

$$A = 12.63 \text{ m}^2$$

Medidas internas del sedimentador

Ancho del tanque

$$An = \sqrt{\frac{A}{3}}$$

$$An = \sqrt{\frac{12.63 \text{ m}^2}{3}}$$

$$An = 2.05 \text{ m}$$

Largo del tanque

Tomando los criterios de diseño según la Norma RAS 2000 E.4.5.1.1 y el caudal que no es muy grande, se ha decidido que la longitud triplique al ancho.

$$L = 3b$$

$$L = 3 \times 2.05 \text{ m}$$

$$L = 6.15 \text{ m}$$

Alto del tanque

Según la Norma RAS 2000 Literal E.4.5.1.3 propone un valor entre 2 y 5m, por lo que se ha considerado una profundidad de 3m por las características del caudal presente en este diseño.

Volumen del tanque

Los valores que conforman esta ecuación y que fueron calculados anteriormente se han redondeado para facilitar la construcción.

$$\text{Vol} = b \times L \times H$$

$$\text{Vol} = 2.5 \text{ m} \times 6.5 \text{ m} \times 3 \text{ m}$$

$$\text{Vol} = 48.75 \text{ m}^3$$

Tiempo de retención hidráulico

$$\text{Trh} = \frac{\text{Vol}}{Q}$$

$$\text{Trh} = \frac{48.75 \text{ m}^3}{34.2 \text{ m}^3/\text{h}}$$

$$\text{Trh} = 1.43 \text{ h}^{-1}$$

3.1.5.5. TANQUE IMHOFF

Se ha diseñado este tipo de tanque debido a la fácil operación que este posee, para lo cual se desarrollan los siguientes cálculos:

Dimensionamiento del Sedimentador

Área del sedimentador

Según la Tabla X, para el diseño del sedimentador del tanque imhoff considera una carga superficial de $1 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$.

$$As = \frac{Q}{Cs}$$

$$As = \frac{34.2 \text{ m}^3/\text{h}}{1 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}}$$

$$As = 34.2 \text{ m}^2$$

Volumen del sedimentador

De igual manera para determinar el periodo de retención hidráulica que se encuentra en la ecuación 26 del volumen del sedimentador, se toma en cuenta los criterios de diseño de la OPS/CEPIS/05.163, valores que se encuentran entre 1,5 a 2,5 horas (recomendable 2 horas).

$$V = Q \times R$$

$$V = 34.2 \text{ m}^3/\text{h} \times 2 \text{ h}$$

$$V = 68.4 \text{ m}^3$$

Longitud mínima del vertedero de salida.

Para determinar este valor se utilizó el criterio de diseño mencionado en la Tabla X por la OPS/CEPIS/05.163 para la Carga hidráulica sobre el vertedero (Chv), que estará entre 125 a 500 m³/(m*día), recomendando 250.

$$Lv = \frac{Q}{Chv}$$

$$Lv = \frac{820.8 \text{ m}^3/\text{día}}{250 \text{ m}^3/\text{m} \times \text{día}}$$

$$Lv = 3.28 \text{ m}$$

Ancho del tanque

Asumimos 3 m de ancho para el tanque imhoff.

Largo del tanque

$$L = 6.5 \text{ m}$$

Alto del sedimentador

$$Vol = An \times L \times H$$

$$H = \frac{Vol}{An \times L}$$

$$H = \frac{68.4 \text{ m}^3}{3.5\text{m} \times 6.5\text{m}}$$

$$H = 3.5\text{m}$$

Dimensionamiento del digestor

Volumen de almacenamiento y digestión

El tiempo de digestión se lo determina mediante interpolación, basándose en los valores de la Tabla XII.

$$Vd = \frac{Dl \times P \times fcr}{1000}$$

$$Vd = \frac{70 \text{ L/hab} \times \text{año} \times 4227 \text{ hab} \times 0.82}{1000}$$

$$Vd = 242.62 \text{ m}^3/\text{año} * 46 \text{ días} = 31.00 \text{ m}^3$$

Alto del digestor

$$H = \frac{Vol}{b \times L}$$

$$H = \frac{31 \text{ m}^3}{3\text{m} \times 6.5\text{m}}$$

$$H = 1.6 \text{ m}$$

La suma total del volumen del tanque imhoff es de **99.4 m³**

Área de ventilación y cámara de natas

Para diseñar esta área o zona de espumas o natas que se encuentra en la superficie de las cámaras antes mencionadas se debe tener en cuenta las siguientes dimensiones:

- El espaciamiento libre será de 1,0 m como mínimo.
- La superficie libre total será por lo menos 30% de la superficie total del tanque.

3.1.5.6. LECHOS DE SECADO

Para determinar la carga de sólidos y otros parámetros, fue necesario utilizar datos encontrados en los resultados de la caracterización del agua residual como los sólidos suspendidos antes registrados.

Carga de sólidos que ingresa al sedimentador

$$C = Q \times Ss$$

$$C = 820.8 \text{ m}^3/\text{día} \times 0.116 \text{ kg}/\text{m}^3$$

$$C = 95.21 \text{ Kg de Ss}/\text{día}$$

Masa de sólidos que conforman los lodos

$$Msd = (0.5 \times 0.7 \times 0.5 \times C) + (0.5 \times 0.3 \times C)$$

$$Msd = \left(0.5 \times 0.7 \times 0.5 \times 95.21 \text{ Kg de Ss}/\text{día} \right) + (0.5 \times 0.3 \times 95.21 \text{ Kg de Ss}/\text{día})$$

$$Msd = 30.94 \text{ Kg de Ss}/\text{día}$$

Volumen diario de lodos digeridos

$$Vld = \frac{Msd}{\rho_{lodo} \times \left(\frac{\% \text{solidos}}{100} \right)}$$

$$Vld = \frac{30.94 \text{ Kg de Ss}/\text{día}}{1.04 \text{ Kg}/\text{L} \times \left(\frac{10}{100} \right)}$$

$$Vld = 297.5 \text{ L}/\text{día}$$

Volumen de lodos a extraerse del tanque

$$\mathbf{Vel} = \frac{\mathbf{Vld} \times \mathbf{Td}}{\mathbf{1000}}$$
$$\mathbf{Vel} = \frac{297.5 \text{ L/día} \times 46 \text{ dia}}{1000}$$
$$\mathbf{Vel} = \mathbf{13.69m^3}$$

Área del lecho de secado

La profundidad aplicable esta entre 0,20 a 0,40m según la OPS/CEPIS/05.163, por lo que se ha tomado una profundidad de 0.40 m.

$$\mathbf{Als} = \frac{\mathbf{Vel}}{\mathbf{Ha}}$$
$$\mathbf{Als} = \frac{13.69m^3}{0.40m}$$
$$\mathbf{Als} = \mathbf{34.23m^2}$$

Ancho

El ancho de los lechos de secado es generalmente de 3 a 6 m según la OPS/CEPIS, por lo que se ha tomado el valor de 5m como un valor medio.

Longitud

$$\mathbf{Als} = \mathbf{L} \times \mathbf{b}$$

$$\mathbf{L} = \frac{\mathbf{Als}}{\mathbf{b}}$$

$$\mathbf{L} = \frac{34.23m^2}{5m}$$

$$L = 6.85 \text{ m}$$

Para facilitar el diseño se redondeó este valor a 7 m.

3.1.5.7. FILTRO ANAEROBIO DE FLUJO ASCENDENTE

Se diseñará dos filtros anaerobios para obtener dimensiones que cumplan los valores recomendados, por lo que el caudal de diseño que se utiliza se dividirá en dos.

Volumen del filtro

Tomando los valores de la tabla XVI para el tiempo de retención hidráulica se realiza la siguiente ecuación.

$$V_f = Q_d \times \text{Thr}$$
$$V_f = \frac{820 \text{ m}^3/\text{d}}{2} \times 0.167 \text{ d}$$
$$V_f = 68.47 \text{ m}^3$$

Altura total del filtro

La altura útil en este caso lo tenemos como criterio de diseño para el FAFA, por lo que se puede asumir la altura del falso fondo de 0.20 m y de la lámina de salida del agua en 0.30 m.

$$H_T = H_u + H_{ff} + H_l$$
$$H_T = 1.8 \text{ m} + 0.20 + 0.30 \text{ m}$$

$$H_T = 2.30 \text{ m}$$

Diámetro del filtro

Despejamos el diámetro del filtro a partir de la ecuación 39, obteniendo lo siguiente:

$$D = \sqrt{\frac{V_f \times 4}{H_T \times \pi}}$$
$$D = \sqrt{\frac{68.47 \text{ m}^3 \times 4}{2.30 \text{ m} \times \pi}}$$
$$D = 6.15 \text{ m}$$

Volumen del filtro con el material filtrante

$$V_{mf} = 68.47 \text{ m}^3 \times 40\%$$
$$V_{mf} = 27.39 \text{ m}^3$$

Según la RAS 2000 literal E.4.7.9.3 recomienda incrementar un colector o canal en el borde de la superficie para conducir uniformemente el agua al punto de salida el cual tendrá un espesor de 0.30 m

3.2. Cálculo para determinar la remoción de los contaminantes

Para determinar la eficiencia que tiene cada proceso diseñado para la planta de tratamiento en la remoción de los contaminantes presentes en el agua residual se tomó en cuenta los parámetros más importantes como son: DQO, DBO₅, sólidos suspendidos. Tomando valores teóricos de diferentes investigaciones.

3.2.1. Sedimentador Primario

Según bibliografía revisada se encontró que el sedimentador primario varía la eficiencia en un rango de 35 – 45 % para DQO y DBO₅ y sólidos suspendidos entre 50 – 70 %, por lo que se ha tomado para DQO y DBO₅ un valor de 40 % y 60% para sólidos suspendidos.

Remoción de DQO

$$DQO_{removida} = 1688mg/L - \left(\frac{1688mg/L \times 40}{100}\right)$$

$$DQO_{removida} = 1012.8 mg/L$$

Remoción de DBO₅

$$DBO_{5\text{ removida}} = 840mg/L - \left(\frac{840mg/L \times 40}{100}\right)$$

$$DBO_{5\text{ removida}} = 504mg/L$$

Remoción de SS

$$SS_{removidos} = 116mg/L - \left(\frac{116mg/L \times 60}{100}\right)$$

$$SS_{removidos} = 46.4mg/L$$

3.2.2. Tanque Imhoff

De la misma manera el porcentaje de eficiencia que este proceso posee se encuentra dentro de un rango del 35 -65 % para la DBO₅, DQO y entre 35 y 85 % para sólidos suspendidos, por lo que hemos tomado el valor de 60 % para la DBO₅ y DQO, y 40 % para sólidos suspendidos.

Remoción de DQO

$$DQO_{removida} = 1012.8 \text{ mg/L} - \left(\frac{1012.8 \text{ mg/L} \times 60}{100} \right)$$

$$DQO_{removida} = 405.12 \text{ mg/L}$$

Remoción de DBO₅

$$DBO_{5 \text{ removida}} = 504 \text{ mg/L} - \left(\frac{504 \text{ mg/L} \times 60}{100} \right)$$

$$DBO_{5 \text{ removida}} = 201.6 \text{ mg/L}$$

Remoción de SS

$$SS_{removidos} = 46.4 \text{ mg/L} - \left(\frac{46.4 \text{ mg/L} \times 40}{100} \right)$$

$$SS_{removidos} = 27.84 \text{ mg/L}$$

Cabe recalcar que se puede eliminar el nitrógeno en un rango de 0 – 60%, el Fósforo entre 0 -70% y Coliformes fecales entre 10 – 90 %.

3.2.3. Filtro anaerobio de flujo ascendente

Por último tenemos el filtro anaerobio de flujo ascendente con una eficiencia para DQO entre 60 - 70%, para la DBO₅ un rango de 65 - 80% y de sólidos encontramos una de eficiencia entre 60 – 70%. Tomando la DQO, DBO₅ de 65 % de eficiencia y sólidos suspendidos en 60%.

Remoción de DQO

$$DQO_{removida} = 405.12 \text{ mg/L} - \left(\frac{405.12 \text{ mg/L} \times 65}{100} \right)$$

$$DQO_{removida} = 141.79 \text{ mg/L}$$

Remoción de DBO_5

$$DBO_{5\text{ removida}} = 201.6 \text{ mg/L} - \left(\frac{201.6 \text{ mg/L} \times 65}{100} \right)$$

$$DBO_{5\text{ removida}} = 70.56 \text{ mg/L}$$

Remoción de SS

$$SS_{\text{removidos}} = 27.84 \text{ mg/L} - \left(\frac{27.84 \text{ mg/L} \times 60}{100} \right)$$

$$SS_{\text{removidos}} = 11.14 \text{ mg/L}$$

Mediante este tiramiento existe una alta posibilidad de que los coliformes fecales restantes de los procesos anteriores disminuyan entre un 98 y 99 % con el filtro anaerobio de flujo ascendente.

3.3. Impacto ambiental

Debido a que las propuestas de construcción de cualquier tipo implican consigo una serie de impactos ambientales ya sean estos positivos o negativos durante su construcción, ejecución y abandono, se diseñó una matriz modificada de Leopold donde se identifica claramente las acciones e impactos que estos ocasionan al medio que los rodean.

Las acciones impactantes se basaron en información recolectada a personal capacitado sobre el tema de construcción, obteniendo las siguientes:

A. Fase de construcción

- Desbroce y limpieza de la corteza
- Excavación con maquinaria
- Transporte de materiales
- Construcción de la obra
- Generación de material desecho

- Mantenimiento de vías de acceso

Los posibles factores ambientales de significancia para este proyecto se tomaron de la guía metodológica de impactos ambientales de Conesa Fernandez, resultando lo siguiente:

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

A. Aire

- Emisiones atmosféricas
- Generación de olores
- Nivel sonoro

B. Suelo

- Uso del suelo
- Calidad del suelo

C. Agua

- Uso del agua
- Calidad del agua

CONDICIONES BIOLÓGICAS

D. Flora

- Desaparición de la cubierta vegetal

E. Fauna

- Desaparición de la microfauna
- Aparición de vectores

FACTORES ANTROPOLÓGICOS

F. Infraestructura

- Consumo energético

G. Humano

- Salud y seguridad laboral

H. Económico

- Generación de empleo
- Paisaje

Para la evaluación de los impactos ambientales que se producen en la implementación de este proyecto se aplicó la metodología 2.3.8 del capítulo II de igual manera los valores de la tabla XIX, obteniendo la siguiente matriz:

Tabla. XXIV. Matriz de Leopold

ACTIVIDADES FACTORES AMBIENTALES	FASE DE CONSTRUCCIÓN						Afecciones Negativas	Afecciones Positivas	Agregación de impacto	Número de interacciones
	Desbroce y limpieza	Excavación con maquinaria	Transporte de materiales	Construcción de la obra	Desalojo de material desecho	Mejoramiento de vías de acceso				
AIRE										
Emisiones atmosféricas (polvo)		-7 2	-2 1	-2 2	-5 1		4	0	-25	4
Generación de olores			-1 1	-1 1			2	0	-2	2
Nivel sonoro	-2 1	-7 2	-4 1	-2 2	-2 2		5	0	-28	5
SUELO										
Uso del suelo		-2 3		-5 6		4 3	2	1	-24	3
Calidad del suelo		-1 2		-4 6			2	0	-26	2
AGUA										
Uso del agua				-1 1		-1 1	2	0	-2	2
Calidad del agua				-2 1			1	0	-2	1
FLORA										
Desalojo cubierta vegetal	-2 3	-1 1		-2 3		-2 3	4	0	-19	4
FAUNA										
Desaparición de la microfauna	-1 1	-2 1		-2 3		-2 2	4	0	-13	4
Aparición de vectores				-2 1			1	0	-2	1
INFRAESTRUCTURA										
Consumo energético				-2 3			1	0	-6	1
HUMANO										
Salud y seguridad laboral	-1 1	-1 1		-1 1	-1 1		4	0	-4	4
ECONÓMICO										
Generación de empleo	5 3	6 3	6 3	7 3	6 3	7 3	0	6	111	6
Paisaje				-1 3			1	0	-3	1
Afecciones Negativas	4	7	3	13	3	3	33			
Afecciones Positivas	1	1	1	1	1	2		7		
Agregación de impacto	5	-22	11	-69	8	22			-45	
Número de interacciones	5	8	4	14	4	5				40

Fuente: Pamela Cepeda

Luego de identificar y calificar la magnitud e importancia de los posibles impactos que se generaran en la implementación de la planta de tratamiento de aguas residuales mediante la matriz de Leopold, determinamos 33 afecciones negativas y 7 afectaciones positivas con un total de 40, identificando claramente que la mayoría de ellas son negativas; con un valor en la agregación de impacto de -45 que al compararla con la tabla XX nos da una evaluación negativa media, es decir su incidencia en el proyecto no es mayor por lo que no requiere de medidas correctoras y sus impactos negativos con el pasar del tiempo se corregirán.

Las actividades que mayor daño ocasionan son la construcción de la planta de tratamiento y las excavaciones necesarias para la misma, hay que tomar en cuenta que son temporales y con el pasar del tiempo desaparecerán.

El factor más vulnerable identificado en la tabla XXIV es el uso y calidad del suelo al igual que la producción de partículas y el nivel sonoro que se generan únicamente en la construcción de la planta, estos pequeños inconvenientes se los puede evitar con equipo adecuado para los trabajos como mascarillas y orejeras al igual que incrementando barreras o cercos alrededor de la construcción.

El equilibrio que este diseño presenta es la generación de empleo tanto en la fase de construcción como la de operación dando un impacto positivo de nivel alto, siendo factible para la población beneficiada.

3.4. Discusión de resultados

3.4.1. Resultados topográficos

El sitio propuesto para la implementación presenta una terraza compuesta por capas de arena con grava aparentemente consolidadas formando el talud del sector, producto de flujos de lodo. La capa superior está caracterizada por un flujo de lodo o lahar, de material bastante arenoso con numerosos bloques de diferente tamaño formando una llanura que se encuentra a 1765 msnm junto a la rivera del río Pastaza en las siguientes coordenadas N 9846300,9436 y E 786697,8685. La descarga actual se encuentra a 1731.99 msnm por lo que existe una diferencia de

alturas que se puede aprovechar con la utilización de maquinaria adecuada para optimizar el funcionamiento de la planta.

3.4.2. Resultados de la medición del caudal

En la siguiente tabla se muestran los promedios diarios obtenidos en cada medición realizada, durante los 5 días.

Tabla XXV. Resultados de la medición del caudal

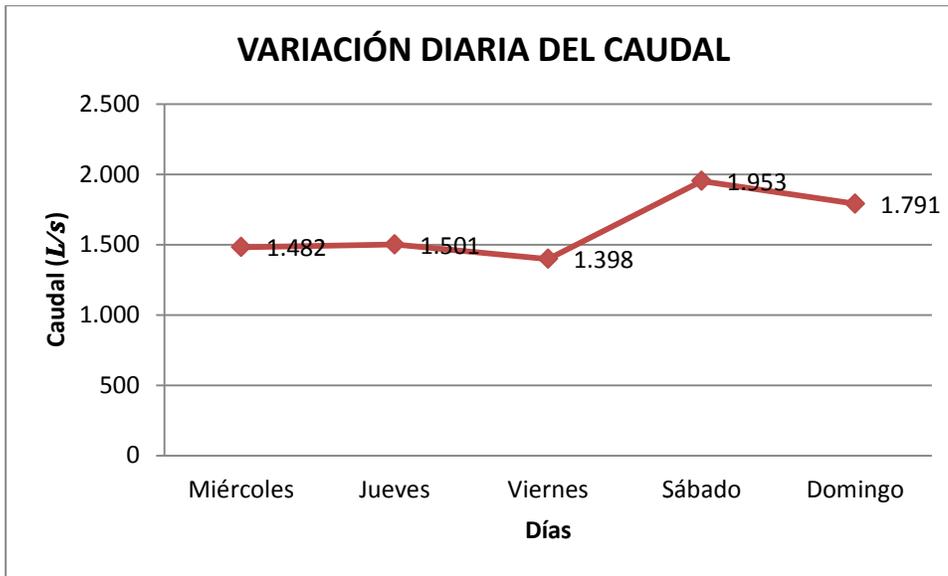
FECHA	CAUDAL (L/s)
Miércoles 11-09-13	1.482
Jueves 12-09-13	1.501
Viernes 13-09-13	1.398
Sábado 14-09-13	1.953
Domingo 15-09-13	1.791
PROMEDIO	1.625

Fuente: Pamela Cepeda

Como se puede apreciar en la tabla tenemos un valor promedio de 1.625 L/s, registrando un caudal mínimo el día viernes con 1.398 L/s y un caudal máximo de 1.953 L/s el día sábado. La variación que existe en un aumento del caudal los días sábado y domingo se debe a las condiciones climáticas que se presentaron en la ciudad, con precipitaciones durante el día y la noche respectivamente. Como se menciona anteriormente el tipo de alcantarillado con que cuenta el sector es combinado, es decir tanto para aguas residuales domésticas como para caudal pluvial.

En el siguiente gráfico se puede observar la variación que existe en los días que se realizó la medición del caudal del agua residual.

Figura IX. Variación diaria del caudal



Fuente: Pamela Cepeda

3.4.3. Resultados de la caracterización del agua residual

Los valores obtenidos en la Tabla XIX para las muestras de aguas residual indican una elevada cantidad de sólidos totales, tanto disueltos como suspendidos y sedimentables. Los valores para sólidos sedimentables indican la existencia de lluvias por lo que arrastran cualquier cantidad de impurezas, los valores correspondientes a sólidos disueltos podrían indicar niveles de polución elevados debidos a contaminantes domésticos.

Para analizar la contaminación orgánica, se ha tomado en cuenta la demanda química de oxígeno y la demanda bioquímica de oxígeno como indicadores de contaminación, los cuales indican niveles de DBO5 comprendidos entre 188mg/L y 840 mg/L, (rango en el que se encuentra el valor más bajo y alto muestreado) y la DQO entre 1688 mg/L y 1070 mg/L. Además, los valores referentes a la

concentración de coliformes totales (comprendidos entre 2.1×10^4 a 1.1×10^5 UFC/100 mL.) indican contaminación microbiológica nociva para la salud humana, al superar el valor considerado aceptable para aguas servidas.

En cuanto a la contaminación química, el pH de las muestras se encuentra dentro de los límites, es decir entre 5 y 9, pero tiende a ser levemente básica por las sales presentes en las muestras, sin embargo la principal fuente de contaminación química ocurre por compuestos que contienen fosfatos.

Es necesario mencionar que aunque las descargas procedentes de Baños no aumentan significativamente los niveles de contaminación del río Pastaza, el mismo representa un cuerpo hídrico ya contaminado previa la recepción de aquellas. Esto es explicable, ya que el río acarrea a su paso por la ciudad, elevados contenidos de contaminantes químicos y orgánicos a causa de las descargas de aguas servidas domésticas e industriales vertidas en poblaciones situadas en puntos más altos de la cuenca, como Ambato, Riobamba y Latacunga, sin contar las provenientes de un apreciable número de cabeceras cantonales, parroquiales y comunas existentes aguas arriba.

3.4.4. Resultados del dimensionamiento de la planta

A continuación se muestran los resultados del dimensionado para cada tratamiento propuesto para esta investigación tomando en cuenta guías y criterios de diseño.

3.4.1.1. Resultado del cálculo de la población de diseño

La proyección demográfica se efectuó para un periodo de 25 años para la planta de tratamiento de aguas residuales, tomando en cuenta varios factores ya que se considera un valor importante para el dimensionamiento de cada unidad que conforma la misma.

Tabla XXVI. Resultados del cálculo de la población de diseño

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD
Población actual	2331	Hab
Población futura	4227	Hab

Fuente: Pamela Cepeda

3.4.1.2. Resultados del cálculo del caudal de diseño

La determinación del caudal de diseño es primordial al empezar a desarrollar el dimensionamiento de la planta de tratamiento, obteniendo a continuación los siguientes resultados:

Tabla XXVII. Resultados del cálculo del caudal de diseño

PARÁMETRO	ABREVIATURA	VALOR	UNIDAD
Caudal de aguas residuales	Q_p	5.14	L/s
Caudal máximo futuro	Q_{maxf}	4.8	L/s
Caudal de infiltración	Q_{inf}	0.25	L/s
Caudal de conexiones erradas	Q_{ce}	0.51	L/s
Caudal pluvial	Q_p	3.9	L/s
Caudal de diseño	Q_d	9.5	L/s

Fuente: Pamela Cepeda

3.4.1.3. Resultados del dimensionamiento del canal de entada

Tomando en cuenta las medidas del canal de llegada se calcularon los siguientes parámetros necesarios para la entrada a la planta de tratamiento, llegando a obtener lo siguiente:

Tabla XXVIII. Resultados del dimensionamiento del canal de entrada

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD
Diámetro de la tubería	12	plg
Caudal de diseño	0.0095	m ³ /s
Área del canal	0.016	m ²
Ancho del canal	0.3	m
Alto del tirante de agua	0.05	m
Altura de seguridad	0.45	m
Altura total	0.50	m
Pendiente	1	%

Fuente: Pamela Cepeda

Como se observa en la tabla, las dimensiones del canal son: de ancho 0.3 m, de altura del tirante de agua 0.05 m y como prevención en caso de que el caudal aumente tenemos una altura de seguridad de 0.45 m, teniendo una altura total de 0.5 m y un área de 0.016 m², también este canal tendrá una pendiente del 1%.

3.4.1.4. Resultados del dimensionamiento de la rejilla

Luego de considerar criterios de diseño para el dimensionamiento de rejillas como el ángulo de 70°, el espesor de las barras en 0.01 m, la separación entre ellas de 0.015 m, el material de las barras que en este caso son de acero sin recubrimiento y sobre todo tomando en cuenta el caudal de diseño que en este caso es pequeño se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla XXIX. Resultados del dimensionamiento de las rejillas

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD
Angulo de inclinación	70	°
Espesor de las barras	0.01	m
Separación entre las barras de la rejilla	0.015	m
Velocidad de aproximación a las rejillas	0.77	m/s
Longitud de las rejilla	0.55	m
Número de barras	12	
Largo del canal	1	m
Pendiente	5	%
Largo de la bandeja de escurrimiento	0.30	m
Ancho de la bandeja de escurrimiento	0.30	m

Fuente: Pamela Cepeda

Como se puede observar en la tabla se encontró una velocidad de aproximación a las rejillas de 0.77 m/s la cual se encuentra dentro de los parámetros ya que la velocidad mínima debe ser de 0.6 m/s, de igual manera se determinó la longitud de la rejilla en 0.055 m y 12 barras son las que conformarán la misma.

Las medidas de la rejilla son las mismas del canal de entrada es decir de ancho 0.3 m, altura total 0.5 m y la pendiente de 5 %, con un largo de 1 m.

Se incrementó una bandeja de escurrimiento en la parte superior de las rejillas de 30 cm de largo y 30cm de ancho con orificios de 1 cm de diámetro.

3.4.1.5. Resultados del dimensionamiento del canal Parshall

Con los cálculos realizados y el manual de hidráulica de Acevedo Neto y Acosta Álvarez se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla XL. Resultados del dimensionamiento del canal parshall

PARÁMETRO	SIMBOLOGÍA	VALOR	UNIDAD
Tamaño de la garganta	W	152.4	mm
Longitud de la pared lateral de la sección convergente	A	621	mm
Longitud axial de la sección convergente	B	610	mm
Ancho del extremo de aguas debajo de la canaleta	C	394	mm
Ancho del extremo de aguas arriba de la canaleta	D	397	mm
Profundidad de la canaleta	E	610	mm
Longitud de la garganta	F	305	mm
Longitud de la sección divergente	G	610	mm
Diferencia de nivel entre el punto más bajo de la canaleta y la cresta	K	76	mm
Longitud de la transición de entrada	M	605	mm
Profundidad de la depresión en la garganta debajo de la cresta	N	114	mm
Alto del canal	L	305	mm
Ancho de la entrada de la transición	P	902	mm
Radio de curvatura	R	406	mm
Abscisa del punto de medición	X	51	mm
Ordenada del punto de medición	Y	76	mm
Ancho de la sección	D'	0.315	m
Velocidad de aproximación	V _o	0.314	m/s
Caudal específico	q	0.062	m ³ /sm
Carga	E _o	0.215	m
Velocidad del resalto	V ₁	0.28	m/s
Altura antes del resalto	h ₁	0.22	m

Número de Froude	F_1	1.46	--
Resalto en el punto	h_2	0.35	m
Resalto	V_2	0.178	m/s
Altura de salida	h_3	0.312	m
Velocidad saliente	V_3	0.199	m/s
Pérdida de carga	h_p	-0.14	--
Tiempo de mezcla	T	3.23	s

Fuente: Pamela Cepeda

3.4.1.6. Resultados del dimensionamiento del sedimentador primario

Para mejorar la eficiencia de la planta se diseñó un sedimentador primario de forma rectangular, utilizando una carga superficial para caudal pico de $65 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{día}$ y el caudal de $820.8 \text{ m}^3/\text{día}$, resultando los siguientes valores:

Tabla XLI. Resultados del dimensionamiento del sedimentador

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD
Carga superficial para caudal pico	65	$\text{m}^3/\text{m}^2\text{día}$
Caudal	820.8	$\text{m}^3/\text{día}$
El área superficial del sedimentador	12.63	m^2
Ancho del tanque	2.05	m
Largo del tanque	6.15	m
Alto del tanque	3	m
Volumen del tanque	48.75	m^3
Tiempo de retención hidráulico	1.43	h
Pendiente	12	°

Fuente: Pamela Cepeda

El sedimentador resultó como medidas internas de ancho 2.05 m, de largo 6.15 m, y de alto 3 m, formando así un volumen del tanque de 48.75 m y una área superficial de 12.63 m².

Con un tiempo de retención hidráulica de 1.43 h, la cual se encuentra dentro de los parámetros de diseño que señalan que mínimo es 1h, garantizando así la sedimentación de los sólidos suspendidos presentes.

3.4.1.7. Resultados del dimensionamiento del tanque imhoff

Para el dimensionamiento se realizó en dos partes, una para el sedimentador y otra para el digestor, los dos componentes son los que conforman el tanque imhoff, los resultados se observan a continuación:

Tabla XLII. Resultados del dimensionamiento del tanque imhoff

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD
Dimensionamiento del sedimentador		
Área del sedimentador	34.2	m ²
Volumen del sedimentador	68.4	m ³
Longitud mínima del vertedero de salida.	3.28	m
Ancho	3	m
Largo	6.5	m
Alto	3.5	m
Espacio entre las cámaras	0.5	m
Espacio libre en la zona de natas	1	m
Dimensionamiento del digestor		
Volumen de almacenamiento y digestión, en 46 días q	31.00	m ³

demora en digerir a 18°		
Alto	1.6	m
Suma del volumen del tanque imhoff 99.4 m ³	99.4	m ³

Fuente: Pamela Cepeda

El sedimentador consta de una área de 34.2 m² con un volumen de 68.4 m³, mediante estos datos se encontraron la medida del ancho con 3 m, el largo de 6.5 m y el alto de 3.5 m con una longitud mínima del vertedero de salida de 3.28 m.

El fondo del tanque de sedimentación será de sección transversal en forma de V y la pendiente de los lados respecto a la horizontal tendrá 60°.

En la arista central se debe dejar una abertura para paso de los sólidos removidos hacia el digester, esta abertura será de 0,20 m.

Uno de los lados se prolongará 20 cm, de modo que impida el paso de gases y sólidos desprendidos del digester hacia el sedimentador, situación que reducirá la capacidad de remoción de sólidos en suspensión de esta unidad de tratamiento.

El digester tendrá las mismas medidas en largo y ancho que las del tanque sedimentador, pero el alto será de 1.6 m dando como volumen de almacenamiento y digestión 31 m³, tomando en cuenta que el tiempo de digestión para la temperatura del lugar (18°) es de 46 días.

El fondo de la cámara de digestión tendrá la forma de un tronco de pirámide invertida (tolva de lodos), para facilitar el retiro de los lodos digeridos.

Las paredes laterales de esta tolva tendrán una inclinación de 30° con respecto a la horizontal.

La altura máxima de los lodos deberá estar 0,50 m por debajo del fondo del sedimentador.

Para el diseño de la zona de espuma o nata que se encuentra en la superficie de las cámaras se debe tener un espaciamiento libre de 1,0 m.

La superficie libre total será por lo menos 30% de la superficie total del tanque.

3.4.1.8. Resultados del dimensionamiento de los lechos de secado

Luego del proceso biológico con el tanque imhoff se obtiene como residuo los lodos, los cuales necesitan deshidratarse para que puedan ser puestos a disposición del personal; mediante una serie de cálculos y datos se ha llegado a los siguientes resultados:

Tabla XLIII. Resultados del dimensionamiento de los lechos de secado

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD
Carga de sólidos que ingresa al sedimentador	95.21	Kg de Ss/día
Masa de sólidos que conforman los lodos	30.94	Kg de Ss/día
Volumen diario de lodos digeridos.	297.5	L/día
Volumen de lodos a extraerse del tanque	13.69	m ³
Área del lecho de secado	34.23	m ²
Numero de lechos	2	
Profundidad del medio de drenaje	0.40	m
Alto	0.80	m
Ancho	2.5	m
Longitud	3.5	m

Fuente: Pamela Cepeda

Se determinaron las medidas de los lechos de secado obteniendo de profundidad 0.40 m, ancho 2.5 m y de largo 3.5 m; son 2 unidades que se implementaran para facilitar la construcción, mantenimiento y recolección de los lodos. Al salir de este tratamiento los lodos llegan a estar estabilizados por lo que se puede aprovechar como abono.

El medio de drenaje o la profundidad de los lechos es de 0.40 m como se dijo anteriormente y está constituido por una capa de 15 cm formada de ladrillos colocados sobre el medio filtrante (arena), con una separación de 5 cm, la arena debe tener un tamaño entre 0,3 a 1,3 mm, debajo de esta se deberá colocar un estrato de grava graduada entre 1,6 y 51 mm de 0,20 m de espesor.

El diámetro mínimo de la tubería para la remoción de lodos será de 200 mm y deberá estar ubicado 15 cm por encima del fondo del tanque.

Para la remoción se requerirá de una carga hidráulica mínima de 1,80 m.

3.4.1.9. Resultados del dimensionamiento de los filtros anaerobios de flujo ascendente

Finalmente se dimensionó 2 filtros anaerobios circulares los cuales removerán la materia orgánica y sólidos presentes debido a la acción de los procesos anteriores, con esto el agua finalmente tratada pueda ser descargada al río Pastaza.

Utilizando los criterios de diseño para el FAFA se concluyó con las siguientes dimensiones:

Tabla XLIV. Resultados del dimensionamiento del FAFA

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD
Número de filtros	2	unidades
Tiempo de retención hidráulica	4	h
Volumen del filtro vacío	68.47	m ³
Altura del falso fondo	0.20	m
Altura útil	1.8	m
Altura de la lámina de agua	0.3	m
Altura total del filtro	2.30	m

Diámetro del filtro	6.15	m
Espacio que ocupa el medio filtrante	40	%
Volumen del filtro con el material filtrante	27.39	m ³
Ancho del conducto de salida de agua	0.30	m
Espesor del material filtrante (grava)	4 – 7	cm
Espesor del filtro	0.5	cm
Altura para la recolección de gases	0.20	m

Fuente: Pamela Cepeda

Cada filtro tendrá una altura útil o el medio de soporte de 1.80 m, el falso fondo de 0.20 m y la lámina de agua de salida de 0.30 m, es decir con una altura total de 2.30 m. El diámetro del filtro será de 6.15 m y como nos menciona la norma RAS 2000 literal E.4.7.9.3 si este valor excede 1.5m se deberá incrementar un colector o canal en el borde de la superficie para conducir uniformemente el agua al punto de salida por lo que este tendrá un ancho de 0.30 m; también se implementó la tapa del filtro por donde se acumularan los gases y saldrán por su respectivo conducto incorporado en la parte superior del mismo. El material filtrante que conforma estos filtros es de grava con un tamaño entre 4 y 7 cm

3.6. Cumplimiento de la normativa ambiental

Con la propuesta de la planta de tratamiento antes mencionada se pretende reducir los valores de la DQO, DBO₅, SS y Coliformes fecales existentes en el agua residual, a continuación se resume la remoción de los contaminantes comparándola con el TULAS para verificar la eficiencia de la misma.

Tabla. XLV. Comparación de la remoción de contaminantes con el TULAS

Parámetro	Unidad	Agua sin tratamiento	Agua con tratamiento	Limite permisible (TULAS)	CUMPLE
DQO	mg/L	1688	141.79	250	SI
DBO ₅	mg/L	840	70.56	100	SI
SS	mg/L	116	11.14	100	SI
Coliformes fecales	UFC/100 mL	1.9x10 ⁵	< 99%	< 99%	SI, para mayor seguridad se necesitaría un tratamiento de desinfección.

Fuente: TULAS., Libro VI., 2003., Pp. 29 – 30.

3.7. Presupuesto

Con la ayuda de la Ilustre Municipalidad del catón Baños se determinó un presupuesto preliminar para la implantación de la planta de tratamiento de aguas residuales, determinando lo siguiente:

Tabla. XLVI. Presupuesto de implementación de la Planta de Tratamiento

DESCRIPCIÓN	SECTOR	VALOR
Implantación	“El Cosmopolita”	172.778,44
Reajuste de precios		50.000,00
Expropiaciones	Planta de tratamiento	40.000,00
TOTAL DEL PROYECTO		262.778,44

Fuente: Pamela Cepeda

La descripción detallada de la implantación de la planta de tratamiento se encuentra en el Anexo H.

3.8. Planos

Se presenta el siguiente juego de planos para representar la planta de tratamiento de aguas residuales del subsistema Cosmopolita.

Tabla XLVII. Planos de la planta de tratamiento.

DESCRIPCIÓN	PLANOS
Rejillas	1 de 1
Canal Parshall	1 de 1
Sedimentador	1 de 1
Tanque Imhoff	1 de 1
Lechos de secado	1 de 1
Filtro anaerobio de flujo ascendente	1 de 1
Planta de tratamiento y	1 de 1
Planimetría	1 de 1

Fuente: Pamela Cepeda

CAPITULO IV

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

- El cantón Baños de Agua Santa cuenta con 12 descargas dirigidas al Rio Pastaza, cada una representa un subsistema por lo que se ha tomado exclusivamente al subsistema “Cosmopolita”, generando un caudal promedio de agua residual de 1.625 L/s.
- Al realizar la caracterización física, química como biológica del agua residual se determinó un caudal de diseño de 9.5 L/s, al igual que los parámetros analizados en el laboratorio se encontraron la mayoría fuera del límite permitido por la normativa vigente; basándonos en los de mayor importancia para el diseño encontramos valores como la DBO₅ en 1688 mg/L, DQO en 840 mg/L y sólidos suspendidos en 116 mg/L, al igual que coliformes totales comprendido entre 2.1×10^4 y 1.1×10^5 UFC/100 mL, sin dejar de lado los fosfatos, nitratos, sulfatos, sólidos sedimentables y totales; siendo estos tratables con procesos biológicos.
- Los procesos que incluye el sistema de tratamiento constan de: un pretratamiento conformado por una rejilla y el canal parshall, continua con un tratamiento primario representado por un sedimentador rectangular, por último tenemos el tratamiento secundario o biológico que se da en un tanque imhoff luego de este los lodos eliminados se los trata a través de lechos de secado, el agua restante de estos dos procesos pasa directamente a dos filtros anaerobio de flujo ascendente compuesto de grava como material filtrante.

- La eficiencia total de la planta se encuentra en un 91.6 % para la DQO y DBO₅ y 90.6% para sólidos disueltos, por último los coliformes fecales en un 99%, además se puede eliminar una cantidad menor de algunos metales y compuestos presentes en el agua residual siendo apta para ser descargada a un cuerpo hídrico.
- Para una futura implementación se evaluó los impactos ambientales que se podrían generar, llegando a un valor global de afectación de -45 es decir un impacto negativo medio el cual no necesita de medidas correctoras ya que sus impactos son temporales y con el pasar del tiempo se corregirán. Las actividades que mayor daño ocasionan son la construcción y las excavaciones por lo que el factor más vulnerable es el suelo y el nivel sonoro, el equilibrio que este diseño presenta es la generación de empleo tanto en la fase de construcción como la de operación dando un impacto positivo alto, siendo factible para la población beneficiada.
- Según el dimensionamiento del sistema de tratamiento se necesitará por lo menos 700 m² de terreno para su implementación, siendo necesaria y factible para la municipalidad del cantón Baños, beneficiando a los moradores del sector y cumpliendo así con la normativa vigente.

4.2. Recomendaciones

- Para la implementación de este diseño es primordial actualizar los costos tanto en materiales, maquinaria y mano de obra a utilizar; de igual manera se recomienda un estudio de factibilidad con información actualizada para evitar inconvenientes.
- Aunque la planta fue diseñada con los valores contaminantes más altos es necesario realizar nuevos análisis para verificar algún cambio o aumento de estos; de igual manera controlar las descargas en lubricadoras, industrias entre otros que afecten los niveles existentes en el agua residual.
- Según estudios se recomienda evacuar los lodos digeridos del tanque imhoff entre 0.2 y 0.3 m diarios para evitar acumulación y facilitar la deshidratación de estos, para que posteriormente sean reutilizados en la planta de bioles implantado por el Ilustre Municipio del cantón.
- Es importante realizar la caracterización de los lodos que salen de los lechos de secado, para comprobar la presencia de microorganismos patógenos perjudiciales para los seres vivos, y evitar la reutilización de estos.

RESUMEN

Se diseñó un sistema para tratar aguas residuales del subsistema “Cosmopolita” perteneciente al cantón Baños, provincia de Tungurahua.

Aplicando la metodología de análisis procedimos a medir la descarga del subsistema utilizando recipientes graduados y cronometrado; durante cinco días semanales, cuatro horas diarias entre mañana y tarde por las condiciones del lugar, con intervalos de quince minutos entre cada toma. Se recolectó cinco muestras simples en dos horas lo que dio una muestra compuesta diaria para los análisis físicos-químicos y microbiológicos en envases plásticos esterilizados de 4L y 50mL. Inmediatamente se trasladaron al laboratorio de análisis técnicos de la Facultad de Ciencias, ESPOCH.

Resultando valores promediales del agua residual en la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) 477,25 mg/L, Demanda Química de Oxígeno (DQO) 825 mg/L, Sólidos Suspendidos (SS) 98,5 mg/L, Coliformes Fecales 1.6×10^5 UFC/100mL y Coliformes totales 4.1×10^5 UFC/100mL, comprobando que estos parámetros se encuentran fuera del límite permitido por el Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria (TULAS).

La evaluación sobre estos parámetros permitió establecer los siguientes procesos para bajar la contaminación: doce rejillas para eliminar sólidos de tamaño medio, un canal parshall regulador del caudal de ingreso, un sedimentador primario para eliminar sólidos suspendidos, un tanque imhoff como tratamiento biológico con dos lechos para secar lodos, últimamente tenemos dos filtros anaerobios, disminuyendo la DBO_5 70.56 mg/L, DQO 141.79 mg/L, es decir con una eficiencia del 90%.

Siendo recomendable y viable para la municipalidad del cantón Baños construir la planta para un mejor desarrollo social y ambiental en la población, cumpliendo así la normativa vigente; se deberá realizar una previa actualización de los datos y análisis que varían con el tiempo.

SUMARY

A system was designed to treat waste waters of the “Cosmopolitan” subsystem belonging to the canton Baños, province of Tungurahua.

The investigation began the measurement in the discharge of the subsystem using graduated and timed containers; during five days for four daily hours due to the local conditions, with intervals of fifteen minutes among each taking. Five simple samples were gathered in two hours that gave a daily compound sample for the physical-chemical and microbiological analyses in sterilized plastic containers of 4L and 50mL, carried out in the laboratory of technical analysis of the Faculty of Sciences.

Being securities averages of the residual water in the Biochemical Demand of Oxygen (DBO) 477,25 mg/L, Chemistry Oxygen Demand (DQO) 825 mg/L, Suspended Solids (SS) 98,5 mg/L, Fecal Coliforms 1.6×10^5 UFC/100mL and Total Coliforms 4.1×10^5 UFC/100mg, checking that these parameters are outside of the limit allowed by the Unified Text of Secondary Environmental Legislation (TULAS).

The evaluation on these parameters allowed to establish the following processes to lower the contamination: twelve grills to eliminate solids of medium size, a channel parshall flow regulator or income, a primary sedimentation tank to eliminate suspended solids, a tank imhoff as biological treatment with two channels to dry mud, finally one has two filters anaerobes, diminishing the DBO5 70.56 mg/L and the DQO141.79 mg/L, that is to say whit an efficiency of 90%.

Being advisable and viable for the municipality of the canton Baños to build the plant of treatment for a better social and environmental development in the population, completing this way the effective normative; there should be and update of the previous data and analysis that vary whit the time.

BIBLIOGRAFÍA

- **CALVACHE W. Y OTROS.** Tratamiento primario y parámetros hidráulicos. (Tesis.), (Ing. Quím.), Universidad Central del Ecuador., Facultad de Química. Quito – Ecuador., 2002, Pp. 7 – 9.

<http://books.google.com.ec/books?id=Y44LHalpkqwC&pg=PR1&lpg=PR1&dq=>

(2013 – 09 – 19)

- **COLOMBIA. MINISTERIO DE DESARROLLO ECONÓMICO DIRECCIÓN DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO.** Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico. Tratamiento de Aguas Residuales. (Norma.), Vol B., Bogotá – Colombia. 2000. Pp. 57, 58, 59, 60, 68, 69, 70.

<http://cra.gov.co/apc-afiles/37383832666265633962316339623934/4>

(2013 – 08 – 13)

- **COLOMBIA. MINISTERIO DE DESARROLLO ECONÓMICO DIRECCIÓN DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO.** Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico. Tratamiento de Aguas Residuales. (Norma.), Vol C., Bogotá – Colombia., 2000., Pp.51, 52, 53, 54, 55, 56, 176.

<http://cra.gov.co/apc-afiles/37383832666265633962316339623934/5>

(2013 – 08 – 13)

- **COLOMBIA. MINISTERIO DE DESARROLLO ECONÓMICO DIRECCIÓN DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO.** Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico. Tratamiento de Aguas Residuales. (Norma.), Vol D., Bogotá – Colombia., 2000., Pp. 16 - 19, 33 – 38, 44 – 48.

<http://www.minambiente.gov.co/documentos/TituloD.PDF>

(2013 – 08 – 13)

- **COLOMBIA. MINISTERIO DE DESARROLLO ECONÓMICO DIRECCIÓN DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO.** Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico. Tratamiento de Aguas Residuales. (Norma.), Vol E., Bogotá – Colombia., 2000., Pp. 38, 50, 54, 108, 113, 140.

<http://cra.gov.co/apc-afiles/37383832666265633962316339623934/7>

(2013 – 08 – 13)

- **CRITES R. TCHOBANOGLOUS., G.** Tratamientos de Aguas Residuales en Pequeñas Poblaciones. Bogotá- Colombia. Mc Graw Hill. 2000., Pp. 33, 42 – 44.
- **ECUADOR. MINISTERIO DE AMBIENTE.** Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria. 2ª. ed., Quito – Ecuador. 2003., Pp. 29 – 30.

<http://www.calidadambiental.com.ec/web/biblioteca-virtual>

(2013 – 07 – 18)

- **ESTADO DEL TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES EN EL ECUADOR.**

<http://carlos.redes.org.ec/articulo%20estado%20actual%20de%20aguas%20residuales%20domesticas%20y%20municipales%20en%20el%20ecuador.htm>

(2013 – 08 – 05)

- **GOMEZ A. Y ALVAREZ., G.** Evaluación de la eficiencia de un filtro anaerobio de grava a escala piloto – Planta de tratamiento de aguas residuales. (Tesis.), (Ing. Amb.), Universidad Pontificia Bolivariana., Facultad de ingeniería sanitaria y ambiente. Bucaramanga – Colombia. 2008., Pp 21,22.

http://repository.upb.edu.co:8080/jspui/bitstream/123456789/234/1/digital_16622

(2013 – 11 – 07)

- **GORDON FAIR, JOHN C. GEYES, Y OTROS.** Purificación de aguas, tratamientos y remoción de aguas residuales. Madrid – España. Limusa. 1973., Pp. 10.
- **METCALF Y EDDY.** Ingeniería de Aguas Residuales: Tratamiento, Vertido y Reutilización. Volumen I., 3ª.ed., Madrid – España. McGraw-Hill Interamericana. 1995., Pp. 31,103; 127 – 130.

- **MÉTODOS VOLUMÉTRICOS.**

<http://www.fao.org/docrep/T0848S/t0848s06.htm>

(2013 – 10 – 27)

- **PERÚ. ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE SALUD., CENTRO INTERAMERICANO.** Tratamiento aguas residuales. (Norma.), Lima – Perú. 2005., Pp. 13 – 15.

<http://www.bvsde.ops-oms.org/bvsatp/e/tecnoapro>

(2013 – 09 – 03)

- **PERÚ. ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE SALUD., CENTRO INTERAMERICANO.** Guía para el diseño de desarenadores y sedimentadores. (Norma.), Lima – Perú. 2005., Pp. 3, 4, 16 – 20.

<http://www.bvsde.ops-oms.org/bvsatp/e/tecnoapro/documentos/aqua/>

(2013 – 09 – 05)

- **PERÚ. ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE SALUD., CENTRO INTERAMERICANO.** Guía para el diseño de tanques sépticos, tanques imhoff y lagunas de estabilización. (Norma.), Lima – Perú., 2005. pp. 5-10, 14-22, 26-28.

http://www.bvsde.paho.org/bvsacg/guialcalde/2sas/d24/053_Dise%C

(2013 – 09 – 05)

- **PROTOCOLO, TOMA Y PRESERVACIÓN DE LA MUESTRA.**

http://www.drcalderonlabs.com/Metodos/Analisis_DeAguas/Toma_De_Muestras.

(2013 – 08 – 07)

- **RESIDUOS ORGÁNICOS EN AGUAS RESIDUALES.**

<http://www.tecnun.es/Asignaturas/Ecologia/Hipertexto/11CAgua/100CAcu.htm>.

(2013 – 09 – 07)

- **TRATAMIENTO DE EFLUENTES-CARACTERÍSTICAS**

http://www.frbb.utn.edu.ar/carreras/materias/ing_sanitaria/Tema9Introduccion-Definiciones.pdf

(2013 – 08 – 07)

ANEXOS

Anexo A: Resultados de la medición del caudal.

Tabla XLVIII. Resultados de la medición del caudal DÍA 1

Hora	Volumen Punto1 (L)	Tiempo (s)	Caudal (L/s)
06:00	19	10,48	1,8129771
06:15	20	11,52	1,73611111
06:30	17	9,26	1,83585313
06:45	19	10,96	1,73357664
07:00	17	9,55	1,78010471
07:15	15	11,02	1,36116152
07:30	17	12,66	1,34281201
07:45	20	10,95	1,82648402
08:00	18	11,62	1,54905336
08:15	14	13,29	1,05342363
08:30	13	9,71	1,33882595
08:45	15	10,39	1,44369586
09:00	15	10,94	1,37111517
09:15	13	9,94	1,30784708
09:30	11	11,06	0,99457505
09:45	15	11,1	1,35135135
10:00	14	10,21	1,3712047
PROMEDIO			1,48295132

Figura X. Variación del caudal DÍA 1

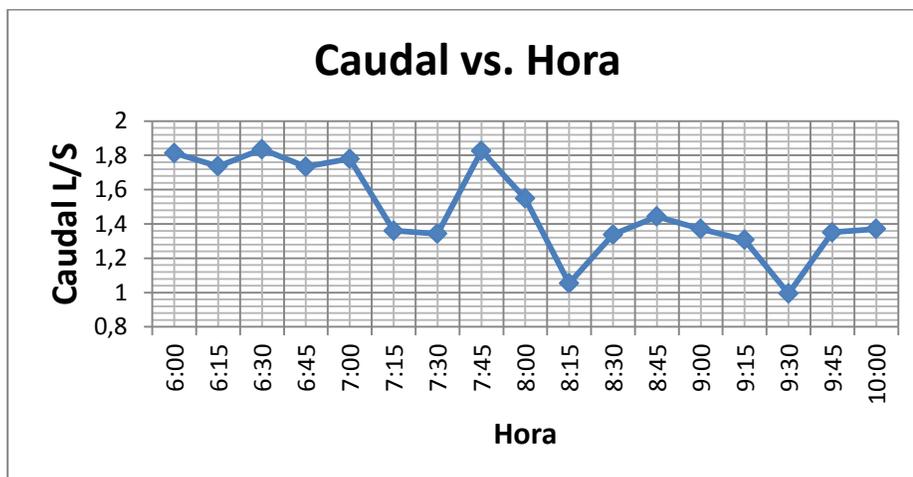


Tabla XLVIX. Resultados de la medición del caudal DÍA 2

Hora	Volumen Punto1 (L)	Tiempo (s)	Caudal (L/s)
10:00	16	12,48	1,28205128
10:15	15	11,52	1,30208333
10:30	10	9,36	1,06837607
10:45	17	10,96	1,55109489
11:00	16	9,55	1,67539267
11:15	15	10,02	1,49700599
11:30	19	11,66	1,62950257
11:45	20	10,95	1,82648402
12:00	19	10,62	1,78907721
12:15	17	9,59	1,77267987
12:30	19	10,71	1,77404295
12:45	18	10,39	1,73243503
13:00	16	12,69	1,2608353
13:15	18	11,94	1,50753769
13:30	16	10,06	1,59045726
13:45	15	11,1	1,35135135
14:00	14	15,21	0,92044707
PROMEDIO			1,50181497

Figura XI. Variación del caudal DÍA 2

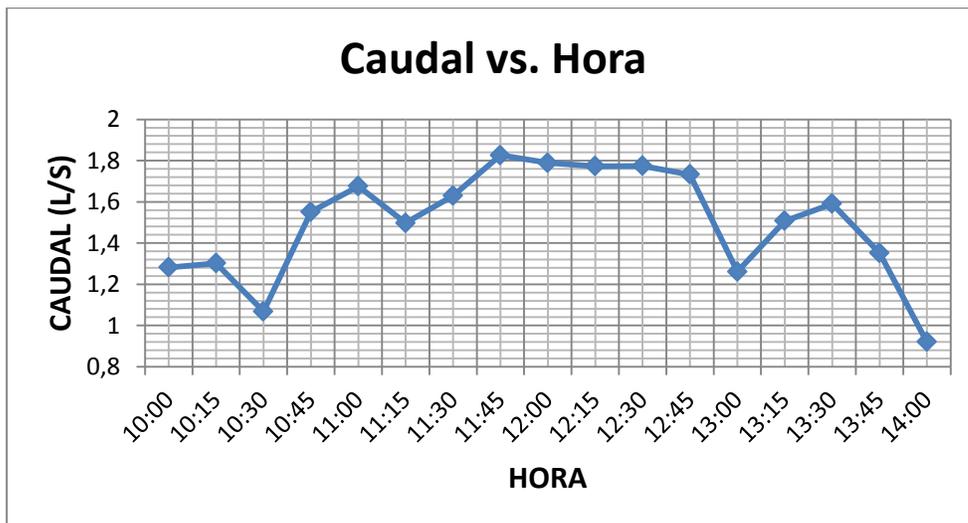


Tabla L. Resultados de la medición del caudal DÍA 3

Hora	Volumen Punto1 (L)	Tiempo (s)	Caudal (L/s)
14:00	16	12,48	1,28205128
14:15	15	10,52	1,42585551
14:30	19	12,36	1,53721683
14:45	18	9,96	1,80722892
15:00	19	15,75	1,20634921
15:15	15	13,82	1,0853835
15:30	20	11,66	1,71526587
15:45	19	12,95	1,46718147
16:00	17	10,62	1,6007533
16:15	19	13,59	1,39808683
16:30	18	10,21	1,76297747
16:45	19	15,39	1,2345679
17:00	17	12,69	1,33963751
17:15	16	10,44	1,53256705
17:30	15	14,96	1,0026738
17:45	16	13,41	1,19313945
18:00	18	15,21	1,18343195
PROMEDIO			1,39849223

Figura XII. Variación del caudal DÍA 3

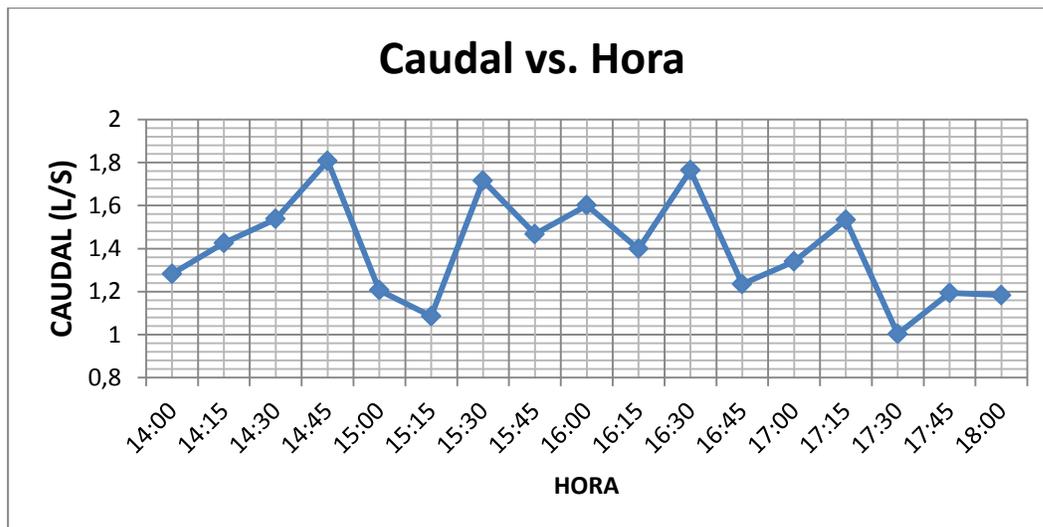


Tabla LI. Resultados de la medición del caudal DÍA 4

Hora	Volumen Punto1 (L)	Tiempo (s)	Caudal (L/s)
08:00	18	9,48	1,89873418
08:15	19	9,42	2,01698514
08:30	19	10,06	1,88866799
08:45	20	9,16	2,18340611
09:00	19	10,15	1,87192118
09:15	19	10,02	1,89620758
09:30	18	9,66	1,86335404
09:45	19	10,25	1,85365854
10:00	20	10,02	1,99600798
10:15	19	9,89	1,92113246
10:30	18	10,21	1,76297747
10:45	20	9,39	2,12992545
11:00	17	8,89	1,91226097
11:15	20	9,04	2,21238938
11:30	18	10,16	1,77165354
11:45	19	9,21	2,06297503
12:00	18	9,01	1,99778024
PROMEDIO			1,95529631

Figura XIII. Variación del caudal DÍA 4

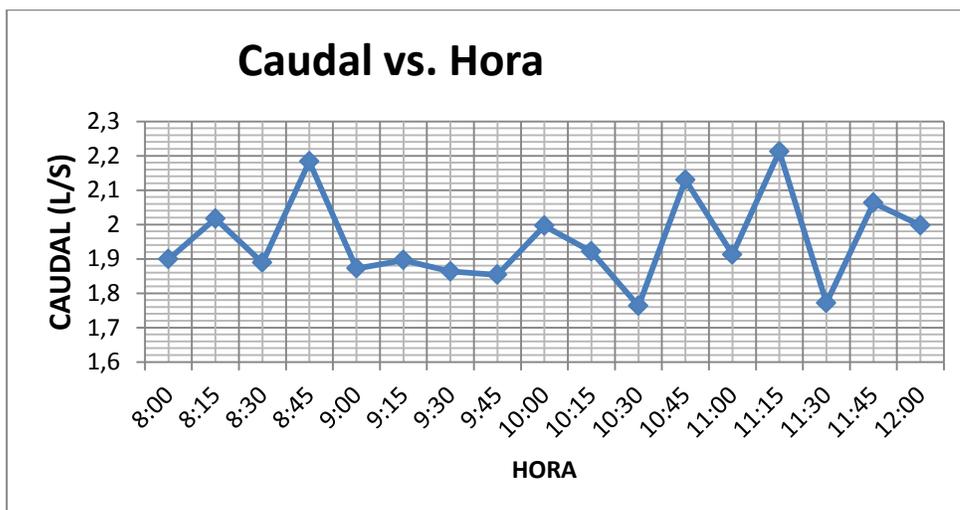
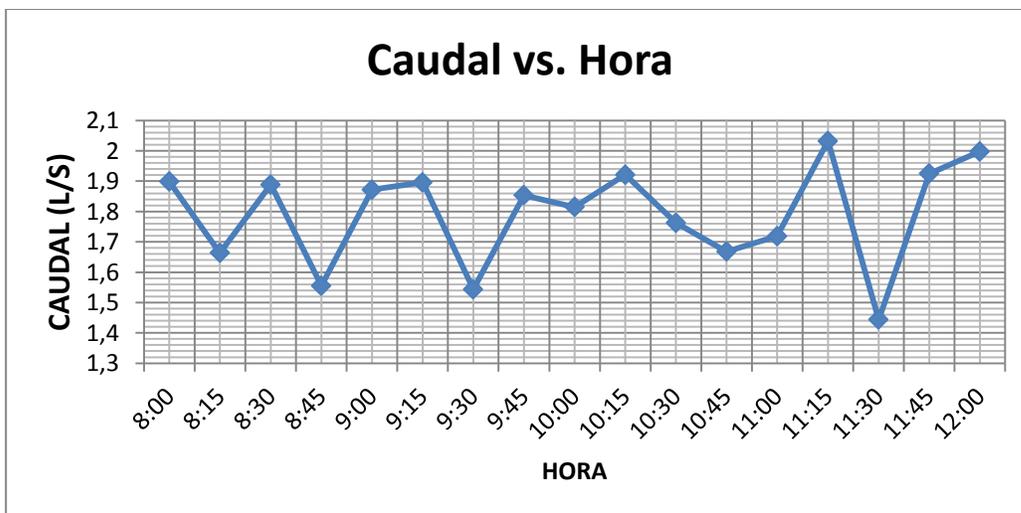


Tabla LII. Resultados de la medición del caudal DÍA 5

Hora	Volumen Punto1 (L)	Tiempo (s)	Caudal (L/s)
08:00	18	9,48	1,89873418
08:15	19	11,42	1,66374781
08:30	19	10,06	1,88866799
08:45	20	12,86	1,55520995
09:00	19	10,15	1,87192118
09:15	19	10,02	1,89620758
09:30	18	11,66	1,54373928
09:45	19	10,25	1,85365854
10:00	20	11,02	1,81488203
10:15	19	9,89	1,92113246
10:30	18	10,21	1,76297747
10:45	20	11,99	1,66805671
11:00	17	9,89	1,71890799
11:15	20	9,84	2,03252033
11:30	19	13,16	1,443769
11:45	20	10,39	1,92492782
12:00	19	9,51	1,99789695
PROMEDIO			1,79158572

Figura XIV. Variación del caudal DÍA 5



Anexo B: Resultados de la caracterización del agua residual.

ESPOCH

LABORATORIO DE ANÁLISIS TÉCNICOS
FACULTAD DE CIENCIAS

Casilla 06-01-4703

Telefax: 2998 200 ext 332

Riobamba - Ecuador

INFORME DE ANÁLISIS DE AGUAS

Análisis solicitado por: Srta Pamela Cepeda

Fecha de Análisis: 25 de septiembre del 2013

Fecha de Entrega de Resultados: 7 de octubre de 2013

Tipo de muestras: Agua Residual Doméstica

Localidad: Sub sistema Cosmopolita Tungurahua

Código LAT 164-13

Análisis Químico

Determinaciones	Unidades	*Método	**Límites	Resultados
Color	Und Co/Pt			817
pH	Und.	4500-B	5-9	8.44
Conductividad	μSiems/cm	2510-B		1017
Turbiedad	UNT	2130-B		76
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	5220-C	250	242
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	5210-B	100	188
Nitratos	mg/L	4500-NO3-C	10	6.3
Fosfatos	mg/L	4500-PO4-B	10	5.54
Sulfatos	mg/L	4500-SO4-B		1.3
Sólidos Disueltos	mg/L	2540-C		500
Sólidos Sedimentables	mL/L	2540-B	1	0.6
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	2540-D	100	88.0
Sólidos Totales	mg/L	2540-A	1600	944.0

*Métodos Normalizados. APHA, AWWA, WPCF 17 ed.

**TULAS TABLA 12. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce

Observaciones:

Atentamente.

Dra. Gina Álvarez R.

RESP. LAB. ANÁLISIS TÉCNICOS

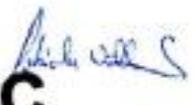


Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada.

Contáctanos: 032 942-022 ó 0984648617 – 032 360-260
Av. 11 de Noviembre y Milton Reyes Riobamba – Ecuador

EXAMEN MICROBIOLÓGICO DE AGUA

CÓDIGO: 406-2013

CLIENTE: Srta. Pamela Cepeda		
DIRECCION: Baños.		TELEFONO: 0984187729
TIPO DE MUESTRA: Aguas residual doméstica. Subsistema "Cosmopolita"		
FECHA DE RECEPCIÓN: 2013-09-25		
FECHA DE MUESTREO: 2013-09-25		
DETERMINACIONES	METODO USADO	VALOR ENCONTRADO
Coliformes Totales UFC/100ml	Filtración por membrana	2.1 x 10 ⁴
Coliformes Fecales UFC/100ml	Filtración por membrana	1.9 x 10 ⁵
03 OBSERVACIONES:		
FECHA DE ANALISIS: 2013-09-25		
FECHA DE ENTREGA: 2013-09-30		
RESPONSABLES:		
  		
Dra. Gina Álvarez R. Dra. Fabiola Villa		

El informe sólo afecta a la muestra solicitada a ensayo; el informe no deberá reproducirse sino en su totalidad previo autorización de los responsables.

*La muestra es receptada en el laboratorio.

ESPOCH

LABORATORIO DE ANÁLISIS TÉCNICOS FACULTAD DE CIENCIAS

Casilla 06-01-4703

Telefax: 2998 200 ext 332

Riobamba - Ecuador

INFORME DE ANÁLISIS DE AGUAS

Análisis solicitado por: Srta Pamela Cepeda

Fecha de Análisis: 26 de septiembre del 2013

Fecha de Entrega de Resultados: 7 de octubre de 2013

Tipo de muestras: Agua Residual Doméstica

Localidad: Sub sistema Cosmopolita Tungurahua

Código LAT 169-13

Análisis Químico

Determinaciones	Unidades	*Método	**Limites	Resultados
Color	Und Co/Pt			1,243
pH	Und.	4500-B	5-9	6.7
Conductividad	μ Siems/cm	2510-B		910
Turbiedad	UNT	2130-B		82.9
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	5220-C	250	1070
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	5210-B	100	840
Nitratos	mg/L	4500-NO3-C	10	4.1
Fosfatos	mg/L	4500-PO4-B	10	4.68
Sulfatos	mg/L	4500-SO4-B		1.08
Sólidos Disueltos	mg/L	2540-C		446
Sólidos Sedimentables	mL/L	2540-B	1	8.0
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	2540-D	100	116.0
Sólidos Totales	mg/L	2540-A	1600	1120.0

*Métodos Normalizados. APHA, AWWA, WPCF 17 ed.

**TULAS TABLA 12. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce

Observaciones:

Atentamente.

Dra. Gina Álvarez R.
RESP. LAB. ANÁLISIS TÉCNICOS

Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada.

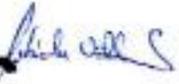




Contáctanos: 032 942-022 ó 0984648617 – 032 360-260
 Av. 11 de Noviembre y Milton Reyes
 Riobamba – Ecuador

EXAMEN MICROBIOLÓGICO DE AGUA

CÓDIGO: 407-2013

CLIENTE: Srta. Pamela Cepeda		
DIRECCION: Baños.		TELEFONO: 0984187729
TIPO DE MUESTRA: Aguas residual doméstica. Subsistema "Cosmopolita"		
FECHA DE RECEPCIÓN: 2013-09-26		
FECHA DE MUESTREO: 2013-09-26		
DETERMINACIONES	METODO USADO	VALOR ENCONTRADO
Coliformes Totales UFC/100ml	Filtración por membrana	1.3×10^4
Coliformes Fecales UFC/100ml	Filtración por membrana	1.5×10^5
03 OBSERVACIONES:		
FECHA DE ANALISIS: 2013-09-26		
FECHA DE ENTREGA: 2013-09-30		
RESPONSABLES:		
  		
Dra. Gina Álvarez R.		Dra. Fabiola Villa

El informe sólo afecta a la muestra solicitada a ensayo; el informe no deberá reproducirse sino en su totalidad previo autorización de los responsables.
 *La muestra es receptada en el laboratorio.

ESPOCH

LABORATORIO DE ANÁLISIS TÉCNICOS FACULTAD DE CIENCIAS

Casilla 06-01-4703

Telefax: 2998 200 ext 332

Riobamba - Ecuador

INFORME DE ANÁLISIS DE AGUAS

Análisis solicitado por: Srta Pamela Cepeda

Fecha de Análisis: 9 de septiembre del 2013

Fecha de Entrega de Resultados: 16 de octubre de 2013

Tipo de muestras: Agua Residual Doméstica

Localidad: Sub sistema Cosmopolita Tungurahua

Código LAT 193-13

Análisis Químico

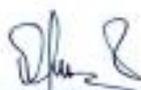
Determinaciones	Unidades	*Método	**Limites	Resultados
Color	Und Co/Pt			1105
pH	Und.	4500-B	5-9	7.02
Conductividad	μ Siems/cm	2510-B		751
Turbiedad	UNT	2130-B		109.6
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	5220-C	250	1688
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	5210-B	100	627
Nitratos	mg/L	4500-NO3-C	10	2.2
Fosfatos	mg/L	4500-PO4-B	10	5.2
Sulfatos	mg/L	4500-SO4-B		1.00
Sólidos Disueltos	mg/L	2540-C		446
Sólidos Sedimentables	mL/L	2540-B	1	5.0
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	2540-D	100	110.0
Sólidos Totales	mg/L	2540-A	1800	980.0

*Métodos Normalizados. APHA, AWWA, WPCF 17 ed.

**TULAS TABLA 12. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce

Observaciones:

Atentamente.

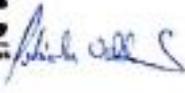

Dra. Gina Alvarez R.
RESP. LAB. ANÁLISIS TÉCNICOS

Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada.

Contáctanos: 032 942-022 ó 0984648617 – 032 360-260
Av. 11 de Noviembre y Milton Reyes Riobamba – Ecuador

EXAMEN MICROBIOLÓGICO DE AGUA

CÓDIGO: 456-2013

CLIENTE: Srta. Pamela Cepeda		
DIRECCION: Baños,		TELEFONO: 0984187729
TIPO DE MUESTRA: Aguá residual doméstica. Subsistema "Cosmopolita"		
FECHA DE RECEPCIÓN: 2013-10-09		
FECHA DE MUESTREO: 2013-10-09		
DETERMINACIONES	METODO USADO	VALOR ENCONTRADO
Coliformes Totales UFC/100ml	Filtración por membrana	1.9 x 10 ⁴
Coliformes Fecales UFC/100ml	Filtración por membrana	1.8 x 10 ⁵
03 OBSERVACIONES:		
FECHA DE ANALISIS: 2013-10-09		
FECHA DE ENTREGA: 2013-10-16		
RESPONSABLES:		
  		
Dra. Gina Álvarez R. Dra. Fabiola Villa		

El informe sólo afecta a la muestra solicitada a ensayo; el informe no deberá reproducirse sino en su totalidad previo autorización de los responsables.
*La muestra es receptada en el laboratorio.

ESPOCH

LABORATORIO DE ANÁLISIS TÉCNICOS FACULTAD DE CIENCIAS

Casilla 06-01-4703

Telefax: 2998 200 ext 332

Riobamba - Ecuador

INFORME DE ANÁLISIS DE AGUAS

Análisis solicitado por: Srta Pamela Cepeda

Fecha de Análisis: 10 de octubre del 2013

Fecha de Entrega de Resultados: 16 de octubre de 2013

Tipo de muestras: Agua Residual Doméstica

Localidad: Sub sistema Cosmopolita Tungurahua

Código LAT 194-13

Análisis Químico

Determinaciones	Unidades	*Método	**Límites	Resultados
Color	Und Co/Pt			667
pH	Und.	4500-B	5-9	7.92
Conductividad	μ Siems/cm	2510-B		868
Turbiedad	UNT	2130-B		71.8
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	5220-C	250	300
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	5210-B	100	254
Nitratos	mg/L	4500-NO3-C	10	2.2
Fosfatos	mg/L	4500-PO4-B	10	16.5
Sulfatos	mg/L	4500-SO4-B		1.07
Sólidos Disueltos	mg/L	2540-C		530.2
Sólidos Sedimentables	mL/L	2540-B	1	0.6
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	2540-D	100	80.0
Sólidos Totales	mg/L	2540-A	1600	889.0

*Métodos Normalizados. APHA, AWWA, WPCF 17 ed.

**TULAS TABLA 12. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce

Observaciones:

Atentamente.


Dra. Gina Álvarez R.

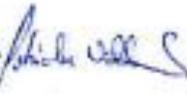
RESP. LAB. ANÁLISIS TÉCNICOS

Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada.

Contáctanos: 032 942-022 ó 0984648617 – 032 360-260
Av. 11 de Noviembre y Milton Reyes
Riobamba – Ecuador

EXAMEN MICROBIOLÓGICO DE AGUA

CÓDIGO: 457-2013

CLIENTE: Srta. Pamela Cepeda		
DIRECCION: Baños.		TELEFONO: 0984187729
TIPO DE MUESTRA: Aguas residual doméstica. Subsistema "Cosmopolita"		
FECHA DE RECEPCIÓN: 2013-10-10		
FECHA DE MUESTREO: 2013-10-10		
DETERMINACIONES	METODO USADO	VALOR ENCONTRADO
Coliformes Totales UFC/100ml	Filtración por membrana	1.1 x 10 ⁵
Coliformes Fecales UFC/100ml	Filtración por membrana	1.3 x 10 ⁵
03 OBSERVACIONES:		
FECHA DE ANALISIS: 2013-10-10		
FECHA DE ENTREGA: 2013-10-16		
RESPONSABLES:		
  		
Dra. Gina Álvarez R.		Dra. Fabiola Villa

El informe sólo afecta a la muestra solicitada a ensayo; el informe no deberá reproducirse sino en su totalidad previo autorización de los responsables.
*La muestra es receptada en el laboratorio.

Anexo C: Fotos de la medición del caudal.



Anexo D: Fotos del muestreo del agua residual en el Subsistema Cosmopolita.



Anexo E: Fotos del análisis del suelo donde se implementará la planta de aguas residuales.



Anexo F: Longitud de la tubería del alcantarillado del subsistema Cosmopolita.

Tabla LIII. Descarga Pititig-Cosmopolita (Recorrido "Av. Amazonas")

Descripción del tramo		
Calle	Pozo N°	Longitud (m)
	1	
		45,00
	2	
		107,00
	3	
		52,00
	4	
		75,00
	5	
		63,00
	6	
		42,00
	7	
		38,00
	8	
		43,00
	9	
		93,00
	10	
Calle existente		25,00
Av. Amazonas	11n	
		60,00
Av. Amazonas	12n	
		10,00
Callejón	13n	
		24,00
Callejón	14n	
		18,00
Callejón	15n	
		22,00
Callejón	16n	
		61,00
Callejón	17n	
		24,00
Callejón	18n	
		33,00
Cosmopolita	P9	
TOTAL 1		835,00

Tabla LIV. Descarga nueva al Cosmopolita (Calle "De los Colonizadores")

Descripción del tramo		
Calle	Pozo N°	Longitud (m)
Av. Amazonas	5	
		10,00
Colonizadores	6	
		106,00
Colonizadores	7	
		20,00
Calle nueva	8a	
		90,00
Calle nueva	9a	
		80,00
Calle nueva	10a	
		63,00
Cosmopolita	11a=2 2	
		40,00
Cosmopolita	21	
TOTAL 1		409,00

Tabla LV. Barrio Cosmopolita (Calle "Z Montoya")

Descripción del tramo		
Calle	Pozo N°	Longitud (m)
Av. Amazonas	1	
		43,00
	2	
		20,00
	3	
		55,00
	4	
		53,00
	5	
		45,00
	20	
		76,00
	21	
		55,00
DESCARGA	23	
TOTAL 1		347,00

Tabla LVI. Barrio Cosmopolita (Calle "Z Montoya 2")

Descripción del tramo		
Calle	Pozo N°	Longitud (m)
	12	
		50,00
	11	
		40,00
	10	
		20,00
	9	
		70,00
	13	
		73,00
	14	
		55,00
	15	
		10,00
	16	
		33,00
	17	
		20,00
	21	
TOTAL 1		371,00

Tabla LVII. Barrio Cosmopolita (Calle "Intermedia")

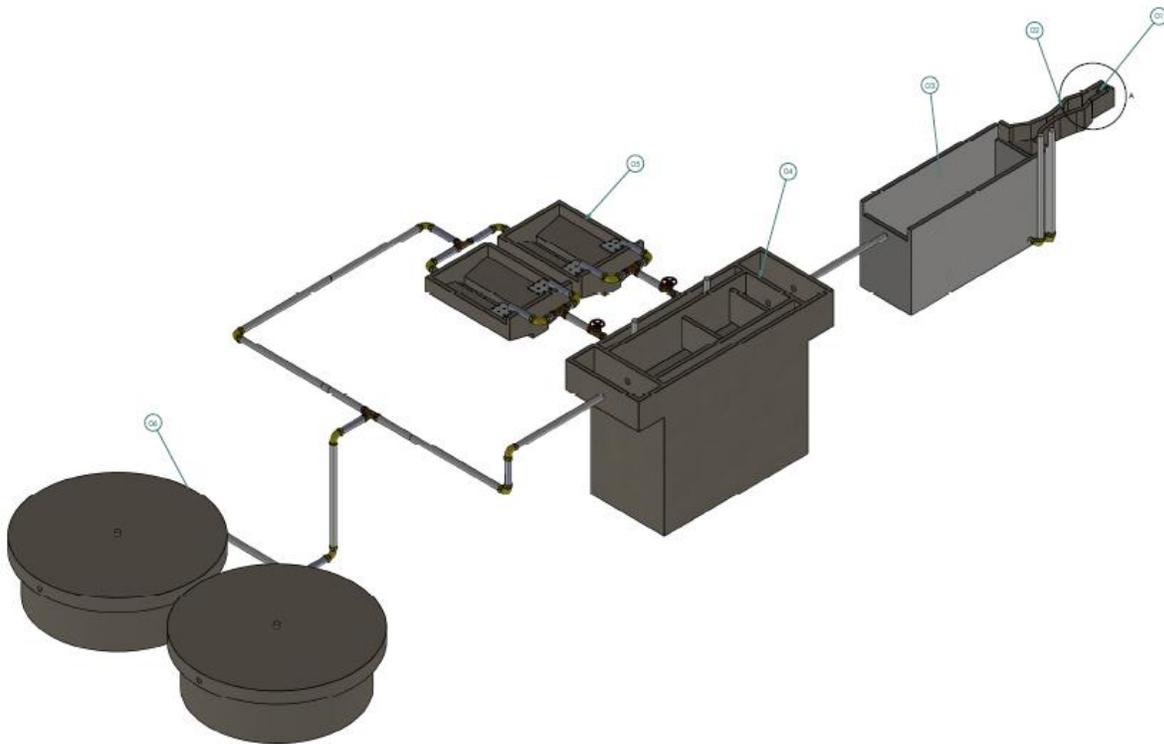
Descripción del tramo		
Calle	Pozo N°	Longitud (m)
	5	
		26,00
	6	
		65,00
	19	
		66,00
	17	
TOTAL 1		157,00

Tabla LVIII. Descarga Pititig-Cosmopolita: Recorrido camino a San Martín

Descripción del tramo		
Calle	Pozo N°	Longitud (m)
Camino San Martín	11	
		55,00
Camino San Martín	12	
		73,00
	13a	
		12,00
	14a	
		14,00
	15a	
		21,00
	16a	
		63,00
	17a	
		37,00
	18a	
		41,00
	19a	
		22,00
Empate Callejón a	17n	
TOTAL 1		338,00

Anexo G: Manual de operación de la planta de tratamiento de aguas residuales

La planta de tratamiento tiene la función de mejorar la calidad de los recursos hídricos mediante la incrementación de procesos, físicos, químicos y biológicos, dependiendo de las características del agua residual a tratar, es por tal razón que se ha llegado a implementar los siguientes tratamientos, esperando la reducción de la contaminación.



Componentes de la planta de tratamiento:

Rejillas.- retiene los sólidos de tamaño medio como plásticos, fundas, piedras entre otros; evitando posteriores inconvenientes en los procesos de descontaminación del agua residual.

Canal parshall.- regula el caudal que ingresa a la planta de tratamiento al igual que mide la cantidad de agua a tratar.

Sedimentador.- precipita los sólidos suspendidos que se encuentran en el agua mediante la acción de la gravedad, disminuyendo la carga orgánica presente.

Tanque imhoff.- realiza un proceso biológico es decir digiere la materia orgánica existente en la cámara de digestión.

Lechos de secado.- depósitos donde ingresan los lodos producto de la digestión en el tanque imhoff para su respectiva deshidratación y reutilización.

Filtro anaerobio de flujo ascendente.- retiene materia orgánica sobrante de los tratamientos mediante la grava que posee y el flujo ascendente con que se maneja.

Para un correcto funcionamiento de la planta de tratamiento es necesario aplicar el manual que se presenta a continuación:

Rejillas: Su operación es manual por lo que se necesita de personal adecuado y capacitado para retirar las impurezas acumulada en las rejillas, esto se dará dos veces al día es decir en la mañana y tarde, colocándolas en la parte superior donde se encuentra una bandeja que escurre el exceso de agua presente, posteriormente deberá retirar los residuos y colocarlos en su respectivo colector. En tiempo de lluvia es necesario realizar este procedimiento más seguido, puede ser cada media hora o de acuerdo a las condiciones que se presenten.

Algo muy importante es la utilización de equipo de protección para la manipulación de residuos y limpieza, esto se lo realiza con guantes de hule y herramientas como un rastrillo metálico especial para el material que conforma la rejilla.

La bandeja de escurrimiento debe estar libre de residuos por lo que hay que asegurarse su limpieza diaria. Si se produce algún caso de corrosión es necesario limpiar y pintarlas con material anticorrosivo.

Canal parshall: En este lugar se dan las lecturas del flujo que ingresa a la planta de tratamiento mediante el personal contratado.

Generalmente en este tipo de estructuras existe un crecimiento de maleza en las paredes y en el azolve o sedimento, acumulándose sobre todo a la entrada del canal por lo que se recomienda realizar una limpieza semanal del mismo.

Sedimentador primario: Se deberá retirar cada dos días las grasas y natas que se acumulan en la superficie del sedimentador, esto se lo puede realizar con una malla número ¼" tipo zaranda, desechando los residuos en los lechos de secado con la ayuda de una carretilla. Para la limpieza de los sólidos acumulados en el fondo del sedimentador existen dos tuberías por donde se drenan estos desechos con el equipo especializado cada semana y son conducidos a los lechos de secado. También es necesario llevar un registro de la cantidad de sólidos extraídos para mejorar el tiempo de limpieza.

Las grasas que se adhieren a las paredes hay que retirarlas utilizando una escobilla de preferencia metálica para removerlas y evitar su acumulación, este proceso se lo puede hacer semanalmente. Para asegurar el correcto funcionamiento revisar una vez al año si existen grietas o fallas en la construcción.

Tanque imhoff: Antes de poner en funcionamiento se deberá llenar el tanque con agua limpia y para mejorar su funcionamiento la parte del digestor inocularlo con lodos provenientes de otra planta para acelerar el crecimiento microbiano necesario para este tratamiento.

Los vertederos tanto de llegada como de salida deben permanecer limpios, por lo que se realizará esta tarea dos días a la semana con una escobilla, de igual manera las tuberías por donde ingresa el agua, evitando taponamientos y obstrucción de la planta.

En la zona de ventilación generalmente se acumulan natas por la actividad microbiana que existe, formando así una capa gruesa y dura que impide la

eliminación de olores por lo es necesario romper periódicamente antes de que este llegue a secarse, esto se puede realizar con alguna pala, palo, trinche, etc. o a su vez con un chorro de agua, luego se procede a recolectar y descargarlos en los lechos de secado.

La extracción de los lodos para el tanque imhoff se basa en el tiempo de digestión, en este caso el primer retiro de lodos es en 46 días luego se lo puede realizar cada dos semanas, siendo trasladados a los lechos de secado mediante tubería, esta acción se la debe realizar lentamente para evitar una alteración en la capa del lodo fresco.

La cantidad de lodo a extraerse no debe ser completa, puede variar entre el 15 -20 % del total de lodos acumulados en el digestor del tanque imhoff.

Lechos de secado: Para que los lodos ingresen a los lechos de secado se controlan mediante válvulas presentes en la tubería de descarga, la capa de lodo debe tener máximo 20 cm de espesor y estar bien distribuida para una correcta deshidratación.

Para evitar que el lodo se quede en las tuberías es necesario drenar completamente y lavarlas con agua limpia para que fluyan los lodos restantes.

Una vez deshidratados se procede a retirarlos con la ayuda del personal y material adecuado como palas y contenedores, luego son dispuestos en un relleno sanitario o como abono orgánico; esta actividad se realizará cada dos semanas dependiendo de la cantidad de lodos digeridos que posea el tanque imhoff.

Cada vez que se retira el lodo seco se pierde capas del material filtrante por lo que se recomienda inspeccionar y añadir hasta llegar al espesor descrito en el diseño.

Los lixiviados productos del escurrimiento de los lodos frescos son recolectados en una tubería que se distribuye directamente al FAFA.

Filtro anaerobio de flujo ascendente: El colector o conducto de distribución debe ser inspeccionado y limpiarse por lo menos dos veces en la semana con agua limpia y a presión, de igual manera la superficie del medio filtrante para eliminar la biomasa acumulada.

El material filtrante que en este caso es la grava se debe limpiar cada mes en contra flujo y a presión para eliminar la basura y materia orgánica adherida a este.

Para la verificación de la eficiencia con que se maneja la planta de tratamiento se recomienda realizar de dos a tres veces al año análisis físicos- químicos y microbiológicos del agua residual tanto a la entrada como a la salida de la misma, de igual manera el personal debe estar capacitado y correctamente equipado para cumplir con la operación y mantenimiento que requiere la planta de tratamiento.

Anexo H: Cantidad y precios para la implementación de la planta de tratamiento de aguas residuales en el Subsistema “El Cosmopolita”

Tabla LIX. Descripción de precios para la implementación de la planta de tratamiento

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
CANAL PARSHALL Y SEDIMENTADOR				
PRELIMINARES				
Limpieza y desbroce	m2	25,07	0,86	21,56
Replanteo y nivelación superficial	m2	33,66	1,29	43,42
MOVIMIENTO DE TIERRAS				
Excavación a manual suelo seco h=0,00 a 2,00	m3	4,74	8,65	41,00
Desalojo a máquina hasta 10 Km.	Km-m3	2,74	2,71	7,43
ENCOFRADOS				
Encofrado madera contrachapada	m2	30,15	30,67	924,70
ESTRUCTURAS				
Hormigón simple f'c=210 Kg/cm2	m3	13,75	226,62	3.116,03
Acero de refuerzo fy=4200 Kg/cm2	Kg	196,00	2,95	578,20
SUBTOTAL A:				4.732,34
TANQUE IMHOFF Y FAFA				
PRELIMINARES				
Limpieza y desbroce	m2	42,95	0,86	36,94
Replanteo y nivelación superficial	m2	75,80	1,29	97,78

Remoción de capa vegetal	m3	8,59	2,24	19,24
MOVIMIENTO DE TIERRAS				
Excavación a manual suelo seco h=0,00 a 2,00	m3	462,64	8,65	4.001,84
Excavación en conglomerado	m3	183,16	57,99	10.621,45
Desalojo a máquina hasta 10 Km.	m3	46,62	2,71	126,34
ENCOFRADOS				
Encofrado circular	m2	9,05	30,91	279,74
Encofrado madera contrachapada	m2	331,37	30,67	10.163,12
ESTRUCTURAS				
Replanto de piedra e=15 cm. 90% H.S. f'c=140 Kg/cm2	m3	6,58	119,58	786,84
Hormigón simple f'c=210 Kg/cm2	m3	320,52	226,62	72.636,24
Acero de refuerzo fy=4200 Kg/cm2	Kg	6506,00	2,95	19.192,70
SUBTOTAL B:				117.962,23
LECHOS DE SECADO				
PRELIMINARES				
Limpieza y desbroce	m2	45,60	0,86	39,22
Replanteo y nivelación superficial	m2	263,00	1,29	339,27
Remoción de capa vegetal	m3	6,60	2,24	14,78
MOVIMIENTO DE TIERRAS				
Excavación a manual suelo seco h=0,00 a 2,00	m3	131,00	8,65	1.133,15
ENCOFRADOS				
Encofrado madera contrachapada	m2	78,96	30,67	2.421,70
ESTRUCTURAS				
Replanto de piedra e=15	m3	4,95	119,58	591,92

cm. 90% H.S. f'c=140 Kg/cm2				
Hormigón simple f'c=210 Kg/cm2	m3	28,20	226,62	6.390,68
Acero de refuerzo fy=4200 Kg/cm2	Kg	2504,00	2,95	7.386,80
SUBTOTAL C:				18.317,52
ACCESORIOS				
TUBERIAS				
Sum e inst de tubería PVC P Ø 63 mm	m	9,00	11,83	106,47
Sum e inst de tubería PVC P Ø 110 mm 0,80 mpa	m	90,00	20,96	1.886,40
Sum e inst de tubería PVC P Ø 250 mm 0,80 mpa	m	45,00	57,37	2.581,65
Sum e inst de tubería PVC roscable Ø 1"	m	183,00	10,12	1.851,96
ACCESORIOS				
Brida PVC Ø 110 mm	u	30,00	53,56	1.606,80
Codo 45° PVC R Ø 25 mm	u	4,00	37,47	149,88
Codo 45° PVC P Ø 110 mm	u	6,00	22,64	135,84
Codo 90° PVC P Ø 75 mm	u	4,00	15,46	61,84
Codo 90° PVC P Ø 110 mm	u	15,00	37,85	567,75
Codo 90° PVC P Ø 200 mm	u	3,00	119,98	359,94
Unión mecánica Ø 110 mm tipo Dresser	u	13,00	62,88	817,44
Tee PVC P Ø 75 mm	u	2,00	29,82	59,64
Tee PVC P Ø 110 mm	u	9,00	39,74	357,66
Yee PVC D Ø 110 mm	u	1,00	14,07	14,07
VARIOS				
Escalera marinera tipo poste HG 2 x 1"	m	6,00	101,89	611,34
Pasamanos tubo HG 2"	m	9,00	83,06	747,54

Placa de fibra de vidrio e=10 mm	m2	24,00	380,82	9.139,68
Válvula de mariposa Ø 110 mm	u	15,00	714,03	10.710,45
SUBTOTAL D:				31.766,35
TOTAL SUBSITEMA "COSMOPILITA"				172.778,44

ANEXO I

PLANIMETRÍA

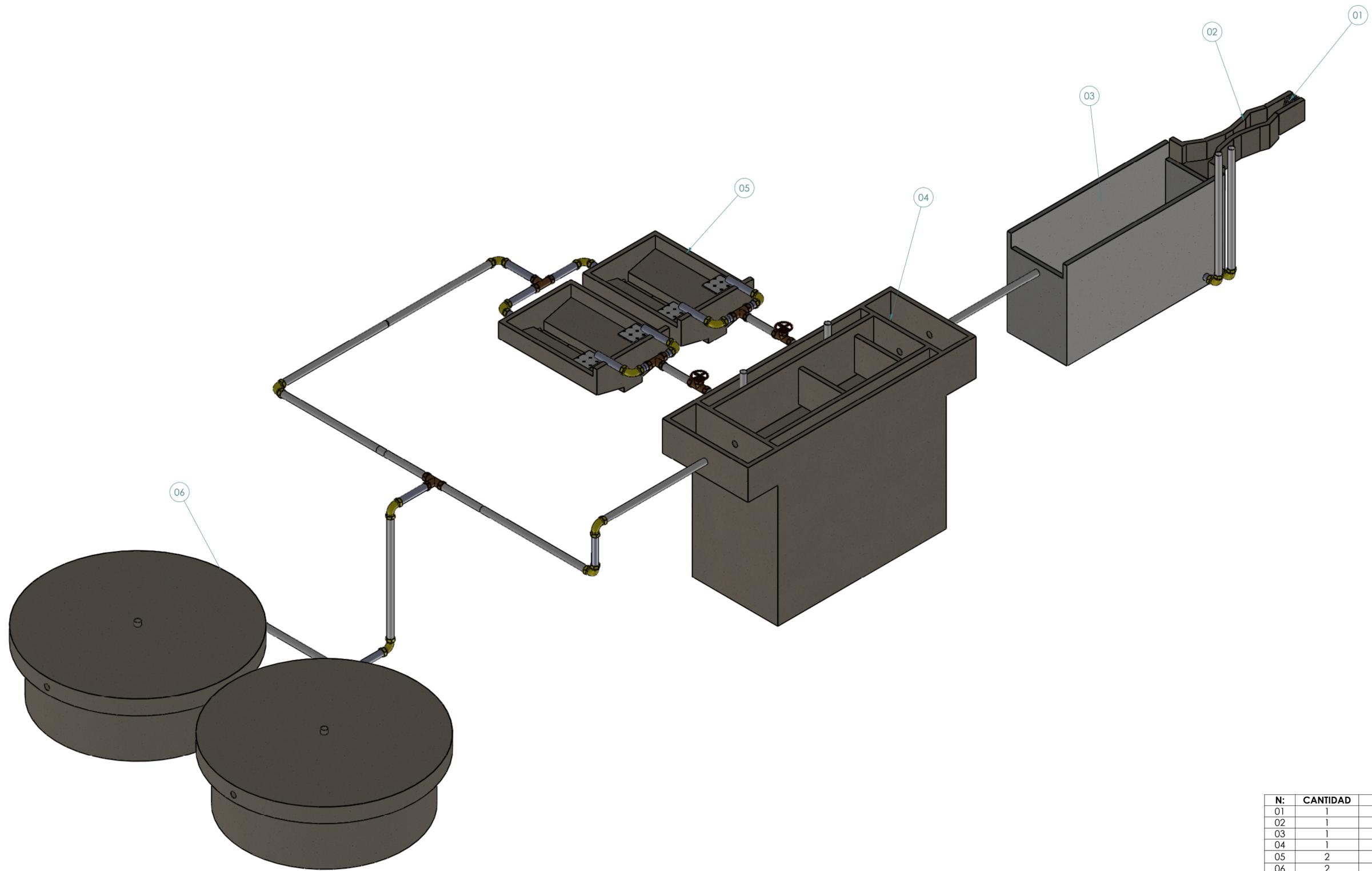


	ILUSTRE MUNICIPIO DE BAÑOS DE AGUA SANTA		CAMBIO Y DERIVACIONES	LAMINA
	<small>ADMINISTRACION DEL SISTEMA DE ALICANTALADO Y DISTRIBUCION DE AGUA POTABLE</small> ING. LEO MAX RODRIGUEZ AVILA LP 01-17-00079		<small>NOTA</small> ESTE PLAN TIENE VALOR DE PROYECTO PARA EL DISEÑO DEL SISTEMA DE ALICANTALADO Y DISTRIBUCION DE AGUA POTABLE	
<small>CONTIENE ALGUNOS PLANOS</small> SISTEMA PLUMBACION DE LA RED DE CONSUMO <small>DEBIDO A QUE EN LA PLANTA DE PROYECTO</small>		<small>PROYECTO</small> SISTEMA PLUMBACION DE LA RED DE CONSUMO <small>DEBIDO A QUE EN LA PLANTA DE PROYECTO</small>	<small>FECHA</small> 1998	
<small>NO. DE PLANOS</small>	<small>FECHA DE ELABORACION</small>	<small>NO. DE PLANOS</small>	<small>FECHA DE ELABORACION</small>	

ANEXO J

PLANOS

PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES



N:	CANTIDAD	DESCRIPCION
01	1	REJILLAS
02	1	CANAL PARSHALL
03	1	SEDIMENTADOR
04	1	TANQUE IMHOFF
05	2	LECHOS DE SECADO
06	2	TANQUE FAFA

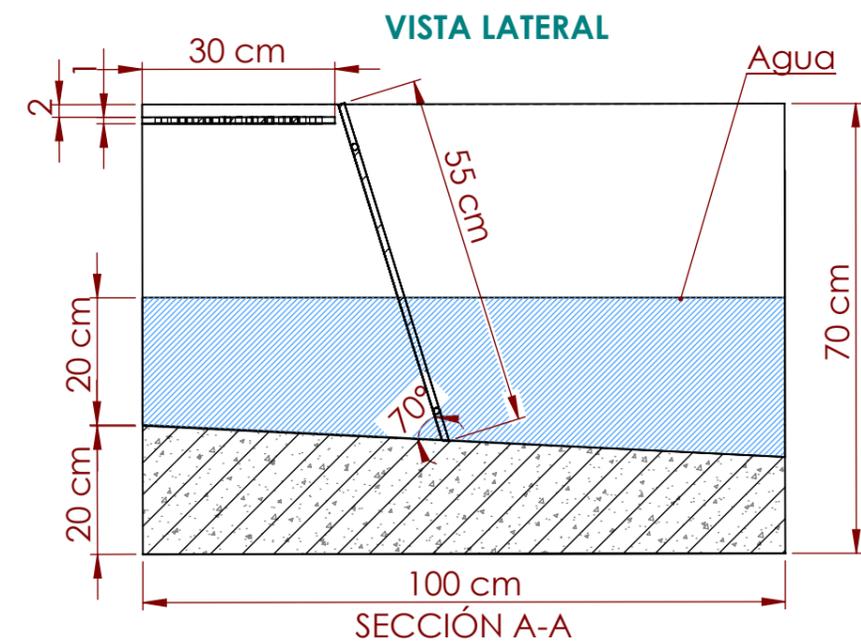
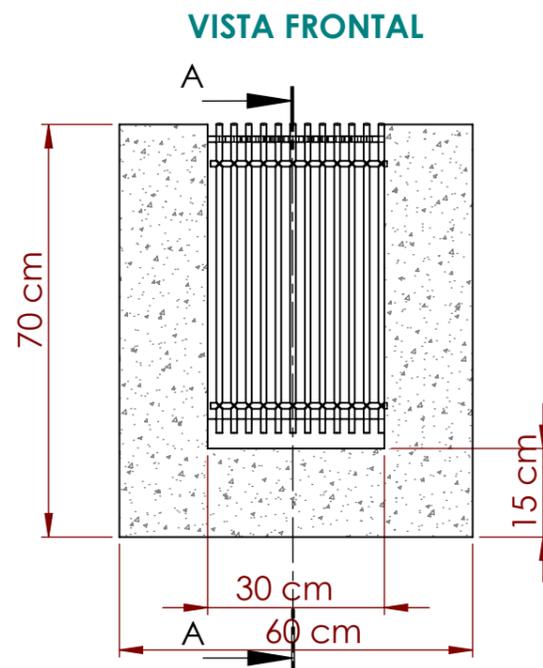
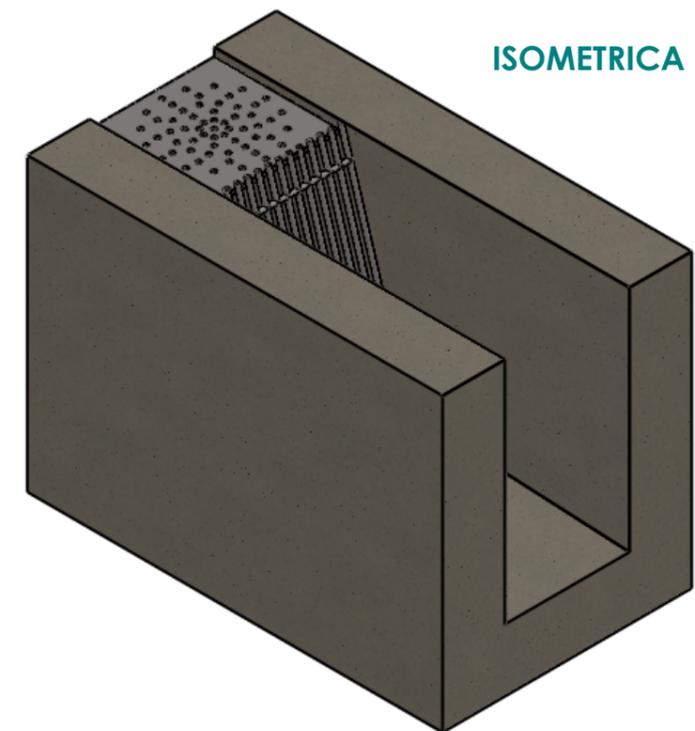
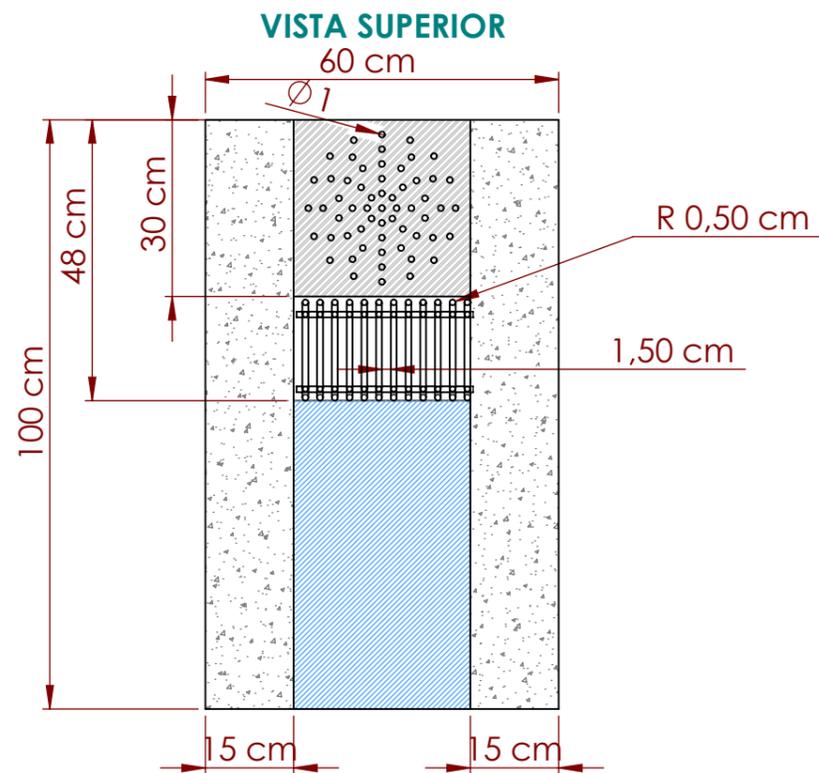

DISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA EL SUBSISTEMA "COSMOPOLITA" CANTÓN BAÑOS

CONTIENE: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

REALIZADO POR: PAMELA CEPEDA BARRENO

REVISADO POR: Dr. GERARDO LEON	Escala: 1:75	Lamina: 00
-----------------------------------	-----------------	---------------

REJILLAS



DISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA EL SUBSISTEMA "COSMOPOLITA" CANTÓN BAÑOS - TUNGURAHUA

CONTIENE: REJILLA

REALIZADO POR: PAMELA CEPEDA BARRENO

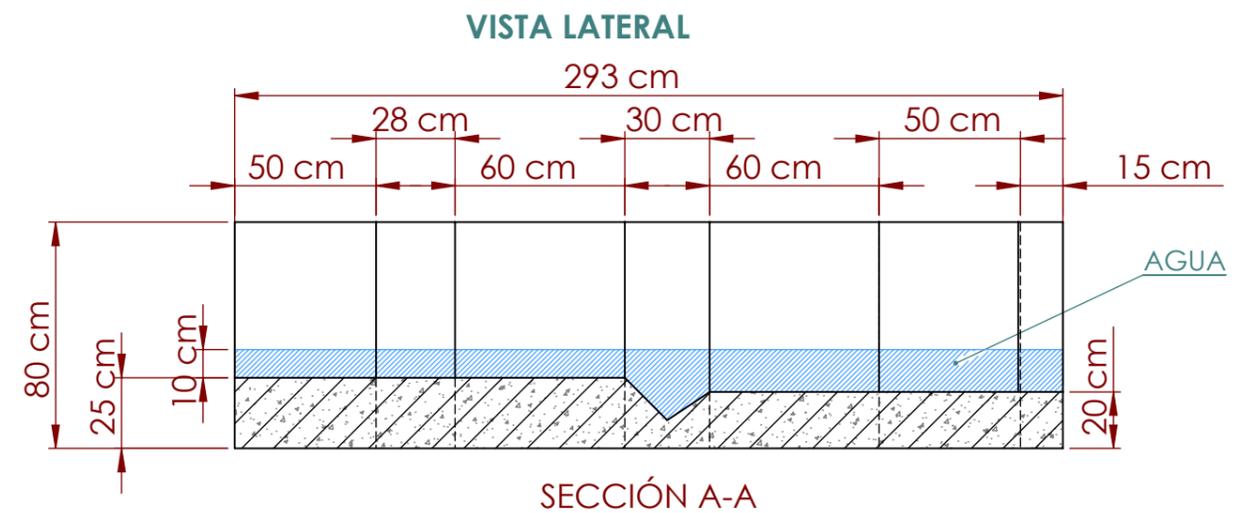
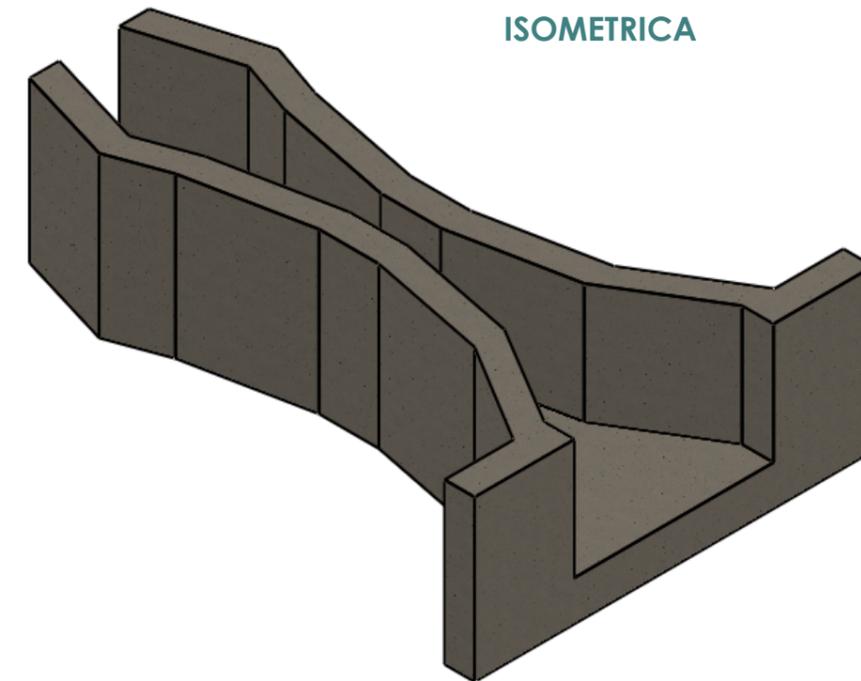
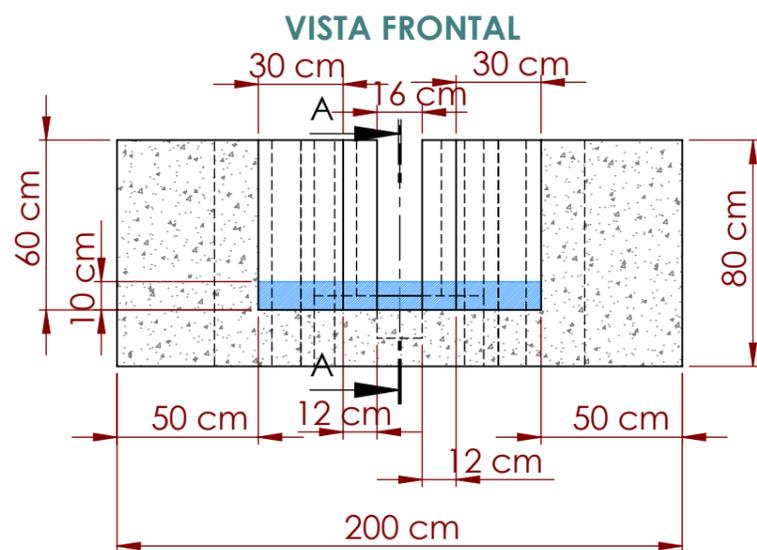
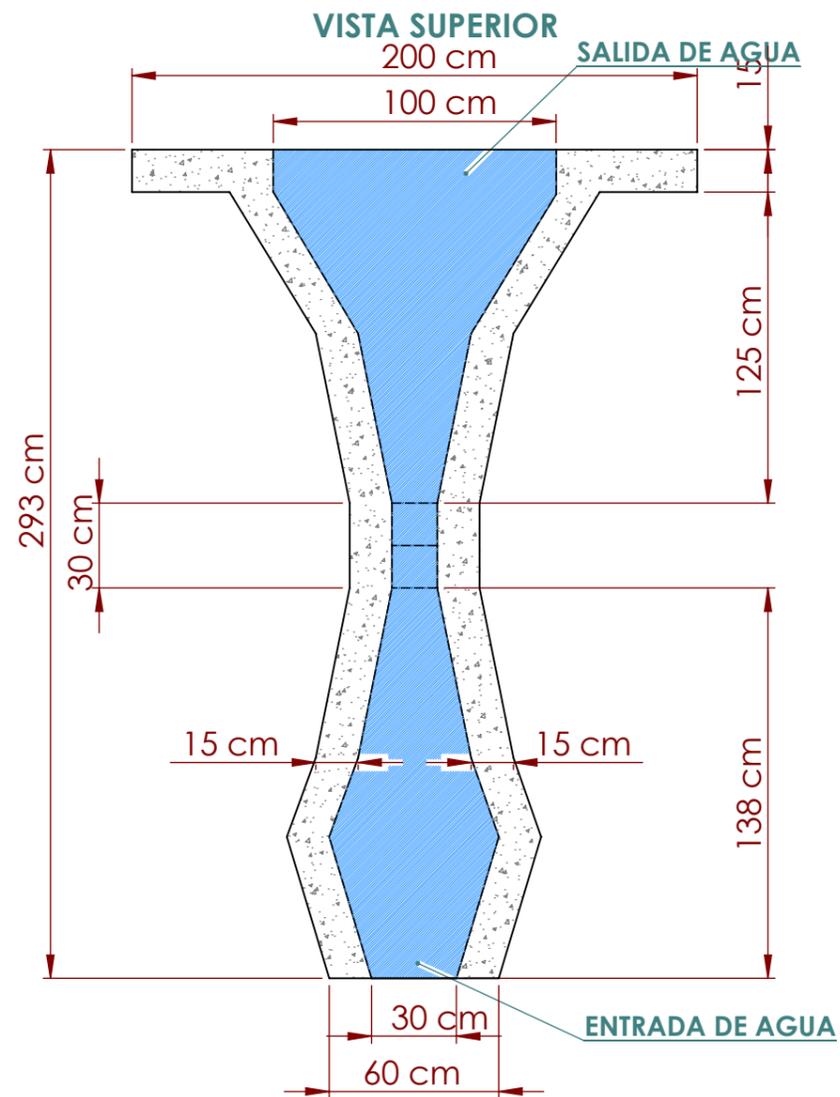
REVISADO POR:
 Dr. GERARDO LEON

Escala:
 1:12

Lamina:
 01

Fecha:
 04/2014

CANAL PARSHALL



DISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA EL SUBSISTEMA "COSMOPOLITA" CANTÓN BAÑOS

CONTIENE: CANAL PARSHALL

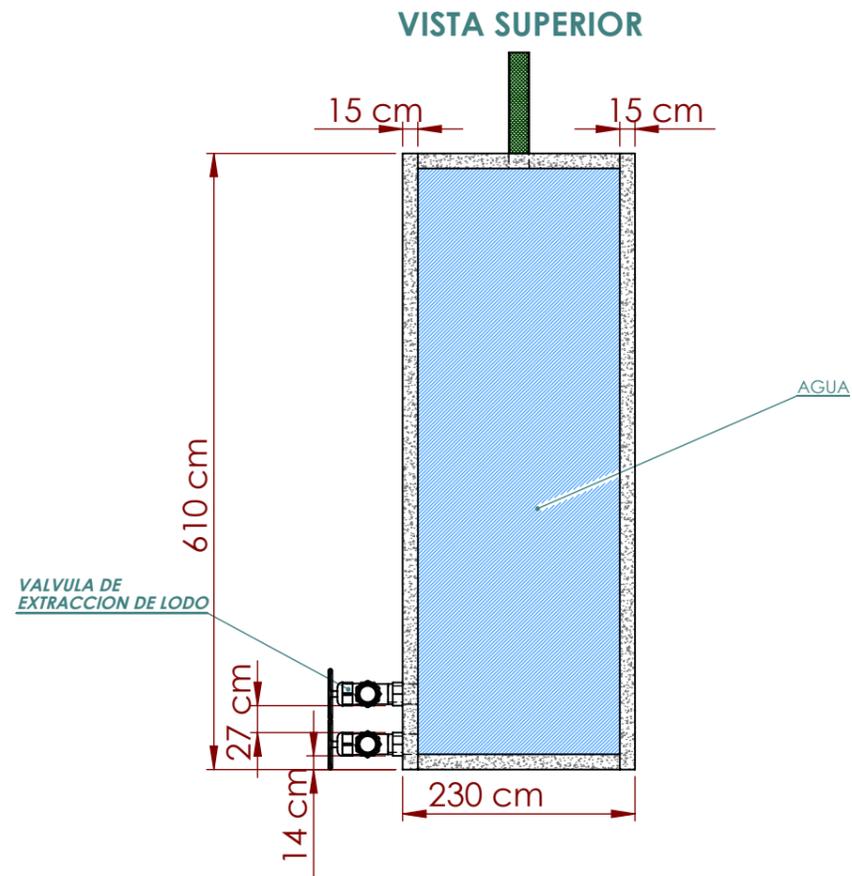
REALIZADO POR: PAMELA CEPEDA BARRENO

REVISADO POR:
Dr. GERARDO LEON

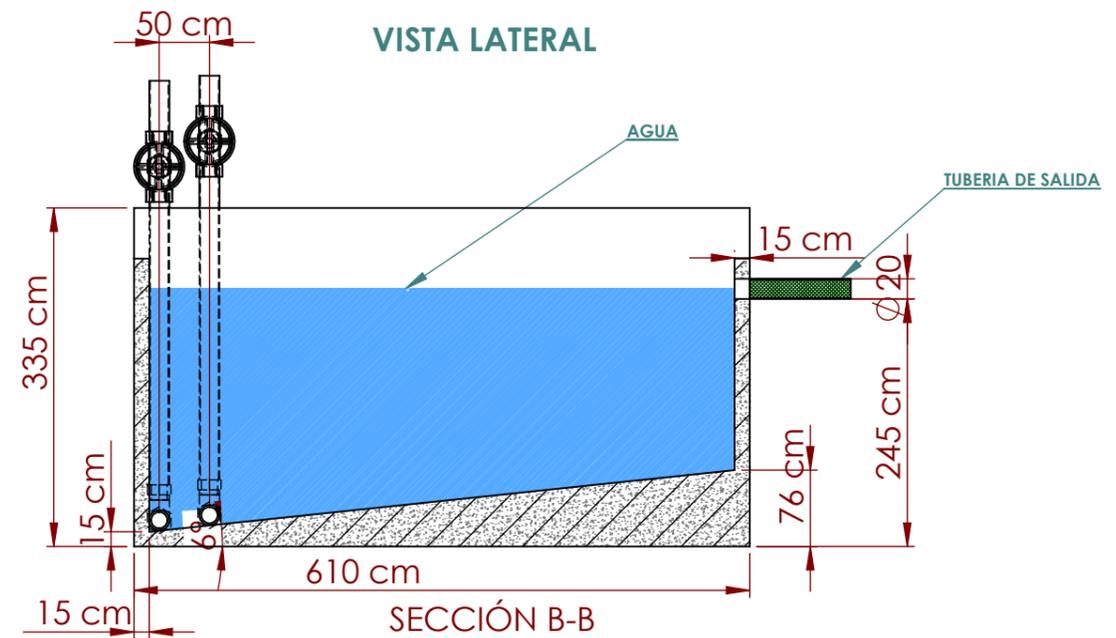
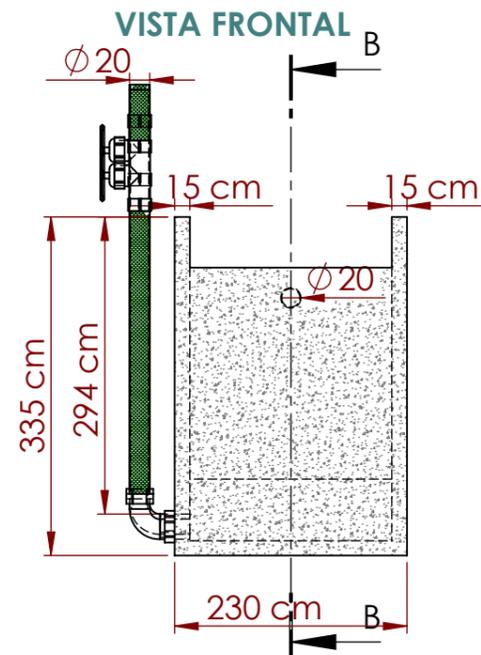
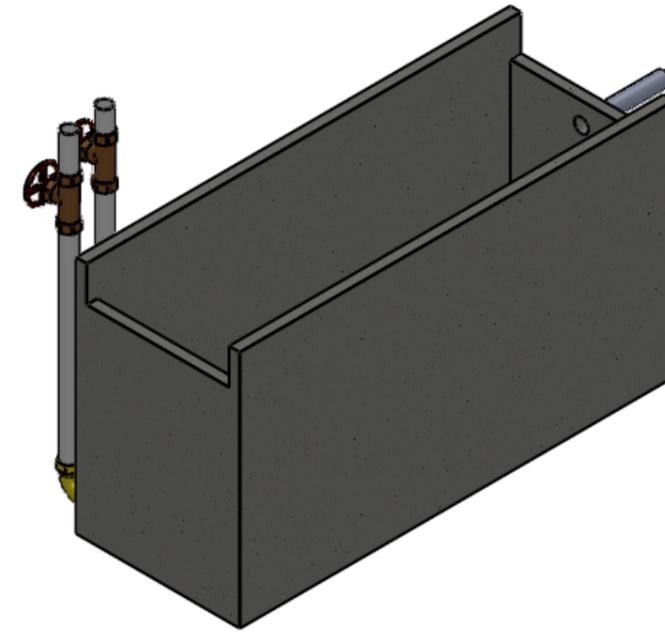
Escala:
1:25

Lamina:
02

SEDIMENTADOR



ISOMETRICA



DISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA EL SUBSISTEMA "COSMOPOLITA" CANTÓN BAÑOS - TUNGURAHUA

CONTIENE: SEDIMENTADOR

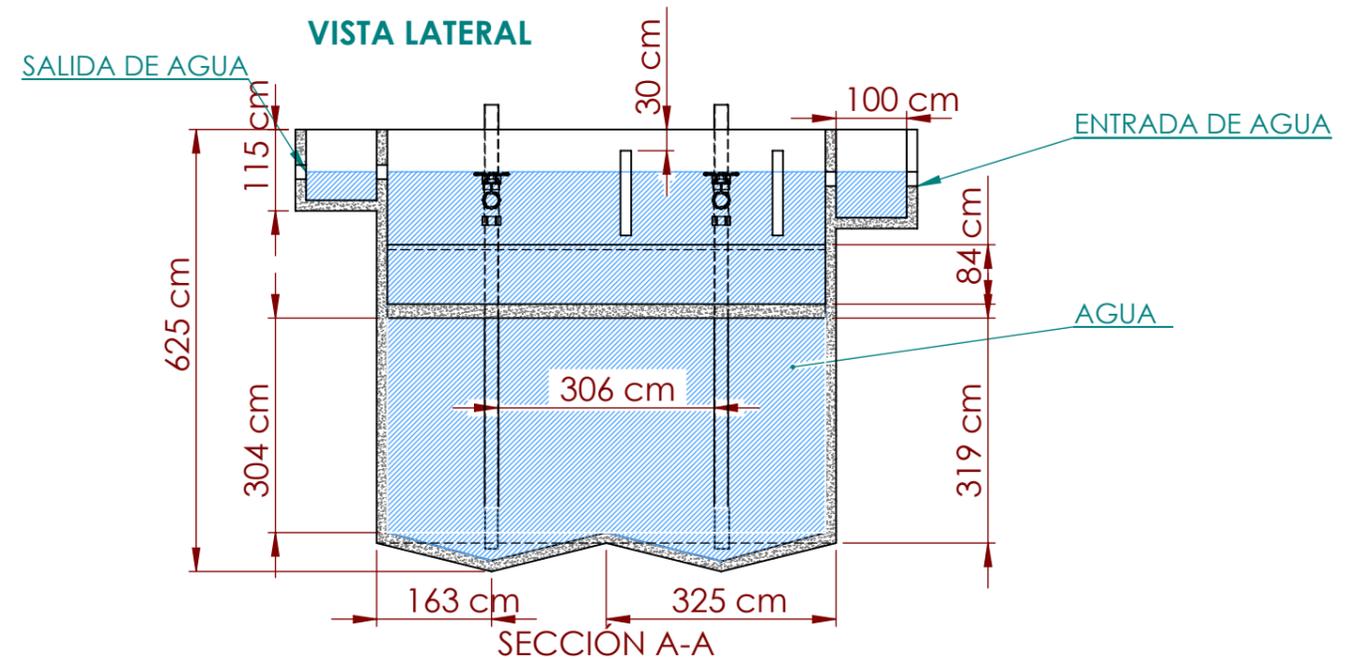
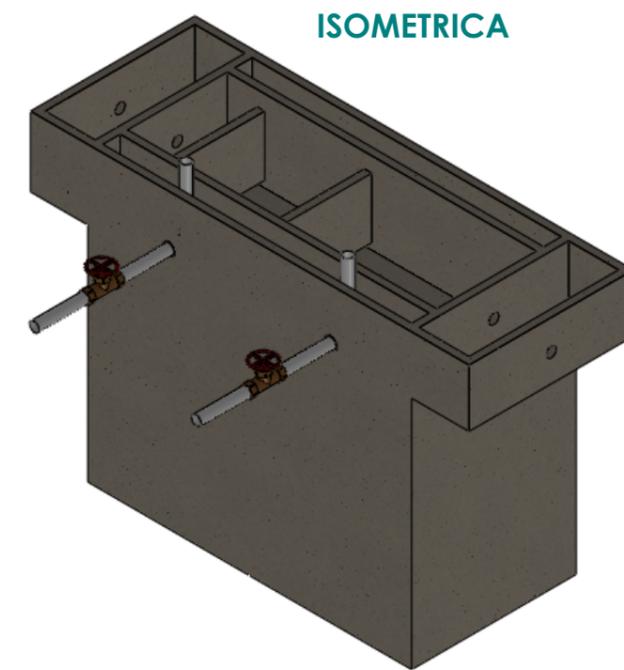
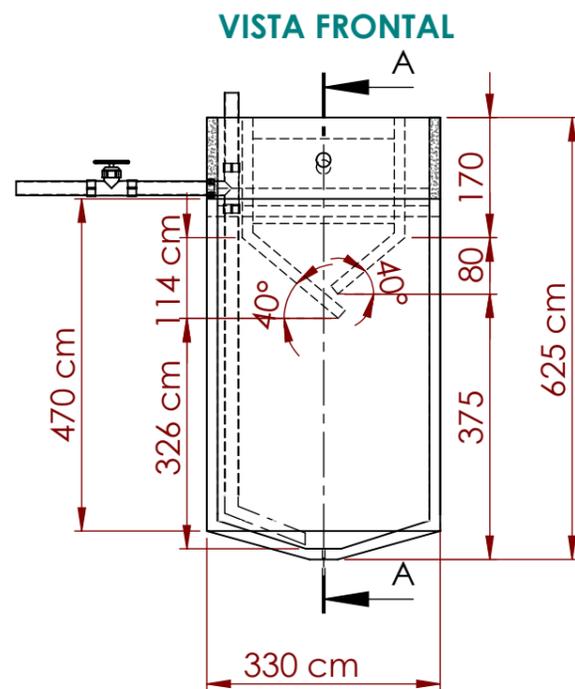
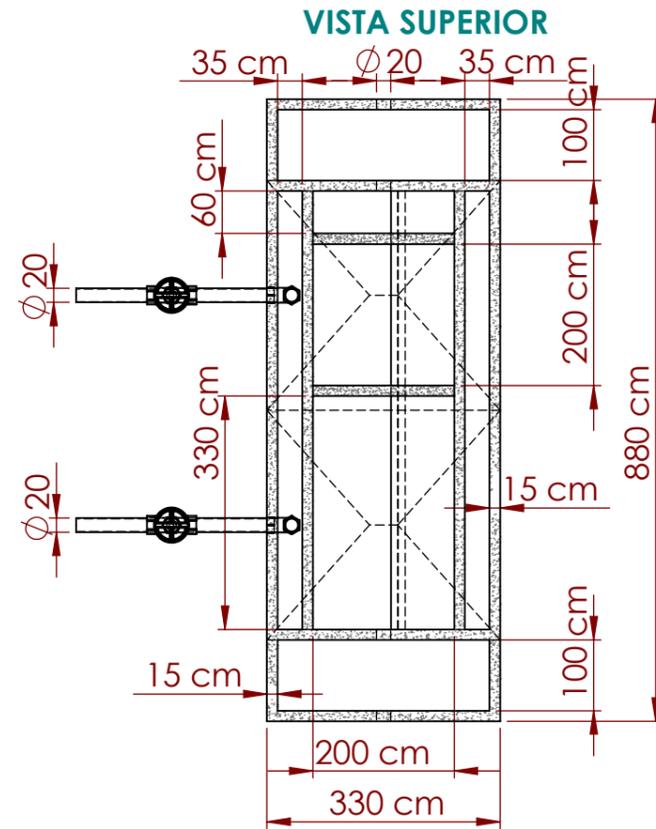
REALIZADO POR: PAMELA CEPEDA BARRENO

REVISADO POR:
Dr. GERARDO LEON

Escala:
1:70

Lamina:
03

TANQUE IMHOFF



DISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA EL SUBSISTEMA "COSMOPOLITA" CANTÓN BAÑOS

CONTIENE: TANQUE IMHOFF

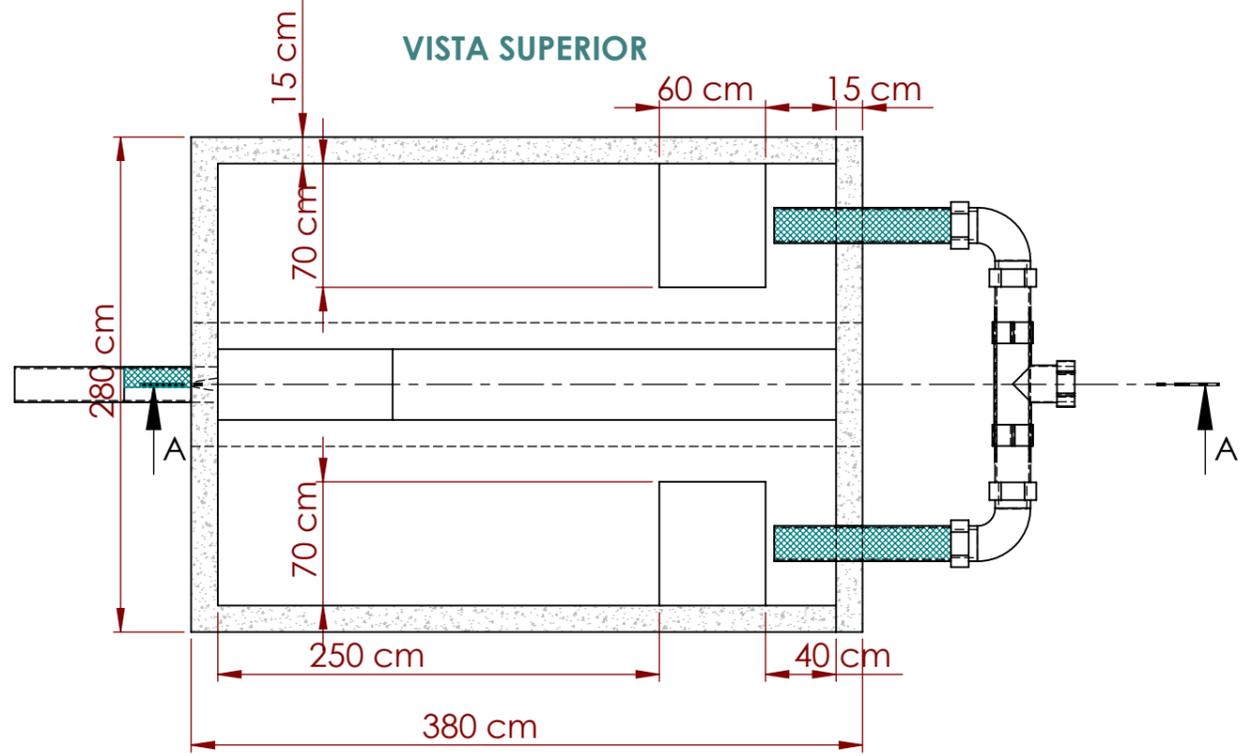
REALIZADO POR: PAMELA CEPEDA BARRENO

REVISADO POR:
Dr. GERARDO LEON

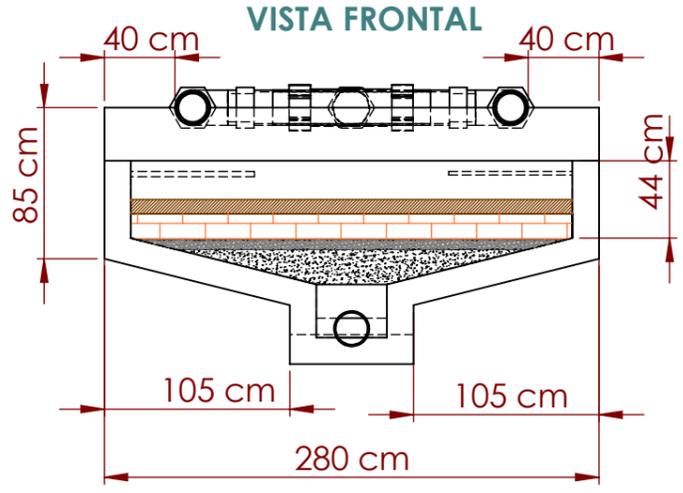
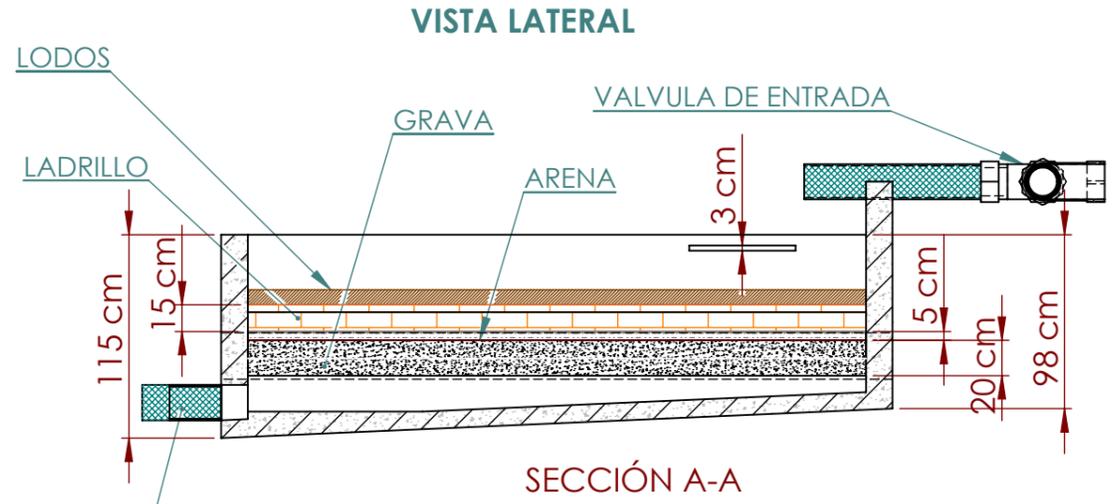
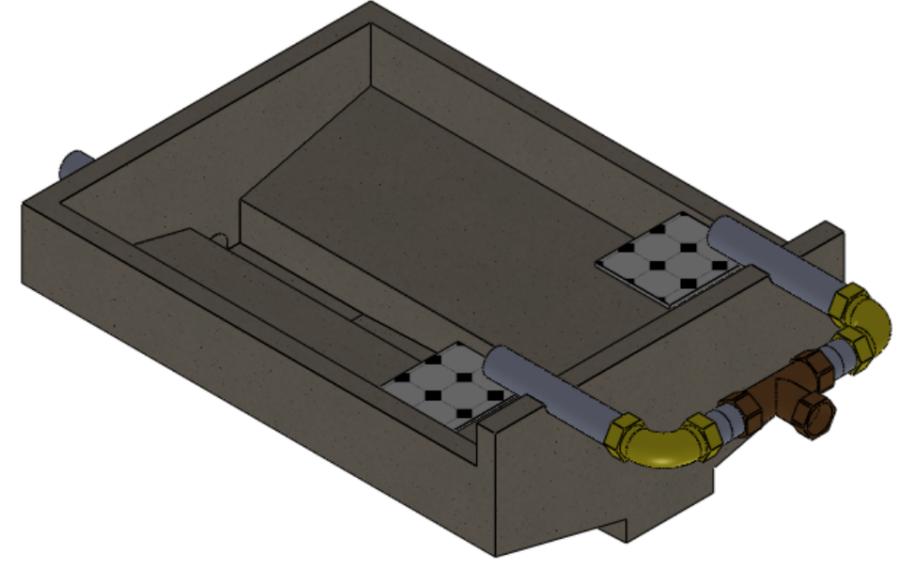
Escala:
1:25

Lamina:
04

LECHO DE SECADO



ISOMETRICA



TUBERIA DE SALIDA



DISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA EL SUBSISTEMA "COSMOPOLITA" CANTÓN BAÑOS

CONTIENE: LECHO DE SECADO

REALIZADO POR: PAMELA CEPEDA BARRENO

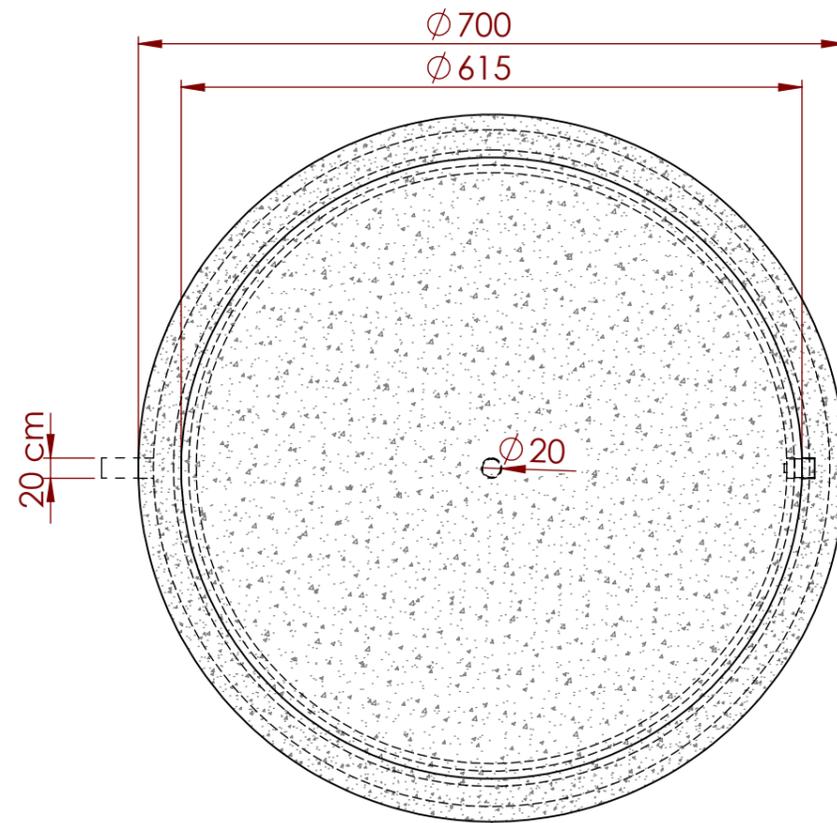
REVISADO POR:
Dr. GERARDO LEON

Escala:
1:50

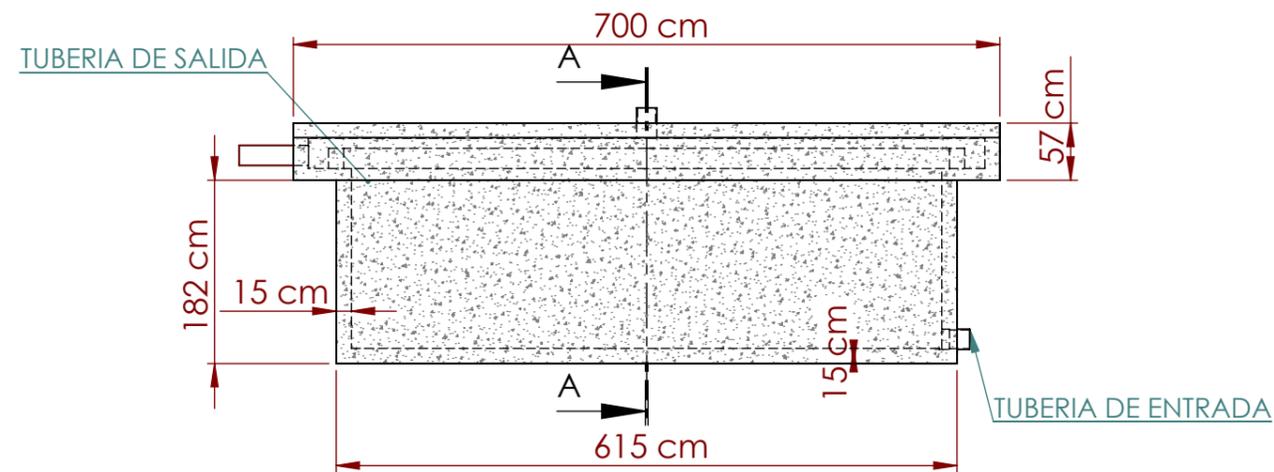
Lamina:
05

FILTRO ANAEROBIO DE FLUJO ASCENDENTE

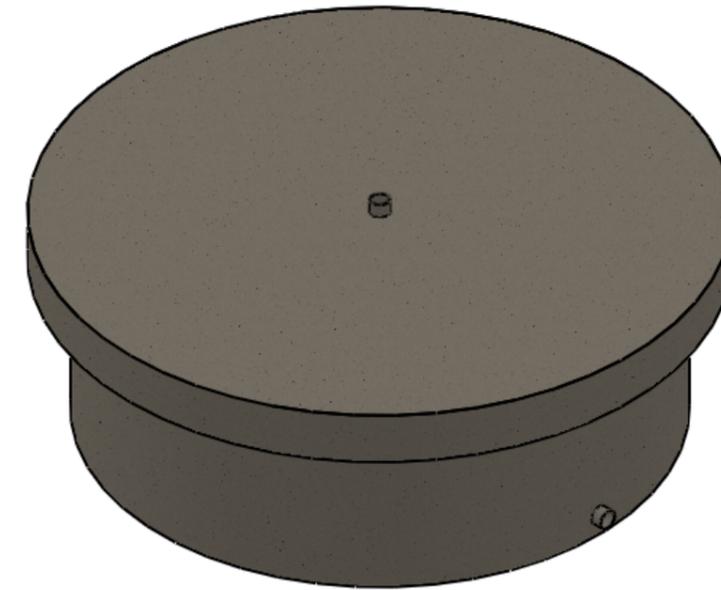
VISTA SUPERIOR



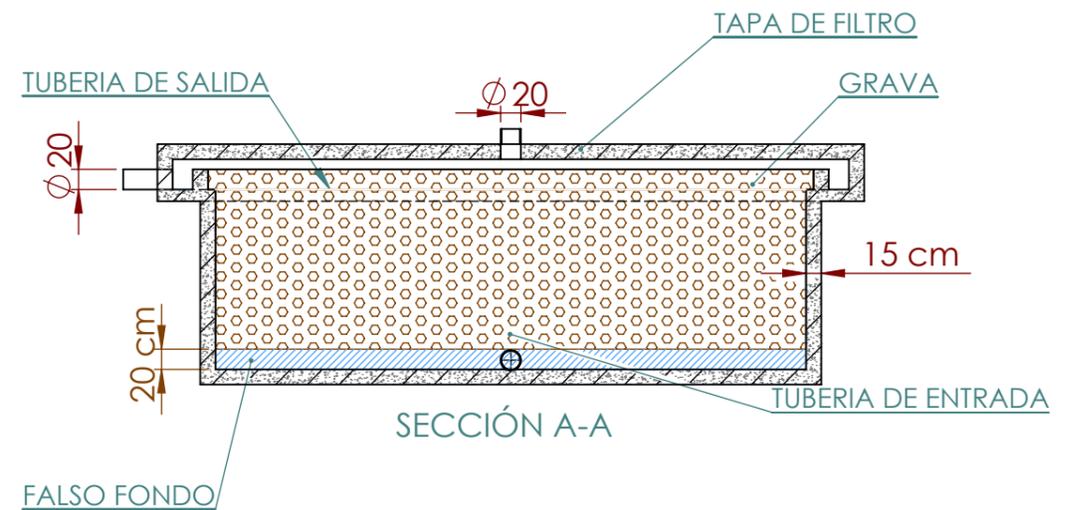
VISTA FRONTAL



ISOMETRICA



VISTA LATERAL



DISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA EL SUBSISTEMA "COSMOPOLITA" CANTÓN BAÑOS - TUNGURAHUA

CONTIENE: FILTRO FAFA

REALIZADO POR: PAMELA CEPEDA BARRENO

REVISADO POR:
Dr. GERARDO LEON

Escala:
1:70

Lamina:
06