



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS

**REDISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS
RESIDUALES DE LA PARROQUIA CUNCHIBAMBA, CANTÓN
AMBATO**

TESIS DE GRADO
Previo a la obtención del título:
INGENIERO EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

AUTOR
CARLOS SANTIAGO SOLÍS CHAMORRO

RIOBAMBA-ECUADOR
2015



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS

**REDISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS
RESIDUALES DE LA PARROQUIA CUNCHIBAMBA, CANTÓN
AMBATO**

TESIS DE GRADO
Previo a la obtención del título:
INGENIERO EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

AUTOR: CARLOS SANTIAGO SOLÍS CHAMORRO
TUTOR: DR. GERARDO LEÓN

RIOBAMBA-ECUADOR
2015

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE CIENCIA QUÍMICAS

El tribunal de tesis certifica que: El trabajo de investigación “**REDISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA PARROQUIA CUNCHIBAMBA, CANTÓN AMBATO**”, de responsabilidad del señor Carlos Santiago Solís Chamorro ha sido prolijamente revisado por los Miembros del Tribunal de Tesis, quedando autorizada su presentación.

FIRMA

FECHA

Dra. Nancy Veloz

DECANA DE LA FACULTAD

DE CIENCIAS

Ing. María Fernanda Rivera

DIRECTORA DE LA ESCUELA

DE CIENCIAS QUÍMICAS

Dr. Gerardo León.

DIRECTOR DE TESIS

Ing. Hanníbal Brito M.

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Abg. Bertha Quintanilla

COORDINADORA SISIB

ESPOCH

NOTA DE LA TESIS ESCRITA

Yo Carlos Santiago Solís Chamorro, soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en esta Tesis y el patrimonio intelectual de la Tesis de Grado pertenecen a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

CARLOS SANTIAGO SOLÍS CHAMORRO

AGRADECIMIENTO

A Dios quien me lleno de sabiduría durante mi vida, a mis padres, sin quienes habría sido imposible cumplir esta meta, a mis hermanos y hermana, con quienes en compartido todas las etapas de mi vida y han estado conmigo siempre.

A mis amigos por su apoyo incondicional y desconsiderado brindado durante la ejecución de este trabajo y durante mi época educativa.

A todos mis maestros, quienes con paciencia y dedicación me impartieron los conocimientos que hicieron posible el desarrollo del presente trabajo.

SyS

CARLOS SANTIAGO SOLÍS CHAMORRO

DEDICATORIA

Al amor y sacrificio de mis padres, José y Jeaqueline

CARLOS SANTIAGO SOLÍS CHAMORRO

TABLA DE CONTENIDOS

INTRODUCCIÓN	PP
1.....	1
CAPÍTULO I.....	3
1.....	MARCO TEÓRICO
1.1.....	Aguas residuales
1.1.1.....	<i>Fuente de aguas residual</i>
1.1.2.....	<i>Características de las aguas residuales</i>
1.1.3.....	<i>Las propiedades físicas de las aguas residuales</i>
1.1.4.....	<i>Características físicas de las aguas residuales</i>
1.1.5.....	<i>Características químicas de las aguas residuales</i>
1.1.6.....	<i>Características biológicas de las aguas residuales</i>
1.2.....	Planta de tratamiento de aguas residuales
1.2.1.....	<i>Niveles de tratamiento</i>
1.3.....	Rendimiento de una planta de tratamiento
1.3.1.....	<i>Grado de rendimiento de PTAR</i>
1.4.....	Medición de caudal
1.4.1.....	<i>Estimación del caudal teórico de diseño original</i>
1.4.2.....	<i>Caudal mediante aforo</i>
1.5.....	Muestreo de aguas residuales
1.6.....	Rediseño
1.6.1.....	<i>Población de diseño</i>
1.6.2.....	<i>Caudal de diseño</i>
1.6.3.....	<i>Canal de entrada</i>
1.6.4.....	<i>Rejillas</i>
1.6.5.....	<i>Desarenador</i>
1.6.6.....	<i>Tanque imhoff</i>
1.6.7.....	<i>Dimensionamiento de eras de secado</i>
1.6.8.....	<i>Filtro anaerobio de flujo ascendente</i>
1.7.....	Impacto ambiental
1.7.1.....	<i>Acciones impactantes durante la fase construcción</i>
1.7.2.....	<i>Factores ambientales afectados durante la construcción</i>
1.7.3.....	<i>Evaluación del impacto ambiental mediante Matriz de Leopold modificada</i>
1.8.....	Legislación ambiental
CAPÍTULO II.....	36
2.....	MATERIALES Y MÉTODOS
2.1.....	Materiales
2.2.....	Metodología
2.2.1.....	<i>Localización de la investigación</i>
2.2.2.....	<i>Planta de Tratamiento de la Parroquia Cunchibamba</i>
2.2.3.....	<i>Reconocimiento y Evaluación del Sistema de Tratamiento actual</i>
2.2.4.....	<i>Caudal actual</i>
2.2.5.....	<i>Caracterización físico-química y microbiológica del agua</i>
2.2.6.....	<i>Levantamiento topográfico</i>
2.2.7.....	<i>Identificación y evaluación de impactos ambientales</i>
2.2.8.....	<i>Metodología del Rediseño</i>
CAPÍTULO III.....	41
3.....	CÁLCULOS Y RESULTADOS
3.1.....	Datos
3.1.1.....	<i>Dimensiones físicas de las Planta de tratamiento actual</i>

3.1.2.....	<i>Datos para verificar el caudal que soporta la planta</i>	43
3.1.3.....	<i>Datos del caudal actual en la PTAR</i>	43
3.1.4.....	<i>Datos de la caracterización del agua residual</i>	44
3.2.....	Datos Adicionales y Parámetros de Diseño	45
3.2.1.....	<i>Población de diseño</i>	45
3.2.2.....	<i>Caudal de diseño</i>	45
3.2.3.....	<i>Canal de entrada</i>	45
3.2.4.....	<i>Rejillas</i>	46
3.2.5.....	<i>Desarenador</i>	46
3.2.6.....	<i>Tanque imhoff</i>	46
3.2.7.....	<i>Lechos de secado</i>	47
3.2.8.....	<i>Filtros FAFA</i>	47
3.3.....	Cálculos	47
3.3.1.....	<i>Cálculos del caudal</i>	47
3.3.2.....	<i>Cálculo del caudal teórico basado en la población</i>	47
3.3.3.....	<i>Cálculo del caudal que soporta la PTAR actual</i>	48
3.3.4.....	<i>Eficiencia en la depuración de DBO5</i>	49
3.3.5.....	<i>Eficiencia en la depuración de DQO</i>	50
3.4.....	Propuesta de para el rediseño de la Planta de Tratamiento	50
3.4.1.....	<i>Cálculos de dimensionamiento de nuevos componentes</i>	51
3.4.2.....	<i>Cálculo de la población de diseño</i>	51
3.4.3.....	<i>Cálculo del caudal de diseño</i>	51
3.4.4.....	<i>Caudal medio de aguas residuales</i>	51
3.4.5.....	<i>Cálculo del factor de mayoración Harmon</i>	52
3.4.6.....	<i>Cálculo del canal de entrada</i>	52
3.4.7.....	<i>Cálculo de la gradiente</i>	53
3.4.8.....	<i>Cálculo de rejillas</i>	53
3.4.9.....	<i>Cálculo del Desarenador</i>	55
3.4.10.....	<i>Dimensionamiento del tanque imhoff</i>	56
3.4.11.....	<i>Cálculo de eras de secado</i>	59
3.4.12.....	<i>Cálculo del Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente (FAFA)</i>	61
3.4.13.....	<i>Cálculo de la eficiencia de la propuesta</i>	62
3.5.....	Resultados	63
3.5.1.....	<i>Caudales</i>	64
3.5.2.....	<i>Esquema del rediseño y propuesta de nuevos componente</i>	67
3.5.3.....	<i>Resultado del canal de llegada</i>	67
3.5.4.....	<i>Resultado de las rejillas</i>	68
3.5.5.....	<i>Resultado del Desarenador</i>	68
3.5.6.....	<i>Resultado del tanque Imhoff</i>	68
3.5.7.....	<i>Resultado de las eras de secado</i>	69
3.5.8.....	<i>Resultado de los filtro FAFA</i>	69
3.5.9.....	<i>Rendimiento con el Re-diseño de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de las Parroquia Cunchibamba y Cumplimiento de la Normativa Ambiental</i>	70
3.6.....	Discusión de resultados	70
3.7.....	Análisis de costos	73
3.7.1.....	<i>Análisis de precios unitarios</i>	73
3.7.2.....	<i>Presupuesto para la ejecución de la obra</i>	74

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla		pp
Tabla 1-1...	Coefficiente de retorno de aguas servidas domésticas.....	18
Tabla 2-1...	Coefficientes de pérdida para rejillas.....	22
Tabla 3-1...	Escala de valoración de Impactos.....	32
Tabla 4-1...	Valoración de la magnitud e importancia de la matriz de Leopold.....	33
Tabla 5-1...	Legislación Ambiental.....	34
Tabla 6-1...	Límites de descarga a un Cuerpo de Agua Dulce.....	35
Tabla 1-2...	Materiales y Equipos.....	36
Tabla 2-2...	Métodos usados por LAB-CESTTA para el análisis físico-químico y microbiológico de aguas residuales.....	39
Tabla 1-3...	Dimensiones verificadas de la Fosa Séptica existente.....	43
Tabla 2-3...	Caudal diario.....	43
Tabla 3-3...	Caracterización de Aguas residuales.....	44
Tabla 4-3...	Parámetros para el cálculo de la población de diseño.....	45
Tabla 5-3...	Parámetros para el cálculo del caudal de diseño.....	45
Tabla 6-3...	Parámetros de diseño para el canal de entrada.....	45
Tabla 7-3...	Parámetros de diseño para rejillas.....	46
Tabla 8-3...	Parámetros de diseño para Desarenador.....	46
Tabla 9-3...	Parámetros de diseño para Tanque Imhoff.....	46
Tabla 10-3.	Parámetros de diseño para Lechos de secado.....	47
Tabla 11-3.	Parámetros de diseño para FAFA.....	47
Tabla 12-3.	Eficiencias reportadas por los diferentes reportes de laboratorio DBO5...	50
Tabla 13-3.	Eficiencias reportadas por los diferentes reportes de laboratorio DQO.....	50
Tabla 14-3.	Resumen del dimensionamiento del canal de entrada.....	67
Tabla 15-3.	Resumen del dimensionamiento de rejillas.....	68
Tabla 16-3.	Resumen del dimensionamiento del Desarenador.....	68
Tabla 17-3.	Resumen del dimensionamiento del Tanque Imhoff.....	68
Tabla 18-3.	Resumen del dimensionamiento de las Eras de secado.....	69
Tabla 19-3.	Resumen del dimensionamiento del FAFA.....	69
Tabla 20-3.	Rendimiento de los componentes existentes.....	69
Tabla 21-3.	Rendimiento de los componentes propuestos.....	69
Tabla 22-3.	Comparativa con los límites permisibles.....	70
Tabla 23-3.	Presupuesto y análisis de precios unitarios.....	74
Tabla 24-3.	Cronograma.....	83

TABLA DE FIGURAS

Figura		pp
Figura 1-1...	Vista plata de una sistema de rejillas de doble cámara.....	20
Figura 2-1...	Diferentes formas de rejillas.....	22
Figura 3-1...	Desarenador de dos unidades en paralelo.....	23
Figura 1-2...	Planta de tratamiento de la Parroquia Cunchibamba.....	37

TABLA DE GRÁFICOS

Gráfico		pp
Gráfico 1-3.....	Hidrograma de Caudal.....	64
Gráfico 2-3.....	Variación de Caudales.....	65
Gráfico 3-3.....	Valores de DBO5 en la entrada y salida del tratamiento.....	66
Gráfico 4-3.....	Valores de DQO en la entrada y salida del tratamiento.....	66
Gráfico 5-3.....	Propuesta de Rediseño de la Planta de Tratamientos.....	67

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo	
Anexo A.....	Manual de operación y mantenimiento
Anexo B.....	Matriz de identificación de impactos ambientales
Anexo C.....	Matriz de evolución de impactos ambientales
Anexo D.....	Fotografías del estado de la planta de tratamientos
Anexo E.....	Fotografías: toma de muestras y medición de caudales
Anexo F.....	Análisis de laboratorio
Anexo G.....	Ubicación de la Planta de tratamiento de aguas residuales de Cunchibamba
Anexo H.....	Planos

RESUMEN

Se rediseñó la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la Parroquia Cunchibamba, Cantón Ambato provincia de Tungurahua para mejorar el sistema de tratamiento permitiendo descargar el agua residual al cuerpo receptor cumpliendo con las normas ambientales vigentes.

Se caracterizó el agua residual del afluente y efluente en base a los métodos descritos en APHA/AWWA/Standard Methods, los análisis en parámetros claves para el rediseño en efluente son: DQO 350 mg/L, DBO 195 mg/L; para la medición de caudales se utilizó el método de aforo en la primera caja de revisión, ocupando un recipiente graduado de 20 L, se obtuvieron caudales que oscilaban entre 4,13 L/s y 6,67 L/s; el levantamiento topográfico se realizó conjuntamente con personal de la empresa, además se verificó las medidas de los componentes existentes. Con estos resultados se efectuó un diagnóstico de la planta de tratamiento que evidenciaba un bajo rendimiento en la depuración de estos parámetros ya que no cumplen con los límites establecidos en la normativa ambiental establecida TULSMA, Libro VI, Anexo I, razón por la cual es necesario realizar un mantenimiento total de los componentes existentes en la planta, implementar un bypas que regule la entrada de agua debido a que el caudal es muy variable, diseñar sistema de tratamiento preliminar adecuado y nuevos componentes, con lo que se tratará el excedente del caudal, reduciendo la carga contaminante en un 81% y de esta manera cumplir con lo establecido en la normativa ambiental vigente.

Con el rediseño de la Planta de Tratamiento de Agua Residual se conseguirá cumplir con los límites de descarga, evitará la contaminación ambiental del cuerpo receptor y de la parroquia Cunchibamba, se recomienda ejecutar este proyecto para alcanzar un ambiente sano, un desarrollo sostenible y sustentable, manteniendo un equilibrio armónico entre el hombre y la naturaleza

<TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES >; <EVALUACIÓN DE COMPONENTES FÍSICOS>; <CONTAMINACIÓN DEL AGUA>; <EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL>; <IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS NEGATIVOS >; <CARACTERIZACIÓN DE AGUAS RESIDUALES >; <MEDICIÓN DE CAUDAL >; <LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO DEL ÁREA >; <REDISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO >; <ELABORACIÓN DE PLANOS >;

SUMMARY

The Wastewater Treatment Plant of Cunchibamba town, Ambato city, Tungurahua province was redesigned in order to improve the treatment system allowing to discharge the wastewater to the receiving body fulfilling with environmental regulations.

Wastewater influent and effluent was characterized according to methods described in APHA/ AWWA / Standard Methods, analyzes on key parameters for gauging method was used in the first revision box, using a 20 L graduated recipient, flow rates ranging from 4,13 L/s to 6,67 L/s were obtained; Topographic measurements were conducted together with staff of the company, besides the dimensions of existing components were verified. With these results a diagnosis of the treatment plant was carried out, it demonstrates a low depuration performance for these parameters which are above environmental law limits, for this reason it is necessary to make a total maintenance of existing components in the plant, to implement a regulator bypass to control the water flow, to design a proper pretreatment system and new components, which shall treat the wastewater overflow, reducing the pollutant load by 81% complying with the provisions of current environmental law.

With the redesign of the Plant Wastewater Treatment compliance of discharge limits shall be achieved, preventing environmental pollution in the receiving body and Cunchibamba town, it is recommended to execute this Project in order to achieve a healthy environment, a sustainable development, keeping and maintaining a harmonious balance between man and nature.

<WASTEWATER>; <EVALUATION OF COMPONENTS PHYSICAL >; <WATER CONTAMINATION >; <ENVIRONMENTAL IMPACT ASSESSMENT>; <ENVIRONMENTAL IMPACT IDENTIFICATION >; <WASTEWATER CHARACTERIZATION>; <FLOW MEASUREMENT>; <TOPOGRAPHIC AREA>; < THE WASTEWATER TREATMENT PLANT REDESIGN>; < DRAWING OF DESING >

INTRODUCCIÓN

La parroquia de Cunchibamba se encuentra a 15 Km. al norte de la ciudad de Ambato, ubicada a 2633,5 msnm. Limitada al norte la parroquia Antonio José Holguín perteneciente a la provincia de Cotopaxi, al sur con la parroquia Unamuncho, al este con el río Culapachán y al oeste con el Camino Real. Cuenta con una superficie territorial de 18,9 Km² que corresponde al 1,87 % del área cantonal. El clima es templado entre húmedo y seco con una temperatura promedio de 8 a 19 °C. Es una de las parroquias rurales de la ciudad de Ambato, que según el último censo de población y vivienda del año 2010 realizado por el INEC estima que 1040 habitantes tienen conexión a red pública de alcantarillado, en su mayoría se dedica a la agricultura con la producción de cebolla colorada y hortalizas, a través de invernaderos obtienen tomate riñón y frutilla, también se dedican a la crianza de cuyes y conejos, otra rubro de ingresos es la producción de flores para la exportación, actividad que genera gran rédito económico a los pobladores, referente a la ganadería, la cría de ganado de leche es más para el consumo local. En lo artesanal está la confección de ropa, y calzado así como también la albañilería. Otra fuente de ingreso es la pequeña industria mediante la fabricación de vidrio y carrocerías.

El agua residual llega a través del sistema de alcantarillado público, que va a dar a la plata de tratamiento de aguas residuales, el caudal de entrada es muy variable, llegando a ser muy alto para ser tratado en la infraestructura existente, llega hacia una caja de recepción, luego hacia un aliviadero para continuar hacia el canal parshall, desarenador, rejillas, fosa séptica, lechos de secado y filtros biológicos respectivamente.

Para la identificación y/o análisis de los nuevos componentes para la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales se realizó un muestreo aleatorio simple en la entrada y en la salida, las muestras se analizaron en el laboratorio de calidad de EP-EMAPA-A y el Lab-CESTTA, para el caudal se realizó mediciones propias a la entrada del tratamiento, se efectuaron cada hora desde las 7 am hasta las 9 pm, con estos resultados de caracterización del agua residual y la medición de caudales se procedió a rediseñar el sistema de tratamiento para el agua residual proveniente de la parroquia Cunchibamba. El rediseño de la Plata de Tratamiento permite mantener una depuración adecuada de las aguas tratadas, la infraestructura existente tratará el caudal idóneo para el cual fueron diseñados y el restante será tratado por los nuevos componentes, de esta manera se pueda garantizar la descarga del efluente dentro de los límites permisibles para un cuerpo de agua dulce y de esta manera evitar su contaminación

Antecedentes

Como consecuencia del incontrolable crecimiento urbano, en las últimas décadas se ha venido atendiendo y soportando un grave problema de salubridad y contaminación ambiental con el incremento constante y masivo de las aguas servidas, el colapso y la falta de mantenimiento de las plantas de aguas residuales existentes arrastran diferentes problemas urbanísticos, así mismo como enfermedades y deterioro ambiental a nivel mundial.

En el país las aguas residuales se han convertido en uno de los problemas de mayor relevancia y que requiere políticas sanitarias para crear proyectos hidráulicos y sanitarios que ayudaran a contrarrestar y prevenir la contaminación ambiental ocasionada por las descargas de aguas residuales provenientes de las poblaciones sin tratamiento adecuado.

Pocas ciudades cuentan con sistemas de tratamiento, y en su gran mayoría son pequeñas con excepción de Cuenca que es una de las más grandes en el Ecuador, pero a excepción del sistema de tratamiento de esta urbe, la mayoría descargan el agua fuera de los límites debido a la falta de operación y mantenimiento de las mismas, falta de planificación, gestión inadecuada, falta de personal técnico especializado entre otros, que han provocado el deterioro de los cuerpos receptores, provocando un gran problema de contaminación ambiental.

Según el censo de población y vivienda realizado por el INEC en año 2010 únicamente un 53,59% de las viviendas en el Ecuador cuentan con sistema conectado a red pública de alcantarillado, para la eliminación de aguas servidas, de los 221 Municipios en nuestro país, solo 77 Municipios cuentan con sistemas de depuración de aguas residuales con una eficiencia del 50 % lo cual se debe a que no tratan el total del agua residual generada o que no tienen suficiente eficiencia. En la provincia de Tungurahua el 61,9 % (85069) de las viviendas tienen acceso a la red de alcantarillado pública, la gran mayoría están en la ciudad de Ambato con un 70,78 % correspondiente a 63217, de las cuales 260 corresponde a la Parroquia Cunchibamba con un 22,81 %.

En la actualidad la ciudad de Ambato cuenta con 17 Plantas para el Tratamiento de las aguas servidas entre las que tenemos la de Pilahuin, Santa Rosa, Quisapincha, La Matriz, La Merced, Atahualpa, Cunchibamba, Izamba, Pishilata y Picaihua, algunas de ellas construidas años atrás por el Consejo Provincial como es el caso del sistema de tratamiento de aguas residuales de la parroquia de Cunchibamba que no funciona con la eficiencia requerida debido a que no tuvo un control técnico apropiado, pasó sin el mantenimiento debido y la población con acceso a la red de alcantarillado público aumentó en los últimos años, lo cual hace que el efluente no cumpla con los parámetros establecidos por la Legislación Ambiental Ecuatoriana que se especifica en el Libro VI Anexo I del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA) para descargas a un cuerpo de agua dulce.

Justificación

El presente proyecto tiene una importancia significativa debido a que las aguas servidas originadas en la Parroquia Cunchibamba son vertidas hacia la quebrada Q/N sin cumplir con los límites establecidos en la Normativa Ambiental Ecuatoriana establecidas en el Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente (TULSMA), Libro VI, Anexo I, Tabla 12 de límites de descarga a un cuerpo de agua dulce, la gran preocupación para la salud pública así como el deterioro ambiental desempeñan un papel importante en la necesidad del rediseño del sistema de tratamientos para este tipo de aguas.

La planta de tratamiento de la Parroquia Cunchibamba carece de la infraestructura suficiente para tratar el caudal de agua residual de la actualidad, los componentes existentes no tiene capacidad para realizar la depuración necesaria, debido a la falta de mantenimiento a través de los años y a la mala proyección realizada, ha provocado que el sistema de tratamiento colapse y los vertidos de agua hacia la quebrada y posteriormente al río Cutuchi provoquen contaminación, perjudicando de esta manera la salud de las personas que hacen uso de esta fuente para distintas actividades, así como la contaminación del ambiente.

El Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Ambato a través de su Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado EP-EMAPA-A apoya el presente proyecto con el fin de mejorar el nivel de vida de sus pobladores y de disminuir los impactos ambientales en su cantón ha priorizado el cuidado del medio ambiente, por ello se encuentra empeñado en desarrollar proyectos que contribuyan a este fin, tal es el caso del **REDISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA PARROQUIA CUNCHIBAMBA, CANTÓN AMBATO.**

Este proyecto contribuirá a minimizar el impacto ambiental causado por las descargas de las aguas residuales de la parroquia Cunchibamba hacia un cuerpo de agua dulce, el fin principal es el rediseño del sistema existente en la parroquia para tratar el agua residual a través de una evaluación técnica de la misma, dicho beneficio está encaminado a sus habitantes, así como a la población en general y el ambiente que los rodea.

Es importante indicar que las acciones relacionadas con la preservación del ambiente no son un gasto, más bien una inversión con el fin de alcanzar un ambiente sano para el desarrollo sostenible y sustentable manteniendo un equilibrio armónico entre el hombre y la naturaleza.

Objetivos

General

Rediseñar la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la Parroquia Cunchibamba del Cantón Ambato.

Específicos

Caracterizar física, química y microbiológicamente el agua residual.

Cuantificar el caudal que se va a tratar en la planta de tratamiento.

Evaluar la Planta de Tratamiento de Agua Residual de la Parroquia Cunchibamba.

Establecer medidas para el rediseño y optimización de la Planta de Tratamiento aprovechando la infraestructura disponible.

Elaborar el manual de operaciones y mantenimiento de la planta de tratamiento de aguas residuales.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO

1.1 Aguas residuales

Se considera aguas residuales aquellas que han sido empleadas en diferentes actividades ya sea de uso doméstico, industrial, comercial y de servicios, que comúnmente son conducidas por la red de alcantarillado hacia una PTAR y posteriormente son vertidas a cuerpos receptores.

El agua residual doméstica se ve modificada en sus características debido al uso del ser humano proveniente de zonas residenciales como en el empleo en la cocina, aseo personal, lavado de prendas de vestir, así como en el uso sanitario de las mismas en las cuales el agua ha sido alterada luego de tales procesos cotidianos de la vida de las personas.

1.1.1 Fuente de aguas residual

Se origina a partir de desechos domésticos, desechos humanos y animales, aguas residuales industriales, aguas de lluvia, y la infiltración de las aguas subterráneas. Las aguas residuales, básicamente, es el flujo de agua utilizada de una comunidad. Es 99,94% de agua en peso. (Federación de Control de la Contaminación del Agua, 1980) El restante es material disuelto o suspendido en el agua que corresponde a 0,06%. Originándose en gran parte el suministro de agua de una comunidad después de que se ha ensuciado por diversos usos.

1.1.2 Características de las aguas residuales

La comprensión de la física, química, y las características biológicas de las aguas residuales es muy importante en el diseño, operación, gestión de recolección, tratamiento y disposición de aguas residuales. La naturaleza de las aguas residuales incluye características físicas, químicas y biológicas que dependen del uso del agua en la comunidad, la contribución industrial y comercial, el clima y la infiltración.

1.1.3 Las propiedades físicas de las aguas residuales

En un inicio las aguas residuales tienen un color gris y su olor no es desagradable, el color cambia gradualmente con el tiempo de gris a negro y los olores desagradables pueden entonces desarrollarse como resultado del posterior vertido al alcantarillado séptico.

1.1.4 Características físicas de las aguas residuales

Las características físicas más importantes de las aguas residuales son la temperatura y la concentración de sólidos que en las aguas residuales son factores muy importantes para los procesos de tratamiento de aguas residuales. La temperatura afecta la reacción química y actividades biológicas.

Los sólidos, tales como sólidos suspendidos totales (SST), sólidos suspendidos volátiles (SSV) y sólidos sedimentables, afectan el funcionamiento y el tamaño de las unidades de tratamiento. Entre las características físicas también tenemos el olor que es de gran interés debido a las molestias que este ocasiona a las personas y no menos importantes también el color, turbiedad y conductividad.

1.1.4.1 Temperatura

En el agua residual generalmente la temperatura es mayor que en el agua de abastecimiento debido a que se incorpora agua caliente de uso doméstico e industrial, el oxígeno se vuelve menos soluble que en el agua fría, las reacciones bioquímicas aumentan la velocidad de reacción por el aumento de la temperatura en el agua residual por lo cual la concentración de oxígeno disuelto disminuye drásticamente en verano. La temperatura tiene una variación dependiendo de la posición geográfica y de estación en estación, en regiones frías la temperatura varía de 7 °C a 18 °C mientras que en regiones cálidas la variación será de 13 °C a 30 °C, por tanto las reacciones químicas, velocidad de reacción, la vida acuática y la tratabilidad del agua para otros usos son afectadas directamente.

1.1.4.2 Sólidos

Los sólidos comprenden la materia en suspensión o disuelta en agua y aguas residuales. Los sólidos se dividen en varias fracciones diferentes y sus concentraciones proporcionan información útil para el control de los procesos de tratamiento y la caracterización de las aguas residuales, generalmente se remueve los materiales gruesos antes de analizar sólidos en la muestra.

1.1.4.3 Sólidos totales

De sólidos totales (ST) son la suma de los sólidos suspendidos totales (SST) y sólidos totales disueltos (STD). Cada uno de estos grupos se pueden dividir en fracciones volátiles y fijos, de este manera los sólidos totales es el material que queda en el plato de evaporación después de que se haya secado durante al menos una hora o durante la noche preferiblemente en un horno a 103 a 105°C.

1.1.4.4 Sólidos suspendidos totales

Los sólidos suspendidos totales (SST) se conocen como residuos no filtrables. Los SST son un parámetro muy importante para la calidad del agua y las aguas residuales y en un tratamiento de efluentes de aguas residuales estándar. Se determina mediante el filtrado de una muestra bien mezclada a través de un tamaño de poro de 0,2 mm y 24 mm de diámetro de membrana.

1.1.4.5 Sólidos disueltos totales

Sólidos disueltos totales (SDT) son también llamados residuos filtrables. Total de sólidos disueltos en las aguas residuales sin procesar están en el intervalo de 250 a 850 mg/L.

1.1.4.6 Sólidos fijos y volátiles

El residuo de ST, SST, o pruebas de TDS se enciende hasta obtener un peso constante a 550°C. La pérdida de peso por ignición se llama sólidos volátiles, mientras que los sólidos restantes representan los sólidos fijos.

1.1.4.7 Sólidos sedimentables

Sólidos sedimentables es el término que se aplica a los materiales que sedimentarán por fuera de la suspensión en un plazo definido. Se puede incluir material flotante, dependiendo de la técnica y pueden expresarse ya sea en volumen (ml/L) o un peso (mg/L) base.

1.1.4.8 Color

En aguas residuales el color se debe a la presencia de sólidos suspendidos, material coloidal y sustancias en suspensión. El color generado por los sólidos en suspensión se denomina aparente y el color que causado por los coloides y sustancias disueltas se denomina real.

1.1.4.9 Olor

La determinación del olor es cada vez más importante en la medida en que el público se ha interesado más por la propia operación de las instalaciones de tratamiento de aguas residuales. Cuando el agua residual está fresca, el olor es generalmente inofensivo, se producen una diversidad de compuestos nauseabundos debido a la degradación biológica en condiciones aerobias.

El principal compuesto de olor indeseable es el sulfuro de hidrógeno (olor a huevo podrido). Otros compuestos como indol, eskatol y mercaptanos, formados bajo condiciones anaerobias, pueden causar olores mucho más ofensivos que el sulfuro de hidrógeno. (APHA, 2012)

1.1.4.10 Turbiedad

La turbiedad, como una medida de las propiedades de dispersión de la luz de las aguas, es otro parámetro usado para indicar la calidad del agua y las aguas residuales tratadas con relación al material residual en suspensión coloidal. Para medir de la turbiedad, se compara la intensidad de la luz dispersa en la muestra de agua residual con la intensidad de la luz dispersa en una suspensión de referencia que esté en iguales condiciones (WEF 1995). (UNT) que quiere decir unidades nefelométrías de turbiedad son los resultados en los que se mide este parámetro.

1.1.4.11 Conductividad

En el agua la conductividad eléctrica es la medida de la capacidad que tiene esta sustancia para conducir la corriente eléctrica, debido a que la corriente eléctrica transportada por iones en solución cuando aumenta la concentración de éstos conlleva a un aumento en la conductividad. El valor de la conductividad es un parámetro que sustituye al de la concentración de sólidos disueltos totales. Actualmente este parámetro se lo usa para determinar la viabilidad de utilizar el agua tratada para riego, la conductividad eléctrica se expresa en micromhos por centímetro en el sistema inglés y en milisiemens por metro en el sistema internacional.

1.1.5 Características químicas de las aguas residuales

Los sólidos disueltos y suspendidos en las aguas residuales contienen material orgánico e inorgánico. La materia orgánica puede incluir hidratos de carbono, grasas, aceites, grasas, proteínas, surfactantes, pesticidas y otros productos químicos agrícolas, compuestos orgánicos volátiles y otras sustancias químicas tóxicas (domesticas e industrial). Los compuestos inorgánicos pueden incluir metales pesados, nutrientes (nitrógeno y fósforo), pH, alcalinidad, cloruros, azufre y otros contaminantes

inorgánicos. Los gases tales como dióxido de carbono, nitrógeno, oxígeno, sulfuro de hidrógeno, metano y pueden estar presentes en un agua residual.

1.1.5.1 pH

El pH es la medida de la concentración de ion hidrógeno en una solución, se define como el logaritmo negativo de la concentración de ion hidrógeno que generalmente se mide con un instrumento denominado pH metro o empleando soluciones y papeles indicadores que cambian de color dependiendo del valor del pH. El valor de la concentración del ion hidrógeno tiene una íntima relación con la reacción de disociación de las moléculas del agua.

1.1.5.2 Nitrógeno

Este elemento es esencial en el crecimiento biológico se lo denomina también nutriente o bioestimulante, es uno de los más importantes debido a q el nitrógeno es esencial para la síntesis de las proteínas por lo que se hace necesario saber sobre la presencia de este nutriente para evaluar la tratabilidad del agua residual mediante procesos biológicos y cuando el nitrógeno es escaso se debe agregar para que el agua se pueda tratar. El total de nitrógeno se compone de nitrógeno amoniacal, nitritos, nitratos y nitrógeno orgánico.

1.1.5.3 Fósforo

Es un elemento esencial para el crecimiento particularmente de algas y otros organismos bilógicos, las algas crecen de manera nociva en las aguas superficiales por lo que es de gran interés el control de compuestos del fosforo que se encuentran presentes en las aguas residuales domésticas. En aguas residuales municipales el fosforo esta entre 4 y 12 mg/L expresado en P, de manera frecuente el fosforo se encuentra presente en solución acuosa como ortofosfatos, polifosfatos y fosforo orgánico.

1.1.5.4 Alcalinidad

Los hidroxilos son los que provocan la alcalinidad en el agua residual, los carbonatos y bicarbonatos de elementos como el calcio, amoniaco, sodio, magnesio y potasio, los más comunes son el bicarbonato de magnesio y el bicarbonato de magnesio. La alcalinidad favorece a regular los cambios de pH producidos por la adición de ácidos. El agua residual es alcalina, adquiere esta propiedad de las aguas subterráneas, aguas de tratamiento y de los materiales que se añaden por el uso doméstico.

1.1.5.5 Cloruros

La concentración de cloruros en aguas residuales es muy importante y proviene de la disolución de suelos y rocas que los contenga y que estén en contacto con el agua, las descargas de aguas residuales domésticas, agrícolas e industriales a aguas superficiales son otra fuente de cloruros y en aguas costeras también se debe a la presencia e intrusión de agua salada.

1.1.5.6 Azufre

Se encuentra presente en las agua naturales como en las aguas residuales en forma de ion sulfato, es un elemento necesario para la síntesis de proteínas y se libera cuando hay la degradación de éstas. Bajo condiciones anaerobias los sulfatos se reducen biológicamente a sulfuros y pueden formar sulfuro de hidrogeno (H_2S) al combinarse con el hidrogeno.

1.1.5.7 Aceites y Grasas

Las grasas y aceites son el tercer componente en importancia de los alimentos, en las aguas residuales la grasa, uso extendido, engloba las grasas animales, aceites, ceras y otros constituyentes. Para analizar su contenido se hace la extracción de la muestra con triclorotrifluoroetano por la solubilidad que tiene en éste. Las grasas y los aceites son ésteres es decir compuestos del alcohol, glicerol (glicerina) y ácidos grasos, los glicéridos de ácidos grasos que se presentan en estado líquido a temperatura normal son los aceites y los que están en estado sólido son las grasas.

1.1.5.8 Tensoactivos

Están formados por moléculas de gran tamaño, ligeramente son solubles en agua y son responsables de la aparición de espuma en las superficies de los cuerpos de agua receptores de los vertidos de aguas residuales y en las plantas de tratamiento, los tensoactivos en la interface aire-agua tienden a concentrarse.

En el proceso de aireación de aguas residuales se concentran formando una espuma muy estable en la superficie de las burbujas de aire. Para determinar la presencia de elementos tensoactivos se analiza el cambio de color de una muestra normalizada de azul de metileno se las conoce también como sustancias activas al azul de metileno.

1.1.5.9 Demanda bioquímica de oxígeno DBO

Es el parámetro de contaminación más empleado tanto para aguas residuales como para aguas superficiales denominado DBO a 5 días (DBO₅), los microorganismos durante la oxidación bioquímica de la materia orgánica, necesitan el oxígeno disuelto por lo cual se relaciona el consumo de este elemento, para determinar el valor de este parámetro.

La medición de la DBO se emplea para determinar la cantidad aproximada de oxígeno que se requiere para estabilizar biológicamente la materia orgánica presente, dimensionar las instalaciones de tratamiento de aguas residuales, medir la eficiencia de algunos procesos de tratamiento y controlar el cumplimiento de las limitaciones a que están sujetos los vertidos.

1.1.5.10 Demanda química de oxígeno DQO

El análisis de la DQO se emplea para determinar la cantidad de materia orgánica en aguas residuales como en aguas superficiales, se usa un agente químico fuertemente oxidante en medio ácido para determinar el equivalente de oxígeno que puede oxidarse, el dicromato de potasio brinda buenos resultados para este ensayo que debe hacerse a elevadas temperaturas y que para facilitar la oxidación de determinados tipos de compuestos orgánicos se debe emplear un catalizador como el sulfato de plata. Se debe tomar las medidas adecuadas para eliminar antes de realizar el ensayo a los compuestos que interfieren en su desarrollo.

1.1.6 Características biológicas de las aguas residuales

En aguas residuales es muy importante el control de las características biológicas, debido a la presencia de organismos patógenos de origen humano que son causantes de enfermedades, por el papel activo, fundamental de las bacterias y de otros microorganismos en la descomposición y estabilización de la materia orgánica ya sea en plantas de tratamiento o en el medio natural, entre los principales organismos presentes en aguas residuales y superficiales están los virus, protozoos, hongos, bacterias, protozoos, plantas y animales.

1.1.6.1 Virus

Son partículas parasíticas formadas por un cordón de material genético ácido ribonucleico (ARN) o desoxirribonucleico (ADN) con una capa de proteínica de recubrimiento, no tienen la capacidad de sintetizar nuevos compuestos por lo que invaden a las células de organismos vivos que los acogen y reconducen la actividad celular para producir nuevas partículas virales a costa de las células invadidas, cuando muere la célula huésped se libera una gran cantidad de estas partículas virales que infectarán a otras células próximas.

Los virus que están presentes en las excretas humanas representan un gran peligro de salud pública, con datos experimentales se ha podido comprobar que por cada gramo de heces de una persona con hepatitis contiene entre 10.000 y 100.000 dosis de virus hepático, también se sabe que algunos virus pueden sobrevivir hasta 41 días en aguas residuales como en aguas limpias a la temperatura de 20°C y hasta 6 días en un río normal.

1.1.6.2 Bacterias

Son organismos procarióticos unicelulares que en su interior contienen una suspensión coloidal de proteínas, carbohidratos y otros compuestos orgánicos complejos, llamada citoplasma que contiene ácido ribonucleico (ARN) cuya función principal es la síntesis de proteínas, en el citoplasma también se encuentra el ácido desoxirribonucleico (ADN) que contiene la información genética necesaria para la reproducción de todos los componentes celulares, que se da por fisión binaria pero algunas especies se pueden reproducir sexualmente o por gemación. Entre las bacterias que se encuentran en las heces humanas está la *Escherichia coli* que se los utiliza como un indicador de contaminación.

1.1.6.3 Algas

Las algas pueden provocar serios inconvenientes en las aguas superficiales puesto que se reproducen rápidamente cuando las condiciones son favorables, a este fenómeno se lo llama crecimiento explosivo y se puede provocar que lagos, ríos y embalses sean cubiertos por grandes colonias flotantes de algas.

Los crecimientos explosivos son característicos en los llamados lagos eutróficos en los cuales existe gran contenido de nutrientes necesario para el crecimiento biológico, en las plantas de tratamiento de aguas residuales el efluente suele contener gran cantidad de nutrientes biológicos por lo cual la descarga del efluente en los cuerpos receptores provoca su enriquecimiento y aumenta su tasa de eutrofización.

1.1.6.4 Hongos

Los hongos son protistas eucariotas aerobios, quimioheterótrofos, no fotosintéticos y multicelulares. Algunos hongos basan su alimentación en materia orgánica muerta por lo que son saprófitos, los hongos junto con las bacterias son los principales responsables de la descomposición de la materia orgánica en la biosfera, los hongos pueden crecer y desarrollarse en lugares con poca humedad y pH bajos, son muy importantes en los procesos de descomposición de materia orgánica ya que si ellos

el ciclo del carbono se interrumpiría en poco tiempo y se produciría la acumulación de la materia orgánica.

1.1.6.5 Protozoos

Estos microorganismos son eucariotas formados por una sola célula abierta en su estructura, la mayoría son aerobios o facultativamente quimioheterótrofos anaerobios, también se conocen algunos anaerobio. Los protozoos de importancia en el tratamiento de aguas residuales son las amebas, flagelados y los ciliados libres y fijos.

Los protozoos se alimentan de bacterias y de otros organismos microscópicos, son de gran importancia en para el tratamiento biológico como para la purificación de cursos de agua ya que mantienen el equilibrio natural entre los microorganismos. Existen protozoos patógenos como la giarda lamblia responsable de la enfermedad de Hikers y de la giardiasis, el cryptosporidium que el agente causante de infecciones potencialmente mortales para pacientes con SIDA.

1.2 Planta de tratamiento de aguas residuales

Una planta de tratamiento de aguas residuales es una agrupación de procesos físicos, químicos y biológicos, dependiendo del origen del efluente una planta de tratamiento consta de diferentes etapas e infraestructura cuyo objetivo es descontaminar el agua proveniente de las actividades humanas para devolverlas en condiciones aceptables para el medio ambiente.

1.2.1 Niveles de tratamiento

1.2.1.1 Tratamiento preliminar

Éste nivel de tratamiento ocurre a través de una serie de unidades cuyo objetivo es acondicionar el agua residual para que pueda ser tratada en las siguientes etapas debido a que el agua residual pueden estar presentes desechos de gran tamaño, se remueve los materiales como sólidos gruesos, arenas y sólidos finos con densidades mayores al agua, se reduce la acumulación de materiales para que no interfieran en las siguientes etapas del tratamiento.

1.2.1.2 Tratamiento primario

En éste nivel de tratamiento se remueve por medios físicos o físico-químicos en tratamientos primarios mejorados donde se añaden sustancias químicas que ayudan a retirar las partículas en suspensión presentes en el agua residual, el tratamiento primario remueve entre un 60 a 70% de

sólidos suspendidos totales y hasta 30% de DBO orgánica sedimentable, entre los tipos de tratamiento primario están: la sedimentación primaria, flotación, precipitación química, filtros gruesos, filtros gruesos, oxidación química, coagulación, floculación, sedimentación y filtración.

1.2.1.3 Tratamiento secundario

Se refiere a los tratamientos biológicos pudiendo ser estos aerobios o anaerobios, en este nivel de tratamiento se estabiliza la materia orgánica y se remueve los sólidos coloidales que no sedimentan, remoción de nutrientes como el nitrógeno y el fósforo así como los compuestos orgánicos que aun estén presentes. Con éste sistema se logra una remoción de la DBO de un 50% a 95% y entre ellos tenemos la filtración biológica, lodos activos como son los convencionales y los de aireación extendida, lagunas de estabilización sean estas aerobias, facultativas y de maduración, filtros percoladores y filtros rotatorios o biodiscos.

1.2.1.4 Tratamiento terciario

Con este proceso se logra remover contaminantes como virus y metales pesados así como el fósforo y nitrógeno que son nutrientes que ocasionan eutrofización además de compuestos orgánicos que siguiesen presentes luego de que el agua pasara por los anteriores tratamientos. El efluente resultante del tratamiento terciario puede ser ocupado para el riego agrícola, crianza de peces y demás actividades incluyendo la industria así como la recarga de acuíferos, entre estos procesos están: adsorción, ultrafiltración, intercambio iónico, incineración, procesos de membranas, electrodiálisis, procesos de oxidación convencional y electroquímica de oxidación avanzada.

1.3 Rendimiento de una planta de tratamiento

La determinación el rendimiento de una planta de tratamiento de aguas residuales es requerida para evaluar la capacidad de rendimiento de los procesos o una parte de ellos, resulta complicada debido a las oscilaciones del caudal de agua residual en el ingreso y la salida, al igual que el tiempo que permanece el fluido en las instalaciones durante los tratamientos, a través del grado de rendimiento de los diferentes procesos de tratamiento se puede lograr:

- Comparar el resultado de la capacidad real del tratamiento, ya sea con la capacidad teórica estimada, o con la capacidad exigida.
- Documentar y eventualmente, optimizar diferentes aspectos de una planta de tratamiento dada, la confiabilidad de sus resultados, su rentabilidad y la eficiencia de sus operaciones específicas o partes del proceso.

- Establecer un perfil de indicadores, mediante el cual sea posible seleccionar un proceso unitario de tratamiento y establecer los criterios para el diseño de nuevos procesos o una nueva planta.

De esta manera el grado de rendimiento de una planta de tratamiento debe estar relacionado con la labor que se va a realizar, por lo tanto se deben instaurar los siguientes aspectos:

- Los puntos de muestreo y la extensión del lapso que comprenderá el estudio.
- El tipo de muestreo y la duración entre tomas de muestra.
- El procedimiento para el tratamiento de la muestra y sus análisis.
- La metodología de la evaluación de los resultados de las mediciones de acuerdo con un procedimiento normalizado.

Para aguas residuales municipales existen algunos aspectos de mayor relevancia como son: las curvas de comportamiento diario y semanal, influencia de las condiciones climáticas y una uniformidad en su composición.

1.3.1 Grado de rendimiento de PTAR

Se define como la disminución porcentual de indicadores apropiados, considerados en forma acumulativa o de ciertas sustancias determinadas. Se establece un indicador específico para determinar la disminución porcentual, se toma en cuenta la carga del afluente de la planta o hacia alguno de sus componentes y la carga del efluente de la planta, si hay varios puntos de entrada o salida de agua residual en la planta de tratamiento se debe tomar en cuenta las cargas parciales para determinar la carga total.

De tal manera el grado de rendimiento de una planta de tratamiento se calcula así:

$$\eta = \frac{F1 - F2}{F1} \quad \text{Ecuación 1}$$

Dónde:

η = Grado de rendimiento en %

F1 = Sumatoria de las cargas que ingresan a la planta.

F2 = Sumatoria de las cargas en el flujo de salida de la planta.

Para plantas de tratamiento biológico, los parámetros más relevantes a tomar en cuenta para la determinación de la eficiencia son la DQO y DBO₅.

1.4 Medición de caudal

El caudal es muy importante al momento de dimensionar un sistema de tratamiento de aguas residuales, es necesario conocer la cantidad de agua que se va a tratar ya que al igual que las características del agua residual, el caudal sirve para establecer el tipo de tratamiento y los componentes necesarios para la depuración. (Metcalf y Eddy; 1995)

1.4.1 Estimación del caudal teórico de diseño original

Para calcular el caudal para el cual fue dimensionada la PTAR, se tomó en cuenta las medidas de los componentes existentes, en este caso se realizara el cálculo con las dimensiones de la fosa séptica existente, de acuerdo a parámetros de diseño del USPHS, para esta determinación se tomaran valores de los planos originales y también de las dimensiones verificadas de este componente.

$$V = L * B * h \quad \text{Ecuación 2}$$

Dónde:

V= Volumen, m³

L= Largo, m

B= Ancho, m

h= Altura útil, m

$$V = 4,5 + 0,75 * Qd \quad (\text{USPHS}) \quad \text{Ecuación 3}$$

Dónde:

V= Volumen, m³

Qd= Caudal diario, m³/día

1.4.2 Caudal mediante aforo

$$Q = \frac{V}{t} \quad \text{Ecuación 4}$$

Dónde:

Q=Caudal, L/s

V=Volumen del recipiente, L

t= tiempo de llenado

1.5 Muestreo de aguas residuales

La toma de muestras para el análisis físico-químico se realizó tanto en la entrada como en la salida del proceso de tratamiento, se tomaron muestras simples de manera manual, en recipientes de 3,78 L (1 galon), la muestra 1 (entrada) se la tomo en el caja de revisión de llegada y la muestra 2 (salida) se la tomo al final del proceso de tratamiento en la caja de revisión posterior al filtro descendente, de igual manera se tomaron las respectivas muestras en frascos estériles de 15 mL para el análisis microbiológico. Las muestras se transportaron de inmediato en un cooler con hielo hacia el laboratorio LAB-CESTTA. (RAS; 2000)

1.6 Rediseño

1.6.1 Población de diseño

La población de diseño es la población estimada para un período de tiempo, se debe tomar en cuenta la evolución futura de la población, para esto se utiliza la fórmula de población futura con una proyección a 25 años, con una tasas de crecimiento para la provincia de Tungurahua del 1,5, tomando en cuenta que de las 1140 viviendas solamente 260 conectados a la red de alcantarillado sanitario. (INEC; 2010)

$$P_f = P_a * (1 + i)^n \quad \text{Ecuación 5}$$

Donde:

Pf: Población futura (hab)

Pa: Población actual (hab)

i: tasa de crecimiento poblacional

n: años de proyección de la población

Se la utiliza para el dimensionamiento de los nuevos componentes estimando la población futura que éstos deben soportar.

1.6.2 Caudal de diseño

El caudal de diseño tomara en cuenta el total del caudal resultante menos el que la planta actual puede tratar, este valor hace referencia al caudal máximo que debe tratar la planta de tratamiento de aguas residuales, tomando como base el caudal medio de diseño y el factor de mayoración de Harmon que tomo en cuenta las variaciones en el consumo del agua por parte de las personas.(RAS; 2000)

$$Q_{\text{Diseño}} = Q_M * F \quad \text{Ecuación 6}$$

Donde:

QDiseño: Caudal de diseño (L/s)

QM: Caudal medio de aguas residuales (L/s)

F: Factor de mayoración (L/s)

1.6.2.1 Caudal medio de aguas residuales

El caudal medio diario se refiere a los aportes de agua residual que provienen de las viviendas de la parroquia de Cunchibamba, tomado en cuenta la población futura, dotación y un coeficiente de retorno (RAS; 2000)

Tabla 1-1: Coeficiente de retorno de aguas servidas domésticas

Nivel de complejidad del sistema	Coeficiente de retorno
Bajo y medio	0,7-0,8
Medio alto y alto	0,8-0,85

Fuente: RAS 200- Capítulo D-TABLA D 3.1

$$Q_M = \frac{P_F * D * C}{86400} \quad \text{Ecuación 7}$$

Dónde:

Pf: Población futura (hab)

D: Dotación del agua (L/hab*día)

C: Coeficiente de retorno

1.6.2.2 Factor de mayoración Harmon

Este factor es una estimación del caudal máximo con base en el caudal medio, considera las variaciones con lo cual el valor de este factor disminuye en relación al aumento de la población considerada.

$$F = 1 + \frac{14}{4 + \sqrt{P_f/100}} \quad \text{Ecuación 8}$$

Dónde:

F= Factor de mayoración

Pf= Población futura

Este factor de mayoración de Harmon se utiliza para poblaciones que están entre 1000 y 1000000 habitantes, (RAS; 2000)

1.6.3 Canal de entrada

El canal de entrada se encuentre al inicio del tratamiento preliminar, para su diseño se deberá tomar en cuenta el caudal de diseño, con una velocidad asumida que no permita la septicidad.

1.6.3.1 Área del canal de entrada

$$A = \frac{Qd}{V} \quad \text{Ecuación 9}$$

Dónde:

A= Área, (m²)

Qd= Caudal de diseño, (L/s)

V= Velocidad asumida, (m/s)

1.6.3.2 Altura del agua

$$h = \frac{A}{B} \quad \text{Ecuación 10}$$

Dónde:

h= altura del agua, (m)

A= Área, (m²)

B= ancho del canal asumido, (m)

1.6.3.3 Cálculo de la gradiente

La gradiente es la variación de una magnitud en relación a la distancia.

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2} \quad \text{Ecuación 11}$$

Dónde:

V= velocidad, (m/s)

R= Radio hidráulico, (m)

n= Coeficiente de Rugosidad de Manning,

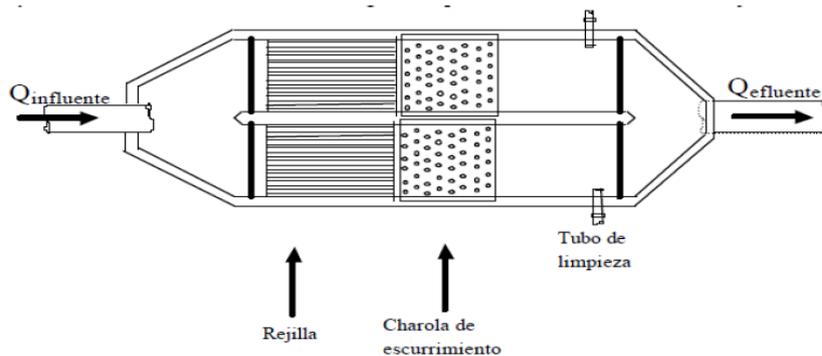
S= Gradiente hidráulico, (m/m)

En este caso la gradiente se utiliza para calcular el caudal.

1.6.4 Rejillas

Son consideradas como tratamiento preliminar y consisten en varillas colocadas de manera equidistante en un solo elemento, que generalmente se las ubica entre el canal de llegada y el desarenador.

Figura 1-1: Vista plata de una sistema de rejillas de doble cámara



Fuente: Allende, 1994

1.6.4.1 Área del canal para las rejillas

$$A = \frac{Qd}{V} \quad \text{Ecuación 12}$$

Dónde:

A= Área, (m²)

Qd= Caudal de diseño, (L/s)

V= Velocidad asumida, (m/s)

1.6.4.2 Altura del agua en el canal de las rejillas

$$h = \frac{A}{B} \quad \text{Ecuación 13}$$

Dónde:

h= Altura del agua, (m)

A= Área, (m²)

B= Ancho del canal, (m)

1.6.4.3 Longitud de las barras

$$y = \frac{H}{\text{sen } 60^\circ} \quad \text{Ecuación 14}$$

Dónde:

y= longitud de las barras

H: profundidad total (m)

sen 60°= Angulo de inclinación de rejillas

1.6.4.4 Longitud de los extremos

$$x = \sqrt{y^2 - H^2} \quad \text{Ecuación 15}$$

Dónde:

x= Longitud de los extremos, (m)

y= longitud de las barras, (m)

H= Profundidad total, (m)

1.6.4.5 Número de barras

$$N^\circ = \frac{w}{e + s} \quad \text{Ecuación 16}$$

Dónde:

N°= Número de barras

e= Separación entre varillas (m)

s= Espesor de varillas (m)

1.6.4.6 Pérdidas de carga

Son las pérdidas que se generan entre partículas y a su vez éstas con las paredes que interactúan.

$$hf = \frac{1}{0,7} \left(\frac{Vb - V}{2g} \right) \quad \text{Ecuación 17}$$

Dónde:

hf = Pérdida de cargas, (m)

V= Velocidad asumida, (m/s)

Vb=Velocidad mínima entre barras, (m/s)

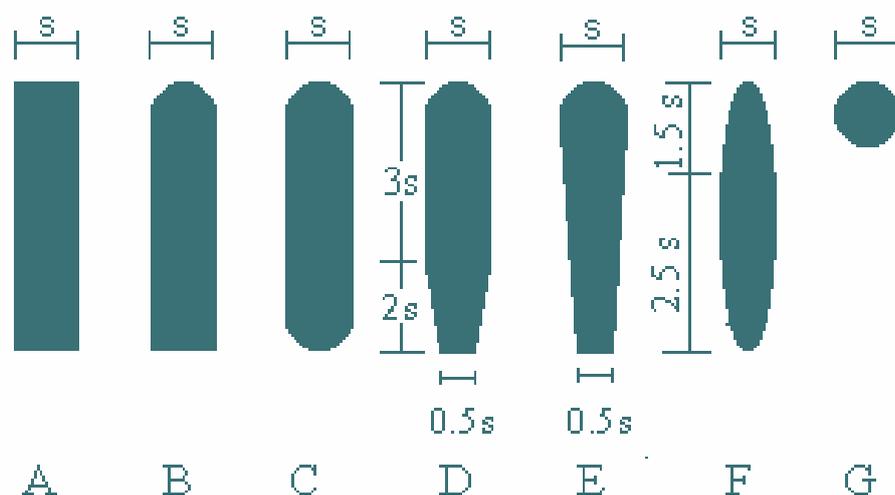
g= aceleración de la gravedad, (m/s²)

Tabla 2-1: Coeficientes de pérdida para rejillas

Sección transversal							
Forma	A	B	C	D	E	F	G
	2,42	1,83	1,67	1,035	0,92	0,76	1,79

Fuente: Ras 200-Título E

Figura 2-1: Diferentes formas de rejillas



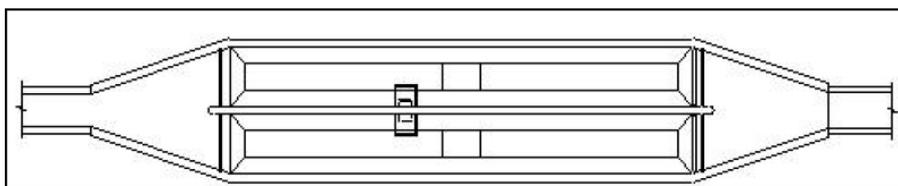
Fuente: Ras 200-Título E

Las rejillas tienen como propósito retener sólidos gruesos y material flotante para que estos no interfieran con los tratamientos posteriores, para caudales menores a 50 L/s se deben construir rejillas manuales, se deben ubicar como primer componente, el espacio para este tipo de rejillas debe estar entre 15 a 50 mm, con una velocidad aproximada entre 0,3 y 0,6 m/s que garantizaran un área de acumulación apropiada. (RAS; 2000)

1.6.5 Desarenador

Este componente se encarga de separar las arenas y partículas gruesas que estén en suspensión en el agua residual, por lo cual se protege a los demás componentes y se evita el taponamiento de tuberías y conductos, se ubica luego de las rejillas, por razones de operación y mantenimiento es recomendable que el desarenador de dos unidades en paralelo, en el cual la velocidad debe estar entre 0,2 y 0,4 m/s con un tiempo de retención hidráulica que va de los 20 a 180 segundos, en este caso la limpieza será manual por tratarse de un caudal menor a 50 L/s. (RAS, 2000)

Figura 3-1: Desarenador de dos unidades en paralelo



Fuente: OPS/CEPIS/05

1.6.5.1 Volumen del desarenador

$$V = Qd * trh \quad \text{Ecuación 18}$$

Dónde:

V= Volumen del desarenador, (m³)

Qd= Caudal de diseño, (m³/s)

trh= tiempo de retención hidráulica, s

Tiempo de retención hidráulico (RAS 2000-título E) asumido: 180 s

1.6.5.2 Área superficial del desarenador

$$As = V/h \quad \text{Ecuación 19}$$

Dónde:

As= Área superficial del desarenador, (m²)

Qt= Caudal total, (m³/s)

Nº = Número de unidades

Altura asumida h=0,7 m

1.6.5.3 Largo del desarenador

$$As = l * b \quad \text{Ecuación 20}$$

Dónde:

As= Área superficial del desarenador, (m²)

l= Caudal total, (m³/s)

Nº = Número de unidades

Ancho asumido: b=0,7 m

1.6.5.4 Longitud de la zona de transición

$$L = \frac{B - b}{2tg\theta} \quad \text{Ecuación 21}$$

Dónde:

θ Angulo de divergencia (OPS/CEPIS/05.158)=12°30'

B= ancho del desarenador

b= ancho del canal de llegada del desarenador

1.6.5.5 Profundidad de sedimentación de arenas

$$s = L * (p) \quad \text{Ecuación 22}$$

Dónde:

s= profundidad de sedimentación de arenas

B= largo del desarenador

(p)= pendiente

1.6.6 Tanque imhoff

Esta unidad de tratamiento tiene la finalidad la remoción de solidos suspendidos, se emplean para la depuración de aguas residuales domesticas en poblaciones de no más de 5000 habitantes, llamados también tanques de doble cámara por tener en la misma unidad la sedimentación y la digestión de lodos, su operación es simple siendo necesario que el afluente pase previamente por un pre tratamiento. (OPS; 2005)

1.6.6.1 Área superficial

$$A_s = \frac{Q_{\text{diseño}}}{C_s} \quad \text{Ecuación 23}$$

Dónde

A_s: Área superficial. (m²)

Q: Caudal de diseño. (m³/día)

C_s: Carga Superficial. (m³/m².día)

1.6.6.2 Longitud de la cámara de sedimentación

$$l = \frac{As}{b} \quad \text{Ecuación 24}$$

Dónde

- l: Longitud de la cámara de sedimentación. (m)
As: Área Superficial. (m²)
b: Ancho de la cámara de sedimentación. (m)

1.6.6.3 Verificación de la velocidad de sedimentación

$$v = \frac{l}{trh} \quad \text{Ecuación 25}$$

Dónde

- v: Velocidad de sedimentación. (m/min)
l: Longitud de la cámara de sedimentación. (m)
Trh: Tiempo de retención hidráulica. (h)

1.6.6.4 Volumen de la cámara de sedimentación

$$V = Q * thr \quad \text{Ecuación 26}$$

Dónde

- V: Volumen de la cámara de sedimentación. (m³)
Q: Caudal de diseño. (m³/día)

1.6.6.5 Área transversal

$$At = \frac{V}{l} \quad \text{Ecuación 27}$$

Dónde

- At: Área Transversal. (m²)
V: Volumen de la cámara de sedimentación. (m³)
l: Longitud de la cámara de sedimentación. (m)

1.6.6.6 Altura de la cámara de sedimentación

$$c = \frac{At - \frac{b^2}{4} * 1,5}{b} \text{ Ecuación 28}$$

Dónde

- c: Altura de la cámara de sedimentación. (m)
At: Área transversal. (m²)
b: Ancho de la cámara de sedimentación. (m)

1.6.6.7 Altura de la base triangular de la cámara de digestión

$$d = \frac{2At}{b} \text{ Ecuación 29}$$

Dónde

- d: Altura de la base triangular sedimentación. (m)
At: Área transversal. (m²)
b: Ancho de la cámara de sedimentación. (m)

1.6.6.8 Volumen de la cámara del digestor

$$Vd = pob * D \text{ lodos Ecuación 30}$$

Dónde

- Vd: Volumen del digestor. (m³)
pob: Población Servida. (hab)
D lodos: Dotación de lodos. (m³/hab)

1.6.6.9 Altura total del tanque

$$h = B + 2a \text{ Ecuación 31}$$

Dónde

- h: Ancho total del tanque. (m)
b: Ancho de la cámara de sedimentación. (m)
a: Ancho de la zona de ventilación de gases. (m)

1.6.6.10 *Altura de la cámara del digestor*

$$f = \frac{Vd - \frac{h^2L}{12}}{l * h} \text{ Ecuación 32}$$

Dónde

- f: Altura de la cámara del digestor. (m)
- Vd: Volumen del digestor. (m³)
- h: Ancho total del tanque. (m)
- l: Longitud del tanque. (m)

1.6.6.11 *Altura de depósito de lodos*

$$g = \frac{h}{2} tg30 \text{ Ecuación 33}$$

Dónde

- g: Altura de depósito de lodos.
- h: Ancho total del tanque.

1.6.6.12 *Altura total*

$$Ht = c + d + e + f + g + hs \text{ Ecuación 34}$$

Dónde

- Ht: Altura total del tanque. (m)
- c: Altura de la cámara de sedimentación. (m)
- d: Altura de sedimentación. (m)
- e: Altura de transición. (m)
- f: Altura de la cámara del digestor. (m)
- g: Altura de depósito de lodos. (m)
- hs: altura de seguridad o borde libre. (m)

1.6.7 Dimensionamiento de eras de secado

1.6.7.1 Cantidad de sólidos suspendidos

$$C = \frac{P * cont.* 1Kg}{1000 g} \quad \text{Ecuación 35}$$

Dónde

C: Contribución de sólidos. (KgSS/hab)

P: Población servida. (hab)

cont: Contribución per-cápita. (gSS/hab*día)

1.6.7.2 Masa de sólidos suspendidos

$$Msd = (0,5 * 0,5 * 0,7 * C) + (0,5*0,3* C) \quad \text{Ecuación 36}$$

Dónde

Msd: Masa de Sólidos Suspendidos. (KgSS/día)

C: Contribución de sólidos. (KgSS/día)

1.6.7.3 Volumen diario de lodos digeridos

$$Vld = \frac{Msd}{\delta \text{ lodo} \left(\% \frac{\text{sólidos}}{100} \right)} \quad \text{Ecuación 37}$$

Dónde

Vld: Volumen diario de lodos digeridos. (L/día)

Msd: Masa de Sólidos Suspendidos. (KgSS/día)

δ : Densidad de lodos. (Kg/L)

% sólidos: porcentaje de sólidos en el lodo.

1.6.7.4 Volumen de lodo a extraer desde la cámara de digestión

$$Vel = \frac{Vld * Tr}{1000} \quad \text{Ecuación 38}$$

Dónde

Vel: Volumen de lodos a extraerse desde la Cámara de Digestión.

Vld: Volumen diario de lodos digeridos.

Tr: Tiempo de retención.

1.6.7.5 Área de lechos de secado

$$Als = \frac{Vel}{Ha} \quad \text{Ecuación 39}$$

Dónde

Als: Área del lecho de secado. (m²)

Vel: Volumen de lodos a extraerse desde la Cámara de Digestión. (m³)

Ha: Altura del lodo. (m)

1.6.7.6 Longitud del secador

$$L = \frac{Als}{B} \quad \text{Ecuación 40}$$

Dónde

L: Longitud del secador. (m)

Als_u: Área unitaria del lecho de secado. (m²)

b: Ancho asumido. (m)

1.6.7.7 Falso Fondo

$$x = tg 20 * \frac{B}{2} \quad \text{Ecuación 41}$$

Dónde

x: Altura del falso fondo. (m)

B: Ancho de lecho de secado. (m)

1.6.8 Filtro anaerobio de flujo ascendente

Según Young y MacCarty (1969) el filtro anaerobio de flujo ascendente es un proceso de crecimiento de adherido, remueve hasta el 80% de DBO con un riesgo de taponamiento mínimo, en el que la biomasa permanece adherida en el medio filtrante.

$$Vu = \frac{Q * CO}{COV} \quad \text{Ecuación 42}$$

Dónde

Vu: Volumen unitario del filtro. (m³)

Q: Caudal diario. (m³/día)

COV: Carga orgánica volumétrica. (kg DBO/m³dia)

CO: Carga orgánica del afluente. (kg/m³)

1.6.8.1 Volumen real

$$Vr = Vu * fs + Vu \quad \text{Ecuación 43}$$

Dónde

Vr: Volumen real. (m³)

Vu: Volumen unitario del filtro. (m³)

fs: Factor de seguridad. (%)

1.6.8.2 Tiempo de retención hidráulico

$$trh = \frac{Vu}{Q} \quad \text{Ecuación 44}$$

Dónde

trh: Tiempo de retención hidráulico. (días)

Vu: Volumen unitario del filtro. (m³)

Q: Caudal diario. (m³/día)

1.6.8.3 Área circular

$$Ac = \pi * \phi_{util}^2 / 4 \quad \text{Ecuación 45}$$

Dónde

Ac: Área circular. (m²)

ϕ_{util} : Diámetro útil. (m)

Altura

$$h = \frac{Vr}{Ac} \quad \text{Ecuación 46}$$

Dónde

h: Altura

Ac: Área circular. (m²)

Vr: Volumen real. (m³)

1.7 Impacto ambiental

El presente proyecto de rediseño de planta de tratamiento de aguas residuales de la parroquia Cunchibamba implica actividades que originaran impactos ambientales, negativo o positivo siendo estos identificables según la metodología de Leopold para lo cual se determina acciones impactantes y factores ambientales que serán afectados. (CONESA; 2010)

1.7.1 Acciones impactantes durante la fase construcción.

- Desbroce y limpieza del área.
- Excavación en el terreno.
- Nivelación del terreno.
- Transporte de material para construcción.
- Edificación.
- Generación desechos de construcción.
- Transporte de desechos de construcción.
- Mejoramiento de vías de acceso.

1.7.2 Factores ambientales afectados durante la construcción

Componentes físicos:

Aire:

- Emisiones de gases y olores.
- Material Particulado
- Nivel de Ruido.

Suelo

- Uso del suelo
- Calidad del suelo

Agua

- Uso del agua
- Calidad del agua

Factores bióticos

Flora

- Vegetación

Fauna

- Microfauna.
- Aves.
- Invertebrados

Factores Socio-económicos:

- Consumo de energía
- Seguridad y Salud laboral
- Empleo
- Paisaje

1.7.3 Evaluación del impacto ambiental mediante Matriz de Leopold modificada

La evaluación de impactos ambientales durante la ejecución del proyecto es importante, debido a las diferentes acciones que se llevarán a cabo en la fase de construcción de los nuevos componentes de la Planta de Tratamiento de Aguas residuales de la Parroquia Cunchibamba, esta evaluación se llevará a cabo mediante el modelo propuesto por Leopold modificada, en la que intervienen tres aspectos como son: valoración de riesgos, magnitud del impacto y gravedad o importancia del impacto.(CONESA; 2010)

Tabla 3-1: Escala de valoración de Impactos.

Valor	Severidad
75,1-100	Severo
50,1-75	Crítico
25,1-50	Moderado
0-25	Leve

Fuente: (CONESA, 2010)

Tomando en cuenta las acciones que se realizarán para la construcción de los nuevos componentes, será positivo (+) si es beneficioso para el ambiente o negativo si es perjudicial, posteriormente se evaluará la magnitud y finalmente la importancia, se las valora de 1 a 10, calificando en este caso

primero la magnitud que es el grado de afectación y posteriormente la importancia que muestra la extensión y relevancia del impacto, ambas con los valores prefijados en la siguiente tabla:

Tabla 4-1: Valoración de la magnitud e importancia de la matriz de Leopold.

MAGNITUD			IMPORTANCIA		
Intensidad	Afectación	Calificación	Influencia	Duración	Calificación
Baja	Baja	1	Puntual	Temporal	1
	Media	2		Media	2
	Alta	3		Permanente	3
Media	Baja	4	Local	Temporal	4
	Media	5		Media	5
	Alta	6		Permanente	6
Alta	Baja	7	Regional	Temporal	7
	Media	8		Media	8
	Alta	9		Permanente	9
Muy Alta	Alta	10	Nacional	Permanente	10

Fuente: (Leopold, 1971)

1.8 Legislación ambiental

Constitución de la República del Ecuador.

La Constitución del Ecuador vigente desde el año 2008, incluye varios artículos destinados a la protección, control y cuidado del medio ambiente como derechos de la “pacha mama” tierra madre. En el artículos 14, Capítulo segundo- Derechos del buen vivir - Sección segunda-Ambiente sano, explica que se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, Sumak kawsay. Además se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados.

Tabla 5-1: Legislación Ambiental

<p>Ley de Gestión Ambiental</p>	<p>Publicada en el Suplemento del Registro Oficial No. 418, de 10 de septiembre de 2004. Establece los principios y directrices de política ambiental; determina las obligaciones, responsabilidades, niveles de participación de los sectores público y privado en la gestión ambiental y señala los límites permisibles, controles y sanciones en esta materia.</p>
<p>Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente (TULSMA)</p>	<p>Normativa de Calidad Ambiental y de Descargas de Efluentes: Recurso Agua.- La presente norma técnica ambiental es dictada bajo el amparo de la Ley de Gestión Ambiental y del Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental y se somete a las disposiciones de éstos, es de aplicación obligatoria y rige en todo el territorio nacional.</p> <p>Normas de descarga de efluentes a un cuerpo de agua o receptor: Agua dulce.- Se prohíbe todo tipo de descarga en:</p> <p>Las cabeceras de las fuentes de agua.</p> <p>Aguas arriba de la captación para agua potable de empresas o juntas administradoras, en la extensión que determinará el CNRH, Consejo Provincial o Municipio Local.</p> <p>Todos aquellos cuerpos de agua que el Municipio Local, Ministerio del Ambiente, CNRH o Consejo Provincial declaren total o parcialmente protegidos.</p>
<p>Ordenanza para la prevención y control de la contaminación Ambiental ocasionada por las actividades Agroindustriales, Industriales, Artesanales, Domésticos y de Servicios del Cantón Ambato.</p>	<p>En el Título IV, Capítulo I (De la Contaminación del agua):</p> <p>Artículo 52, Literal a), reconoce como uno de los usos del agua a la de Consumo Humano y Uso Doméstico, siendo aquella que se emplea en bebida y preparación de alimentos y satisfacen necesidades individuales o colectivas, y se refiere a las aguas para Consumo Humano y Uso Doméstico que únicamente requieran tratamiento convencional, deberán cumplir con los parámetros de calidad a nivel nacional.</p> <p>En el Capítulo II (De la Descarga de los Efluentes):</p> <p>Art. 58, Las aguas residuales que no cumplan previamente a su descarga, con los parámetros establecidos de descarga en esta ordenanza, deberán ser tratadas, sea cual fuere su origen.</p> <p>Art. 60, Se prohíbe descargar sustancias o desechos peligrosos (líquidos, sólidos, semisólidos) fuera de los estándares permitidos, hacia el cuerpo receptor, sistema de alcantarillado y sistema de aguas lluvias.</p>

Toda descarga a un cuerpo de agua dulce, deberá cumplir con los valores establecidos a continuación:

Tabla 6-1: Límites de descarga a un Cuerpo de Agua Dulce

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Aceites y Grasas.	Sustancias solubles en hexano	mg/L	0,3
Aluminio	Al	mg/L	5,0
Cobre	Cu	mg/L	1,0
Coliformes Fecales	Nmp/100 mL		Remoción > al 99,9 %
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	D.B.O ₅ .	mg/L	100
Demanda Química de Oxígeno	D.Q.O.	mg/L	250
Hierro total	Fe	mg/L	10,0
Materia flotante	Visibles	-	Ausencia
Mercurio total	Hg	mg/L	0,005
Nitratos + Nitritos	Expresado como Nitrógeno (N)	mg/L	10,0
Nitrógeno Total Kjeldahl	N	mg/L	15
Organoclorados totales	Concentración de Organoclorados totales	mg/L	0,05
Organofosforados totales	Concentración de organofosforados totales.	mg/L	0,1
Potencial de hidrógeno	pH		5-9
Sólidos Sedimentables	-	mL/l	1,0
Sólidos Suspendidos Totales	-	mg/L	100
Sólidos totales	-	mg/L	1 600
8	SO ₄ ⁼	mg/L	1000
Sólidos Suspendidos Totales	-	mg/L	100
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/L	0,5

Fuente: (Ministerio de Ambiente Ecuador, 2003)

CAPÍTULO II

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Materiales

El presente trabajo se llevó a cabo utilizando los siguientes materiales y equipos:

Tabla 1-2: Materiales y Equipos

Muestreo	Envase de plástico de 3,78 L (1 galón) Envase de plástico estéril de 150mL Termómetro Coolers Guantes Mascarilla Gafas Botas de caucho Gorra Libreta de apuntes Marcador Cinta para rotulación Cámara fotográfica
Medición de caudales	Balde graduado de 20 L Cronómetros Libreta de apuntes Guantes Mascarilla Gafas Gorra Botas de caucho Calculadora Cámara fotográfica
Topografía	Equipo topográfico GPS Mira Flexómetro Cámara fotográfica Libreta de apuntes

2.2 Metodología

2.2.1 Localización de la investigación

El rediseño de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la Parroquia Cunchibamba se realizó en la parroquia Cunchibamba del Cantón Ambato, provincia de Tungurahua, se encuentra ubicada en las coordenadas 17M 769871 m E; 9873598 m S, a una altitud de 2601 msnm, con un clima templado entre húmedo y seco con una temperatura promedio de 8 a 19 ° C. (ANEXO G)

2.2.2 Planta de Tratamiento de la Parroquia Cunchibamba

La planta de tratamiento de aguas residuales de la parroquia Cunchibamba es un sistema simple de depuración, fue construida por el Consejo provincial por el año 2003 aproximadamente, en las diferentes visitas técnicas realizadas a la PTAR se observó que cuenta con un cajón de llegada, aliviadero y una canaleta parshall, como tratamiento preliminar existen rejillas y un desarenador de doble cámara, en cuanto al tratamiento primario consta de dos fosas sépticas de doble cámara, con sus respectivos lechos de secado de lodos, finalmente tratamiento secundario con dos filtros biológicos de flujo descendente y un filtro biológico de flujo descendente. La planta de tratamiento de aguas residuales de la parroquia Cunchibamba, se encontraba funcionando desde que fue construida sin una adecuada operación ni mantenimiento por lo que se pudo evidenciar malas condiciones como en uno de los filtros FAFA que el agua no fluía normalmente porque se encontraba taponado, además el filtro de flujo descendente se encontraba fuera de funcionamiento y añadido a esto la mala hierba así como la vegetación habían crecido en forma descontrolada dentro de las instalaciones, además eran evidentes malos olores y vectores.

Figura 2-1, Planta de tratamiento de la Parroquia Cunchibamba



Realizado por: Santiago Solís

2.2.3 Reconocimiento y Evaluación del Sistema de Tratamiento actual

Los valores de cada componente fueron levantados in situ mediante mediciones propias y utilizando como soporte los planos de construcción que fueron facilitados por el Consejo Provincial de Tungurahua, se recopiló la información con un fluxómetro para las longitudes y una regleta para las medidas de altura y medidas internas en el caso de la fosa séptica y los demás componentes.

2.2.4 Caudal actual

En la PTAR se empleó el método de aforo, el cual consiste en medir el caudal utilizando un recipiente graduado de 20 L, las mediciones se llevaron a cabo durante 15 horas consecutivas cada hora, empezando a las 7 am hasta las 9 pm, con 5 repeticiones en cada medición para mayor seguridad, la medición del caudal se realizó en el cajón de revisión antes del ingreso a la planta durante 4 días, se recogió el agua residual en el balde graduado y con ayuda de un cronometro se midió el tiempo que tomaba en llenarse el recipiente con lo cual se determinó el caudal mediante la ecuación N° 4, que hace relación de la cantidad de agua que se recoge en el recipiente en un tiempo determinado.

2.2.4.1 Toma de muestras

Se utilizó un muestreo simple tanto en la entrada como en la salida del proceso de tratamiento, se tomaron muestras de manera puntual en recipientes de 3,78 L (1galon), la muestra 1 (entrada) se la tomo en el caja de revisión de llegada y la muestra 2 (salida) se la tomo al final del proceso de tratamiento en la caja de revisión posterior al filtro descendente, de igual manera se tomaron las respectivas muestras en frascos estériles de 15 mL para el análisis microbiológico. Los muestreos se realizan cada mes por parte de EP-EMAPA-A, además se realizó una muestreo del mismo tipo y las muestras se transportaron de inmediato en un cooler con hielo hacia el laboratorio LAB-CESTTA.

2.2.5 Caracterización físico-química y microbiológica del agua

La caracterización del agua residual de la parroquia de Cunchibamba está basada en métodos analíticos tanto cualitativos como cuantitativos del laboratorio en el cual se dejó las muestras, el análisis de las muestras se realizaron en el Laboratorio de Análisis Ambiental e Inspección LAB-CESTTA de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, los métodos que utiliza el laboratorio para el análisis de las muestras de aguas residuales están descritos en la siguiente tabla:

Tabla 2-2: Métodos usados por LAB-CESTTA para el análisis físico-químico y microbiológico de aguas residuales

PARÁMETROS	MÉTODO/NORMA
*Alcalinidad	APHA 2320
Coliformes Fecales	APHA, 9222 D y 9221
*Coliformes Totales	APHA 9222 B
Demanda Química de Oxígeno	APHA 5220 D
Demanda Biológica de Oxígeno(5 días)	APHA 5210 B
Tensoactivos	APHA 5540 C
*Grasas y Aceites	APHA 5520 B
Potencial de Hidrógeno	APHA 4500-H ⁺
*Sólidos Sedimentables	APHA 2540 F
Sólidos Suspendidos	APHA 2540 D
Sólidos Totales	APHA 2540 B
Sólidos Totales Disueltos	APHA 2540 C
*Turbidez	EPA 180.1
*Cromo Hexavalente	PEE/LABCESTTA/32 Ed. 22-2012
*Nitritos	APHA 4500-NO ₂ -B
*Nitratos	APHA 4500-NO ₃ -A
Amonio	EPA Water Waste N 350.2
*Mercurio	APHA 3500 C, 3114 C

Fuente: LAB-CESTTA

2.2.6 Levantamiento topográfico

El levantamiento topográfico se lo realizó con la ayuda del topógrafo departamento técnico de la empresa EP-EMAPA-A, se utilizó señales semipermanentes, además de un trípode de meseta y añadido a estos instrumentos también se emplearon: brújula, teodolito, mira, flexómetro, nivel y plomada, el método utilizado fue el de radiación, que se basa en la medición de ángulos y distancias, luego los datos fueron procesados utilizando el programa informático AUTOCAD, para la elaboración de los nuevos planos de los componentes existentes, basándose en planos existentes se

realizó la verificación y corrección de los mismo, obteniendo de esta manera planos actualizados en escala 1:50 y de la misma manera se elaboraron planos para los nuevos componentes basados en parámetros de diseño.

2.2.7 Identificación y evaluación de impactos ambientales

Para la identificación de impactos ambientales se empleó una Matriz de Identificación, que consiste en marcar con una X los factores ambientales que son afectados por las acciones en la fase de construcción del proyecto. Luego se procedió a la valoración de los impactos ambientales basándose en la Matriz de Leopold descrita en el capítulo I de este trabajo.

2.2.8 Metodología del Rediseño

Se procedió a verificar las dimensiones de la fosa séptica para calcular el caudal que soportan de las instalaciones actuales, se comparó el caudal obtenido con el caudal que llega actualmente a la PTAR, con lo cual la diferencia del caudal será tratado en nuevos componentes, también se tomó en cuenta la población proyectada a 25 años, con lo cual se determinó un caudal representativo en el tiempo para el cual será útil la PTAR.

Además empleando valores reportados de concentración de parámetros clave como es la DBO_5 y DQO para calcular la eficiencia actual del sistema, también se determinó la factibilidad de espacio requerido y topografía del sitio y empleando los conocimientos adquiridos en base a normas de diseño tales como: Normas Técnicas RAS 2000, Guía para el diseño de Desarenadores y Sedimentadores. OPS/CEPIS/Lima-Perú.2005, Guía para el diseño de tanque séptico, tanque Imhoff y laguna de Estabilización. OPS/CEPIS/Lima-Perú.2005., se propuso acciones adecuadas y el diseño de nuevos componentes.

CAPÍTULO III

3. CÁLCULOS Y RESULTADOS

3.1 Datos

3.1.1 *Dimensiones físicas de las Planta de tratamiento actual*

3.1.1.1 *Captación, Aliviadero y Canal Parshall*

El agua residual llega hacia la Planta de Tratamiento por medio de una tubería de hormigón de 700, existe una caja de revisión en la que es posible realizar mediciones de caudal mediante aforo, luego el agua residual pasa hacia el aliviadero que desvía el exceso de agua hacia el bay-pas, en un inicio el afluente pasa por un canal parshall de 12 pulgadas de garganta, para luego pasar a los siguientes componentes del tratamiento.

3.1.1.2 *Rejillas*

Las rejillas en la PTAR tienen una separación de 25mm que es de un tipo de reja media, colocadas con una inclinación de 60° con una longitud de 0,9(m) en cada uno de los canales de 0,92(m) de ancho y el tipo de limpieza es manual con su respectiva zona de escurrimiento del material removido.

3.1.1.3 *Desarenador*

El desarenador se construyó recientemente, cuenta con dos unidades en paralelo que facilita su mantenimiento, el ancho de canal es de 0,92m y una zona de desarenado de 2,64m, este desarenador de tipo convencional cuenta con sus respectivas compuertas de 0,43 m de ancho tanto para la entrada del agua como en la salida, carece de cámara de sedimentación, lo que hace que este componente sea un simple canal por el cual pasa el agua residual con la mayor parte de arenas y demás sólidos facilitando de esta manera que las siguientes tuberías y canales sufran obstrucciones y taponamiento, además de la rápida acumulación de dichos materiales en los siguientes componentes.

3.1.1.4 Fosa Séptica

La fosa séptica es de forma rectangular de 7,04 x 6,86 (m) de doble cámara para facilitar la retención de espumas y materiales flotantes, cuenta con cámaras de sedimentación de 2,2 x 3,52 x 0,9 (m) unidas hacia la cámara de digestión anaerobia 4,66 x 3,52 (m) por ventanas de 2,5 x 0,15 (m), tanto para la entrada de agua como para la salida se utilizó una tubería de PVC de 200 mm, se tiene también 4 bocas de acceso para operaciones de verificación del proceso o de mantenimiento e igual número de tubos de ventilación o respiradores necesarios para los gases que se producen por las reacción anaerobia que se produce en este componente, desde parte inferior de las cámaras de la fosa séptica salen las tuberías PVC 200 mm que van hacia la era de secado de lodos, cabe destacar que no se consideraron el ancho de las paredes debido a que estas medidas son el soporte para calcular el caudal que soporta este componente y por ende la PTAR.

3.1.1.5 Lecho de secado de lodo

El lecho de secado de lodo está ubicado junto a la fosa séptica, el lodo pasa hacia el lecho de secado por medio de válvulas de 8 pulgadas y tuberías PVC de 200 mm, su diseño es de forma rectangular 5,3 x 7,84 (m), con su respectiva pendiente que facilita la eliminación del agua del lodo, no cuenta con cubierta para seguir operativo en época de lluvia, los lodos luego del proceso de secado son retirados y llevados hacia el relleno sanitario de la ciudad.

3.1.1.6 Filtros biológicos

Existen dos filtros anaerobios de flujo ascendente colocados en serie con un mismo diámetro de 5,5 m, la entrada y salida del agua se da por medio de tuberías de PVC de 200 mm, cada uno de los filtros biológicos cuenta con un tubo de desagüe de 110mm al igual que válvulas de 8 pulgadas para el control del paso del agua en operaciones de mantenimiento y control, debido a que su funcionamiento es en serie y el exceso de sólidos ha provocado que el primer filtro colapse, ocasionando que al segundo filtro el agua prácticamente no pase.

3.1.1.7 Filtro descendente

El filtro biológico descendente tiene una forma rectangular de 4,41 x 5,55 (m) , el agua residual llega por medio de dos tuberías de PVC de 200 mm, de manera uniforme por se hallan distribuidas por toda el área del filtro 7 tuberías de PVC de 160mm colocadas paralelamente sobre la grava del filtro, estas tuberías están provistas a lo largo de agujeros, cabe destacar que actualmente el filtro cuenta

con tuberías de distribución en mal estado, por tanto el agua filtra por un solo lugar y no de manera uniforme.

3.1.2 Datos para verificar el caudal que soporta la planta

Tabla 1-3: Dimensiones verificadas de la Fosa Séptica existente

Parámetro	Unidad	Valor
Altura	H	1,65 m
Ancho	B	3,52 m
Largo	L	6,86 m

Realizado por: Santiago Solís

3.1.3 Datos del caudal actual en la PTAR

Tabla 2-3: Caudal diario

HORA	CAUDAL m/s			
	Día No 1 21/01/2013	Día No 2 22/01/2013	Día No 3 22/01/2014	Día No 4 22/01/2015
07:00:00	5.39	5.57	5.34	5.49
08:00:00	4.8	4.54	4.78	4.84
09:00:00	5.77	6.67	6.43	6.52
10:00:00	4.13	4.17	4.34	4.15
11:00:00	4.4	4.33	4.56	4.55
12:00:00	5.59	5.85	5.67	5.69
13:00:00	4.8	4.81	4.75	4.77
14:00:00	4.79	4.93	4.78	4.81
15:00:00	5.19	5.24	5.33	5.13
16:00:00	4.69	4.87	4.96	4.89
17:00:00	4.49	5.34	4.59	4.47
18:00:00	5.39	5.23	5.42	5.36
19:00:00	5.34	5.63	5.21	5.58
20:00:00	4.9	4.76	4.81	4.92
21:00:00	5.05	5.25	5.56	5.64
Máximo	5.77	6.67	6.43	6.52
Mínimo	4.13	4.17	4.34	4.15
Promedio	4.98	5.15	5.10	5.12

Realizado por: Santiago Solís

3.1.4 Datos de la caracterización del agua residual

Tabla 3-3: Caracterización de Aguas residuales

Parámetro	Unidades	04-01-2012 Análisis 1		23/08/2012 Análisis 2		23/12/2012 Análisis 3		07/02/2013 Análisis 4		TULSMA TABLA 12
		Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida	LIMITE
Potencial de hidrógeno	-	8.39	7.82	8.75	8	8.59	8.3	8.13	7.65	5-9
Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	326	134	412	202	300	172	200	195	100
Demanda química de oxígeno	mg/L	690	258	996	305	1104	341	390	350	250
Sólidos totales	mg/L	720	756	1164	794	542	389	1024	812	1600
Sólidos suspendidos	mg/L	258	120	164	64	134	3	65	<50	100
Sólidos disueltos	mg/L	462	636	1000	730	408	386	782	669	-
Turbiedad	NTU	320	143	498	218	248	69.8	24.9	23.9	-
Coliformes fecales	UFC/100mL	>11*10 ⁴	11*10 ⁴	>10*10 ⁴	36*10 ³	8520	6670	>1*10 ⁸	>1*10 ⁸	Remoción >99,9%

Fuente: LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD, EP-EMAPA-A; LAB CESTTA

3.2 Datos Adicionales y Parámetros de Diseño

3.2.1 Población de diseño

Tabla 4-3: Parámetros para el cálculo de la población de diseño

Parámetro	Unidades	Simbología	Valor
Población con servicio de alcantarillado sanitario (CENSO 2010)	hab	Pa	1040
Población para la cual fue diseñada la PTAR (CENSO 2001)	hab	Pa	150
Tasa de crecimiento poblacional	-	i	1,5
Años de proyección del proyecto	años	n	25

FUENTE: INEC/CENSO DE POBLACIÓN Y VIVIENDA 2010-2001

3.2.2 Caudal de diseño

Tabla 5-3: Parámetros para el cálculo del caudal de diseño

Parámetro	Unidades	Simbología	Valor
Población de diseño	hab	Pf	1509
Dotación rural en Ambato	L/hab*día	D	180
Coefficiente de retorno	-	C	0.8
Caudal medio diario basado en la población	L/s	Q _M	2.515
Factor de mayoración de Harmon	-	F	3.677

Fuente: (Ministerio de Desarrollo Económico, Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico, 2000) (EP- EMAPA)

3.2.3 Canal de entrada

Tabla 6-3: Parámetros de diseño para el canal de entrada

Parámetro	Unidades	Simbología	Valor
Velocidad de aproximación del agua	m/s	v	0.5
Coefficiente de Rugosidad de Manning (Para canales de concreto)	-	n	0.013
Ancho del canal	m	B	0.25
Longitud del canal	m	l	2.50

Fuente: (Ministerio de Desarrollo Económico, Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico, 2000)*valor calculado

3.2.4 Rejillas

Tabla 7-3: Parámetros de diseño para rejillas

Parámetro	Unidades	Simbología	Valor
Velocidad de aproximación del agua	m/s	v	0.5
Velocidad ente barras	m/s	vb	0.6
Espesor de las barras	mm	e	10
Separación de las barras	mm	s	20
Ángulo de inclinación	°	α	60
Coefficiente de Rugosidad de Manning	-	n	0.013

Fuente: (Ministerio de Desarrollo Económico, Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico, 2000)*valor calculado

3.2.5 Desarenador

Tabla 8-3: Parámetros de diseño para Desarenador

Parámetro	Unidades	Simbología	Valor
Diámetro de la partícula	cm	D	0,02
Velocidad de aproximación del agua	m/s	v	0.5
Ángulo de divergencia	°	α	12.5
Espesor de las barras	-	-	2.5-5:1
Relación ancho-profundidad	-	-	1:1
Tiempo de retención	s	t	180
Pendiente del sedimentador de arenas	°	s	0,12

Fuente: (OPS/CEPIS/05.163) (Ministerio de Desarrollo Económico, Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico, 2000)*valor calculado

3.2.6 Tanque imhoff

Tabla 9-3: Parámetros de diseño para Tanque Imhoff

Parámetro	Simbología	Unidad	Intervalo	Valor
Carga superficial	C_s	$m^3/m^2\text{día}$	15-50	30
Ancho de la cámara de sedimentación	b	m	-	3,5
Tiempo de retención Hidráulica	Trh	h	1-4	4
Dotación de lodos	D lodos	m^3/hab	-	0,07
Ancho de zona de ventilación de gases	a	m	0,60 – 1	0,1
Altura de zona de transición	e	m	$\geq 0,45$	0,5
Borde libre	bl	m	$\geq 0,50$	0,50

Fuente: (Ministerio de Desarrollo Económico, Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico, 2000)

3.2.7 Lechos de secado

Tabla 10-3: Parámetros de diseño para Lechos de secado

Parámetro	Simbología	Unidad	Intervalo	Valor
Contribución de sólidos	C	gSS/hab*día	-	70
Porcentaje de sólidos en el lodo	% sólidos	%	10-15	15
Densidad del lodo	ρ lodo	Kg/L	1,2-1,3	1,2
Tiempo de retención	Tr	días	30-90	55
Altura del lodo	Ha	m	0,30-0.40	0,40
Ancho de era	b	m	-	3

Fuente: (Ministerio de Desarrollo Económico, Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico, 2000)

3.2.8 Filtros FAFA

Tabla 11-3: Parámetros de diseño para FAFA

Parámetro	Simbología	Unidad	Intervalo
Demanda Bioquímica de Oxígeno	DBO ₅	mg/L	110-400
Carga Orgánica Volumétrica	COV	KgDBO/m ³ día	0,16-2,2
Diámetro del filtro	\emptyset	m	-
Factor de seguridad	fs	-	0,10-0,20

Fuente: (Ministerio de Desarrollo Económico, Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico, 2000)

3.3 Cálculos

3.3.1 Cálculos del caudal

Para calcular el caudal para el cual fue dimensionada la PTAR, se tomó en cuenta las medidas de los componentes existentes, en este caso se realizara el cálculo con las dimensiones de la fosa séptica de medidas verificadas in situ y demás datos de población del censo del año 2000 (INEC)

3.3.2 Cálculo del caudal teórico basado en la población

Se verifico datos del censo de población y vivienda del año 2000 (INEC), la población para la cual se diseñó la planta de tratamientos.

Mediante la Ecuación 6 tenemos el caudal de diseño

$$Q_{\text{Diseño}} = Q_M * F$$

Caudal medio de aguas residuales

Cálculo del factor de mayoración Harmon

Con la Ecuación 7 tenemos el caudal medio

$$Q_M = \frac{P_F * D * C}{86400}$$
$$Q_M = \frac{150 \text{ hab} * 180 \frac{\text{L}}{\text{hab}} * \text{día} * 0,8}{86400 \text{s/día}}$$
$$Q_M = 0,25 \text{ L/s}$$

Obtenemos el factor de Harmon mediante la Ecuación 8

$$F = 1 + \frac{14}{4 + \sqrt{P_f/1000}}$$
$$F = 1 + \frac{14}{4 + \sqrt{150/1000}}$$
$$F = 4,19$$

Despejando de la Ecuación 6 obtenemos el caudal de diseño

$$Q_{\text{Diseño}} = 0,25 * 4,19$$

$$Q_{\text{Diseño}} = 1,04 \text{ L/s}$$

3.3.3 Cálculo del caudal que soporta la PTAR actual.

Se verificó las medidas de los componentes existentes en la planta de tratamiento de aguas residuales de la parroquia Cunchibamba, obteniendo las dimensiones de la fosa séptica y mediante cálculos en los cuales se utilizó la ecuación para el diseño de este componente que fueron tomadas de apuntes de la materia Tratamiento de Aguas II:

Volumen

De la Ecuación 2 se obtendrá el volumen de la fosa séptica

$$\begin{aligned}V &= L * B * h \\V &= 6,86m * 3,52m * 1,65 m \\V &= 39,84m^3 \\V &= 4,5 + 0,75 * Qd\end{aligned}$$

Caudal diario

Despejando de la Ecuación 3 se tiene:

$$\begin{aligned}Qd &= \frac{V_{unitario} - 4,5}{0,75} \\Qd &= \frac{39,84 m^3 - 4,5}{0,75} \\Qd &= 47,12m^3/dia\end{aligned}$$

Caudal instantáneo

Se pasó el caudal a unidades de L/s

$$Qi = 0,5454 \text{ L/s}$$

Caudal total instantáneo

Se multiplicó el caudal en L/s por el número de fosas sépticas

$$\begin{aligned}Qi &= \frac{Qt}{n} ; n = 2 \\Qi &= Qt * n \\Qt &= 0,5454 \frac{L}{s} * 2 \\Qt &= 1,09 \text{ L/s}\end{aligned}$$

3.3.4 Eficiencia en la depuración de DBO₅

De acuerdo a los últimos análisis de laboratorio realizados del agua residual en la entrada y salida de la planta de tratamiento de aguas residuales de la parroquia Cunchibamba y empleando la ecuación

1 se calculó la eficiencia en la remoción de DBO₅, además de ello se tomaron en cuenta análisis de laboratorio realizados por la empresa en su laboratorio de calidad.

Tabla 12-3: Eficiencias reportadas por los diferentes reportes de laboratorio DBO5

Análisis No.1 04-01-2012	Análisis No. 2 23/08/2012	Análisis No. 3 23/08/2012	Análisis No.4 07/02/2013
$\eta = \frac{F1 - F2}{F1}$ $\eta = \frac{326 - 134}{326}$ $\eta = 0,58$ $\eta = 58\%$	$\eta = \frac{F1 - F2}{F1}$ $\eta = \frac{412 - 201}{412}$ $\eta = 0,50$ $\eta = 50\%$	$\eta = \frac{F1 - F2}{F1}$ $\eta = \frac{300 - 172}{300}$ $\eta = 0,42$ $\eta = 42\%$	$\eta = \frac{F1 - F2}{F1}$ $\eta = \frac{200 - 195}{200}$ $\eta = 0,025$ $\eta = 2,5\%$

Realizado por: Santiago Solís

3.3.5 Eficiencia en la depuración de DQO

De acuerdo a los análisis de laboratorio realizados del agua residual en la entrada y salida de la planta de tratamiento de aguas residuales de la parroquia Cunchibamba y empleando la ecuación 1 se calculó la eficiencia en la remoción de DQO, además de ello se tomaron en cuenta análisis de laboratorio realizados por la empresa en su laboratorio de calidad.

Tabla 13-3: Eficiencias reportadas por los diferentes reportes de laboratorio DQO

Análisis No.1 04-01-2012	Análisis No. 2 23/08/2012	Análisis No. 3 23/08/2012	Análisis No.4 07/02/2013
$\eta = \frac{F1 - F2}{F1}$ $\eta = \frac{690 - 258}{690}$ $\eta = 0,62$ $\eta = 62\%$	$\eta = \frac{F1 - F2}{F1}$ $\eta = \frac{996 - 305}{996}$ $\eta = 0,69$ $\eta = 69\%$	$\eta = \frac{F1 - F2}{F1}$ $\eta = \frac{1104 - 341}{1104}$ $\eta = 0,69$ $\eta = 69\%$	$\eta = \frac{F1 - F2}{F1}$ $\eta = \frac{390 - 350}{390}$ $\eta = 0,1025$ $\eta = 10,25\%$

Realizado por: Santiago Solís

De acuerdo a los cálculos realizados se notó que en el último análisis realizado una eficiencia para la remoción de DBO₅ de 2.5% y en la DQO de 10.25%.

3.4 Propuesta de para el rediseño de la Planta de Tratamiento

Luego de verificar el caudal para el cual fue diseñada la PTAR que es de 1,09 L/s sin embargo el caudal máximo que ingresa a la PTAR es de 6.67 L/s, cabe destacar que es necesario implementar un tratamiento preliminar adecuado que tratará todo el caudal, el flujo restante se debe tratar en los

nuevos componentes, dejando pasar a las actuales instalaciones solamente el caudal para el caudal fue diseñada en un principio, a más de ello se emplearon valores de eficiencia en la depuración de DBO₅ y DQO actual del sistema de tratamiento, con lo que se estableció como mejores alternativas:

- Tratar el caudal idóneo para las instalaciones existentes
- Diseñar nuevos componentes para el flujo excedente y considerando un caudal de diseño con una proyección de 25 años.

3.4.1 Cálculos de dimensionamiento de nuevos componentes

Se diseñara canal de entrada, rejillas, desarenador de doble cámara, tanque Imhoff, eras de secado de lodos y filtros biológicos de flujo ascendente.

3.4.2 Cálculo de la población de diseño

Con la Ecuación 5 calculamos la población en 25 años

$$P_f = P_a * (1 + i)^n$$

$$P_f = 1040 * (1 + 0,015)^{25}$$

$$P_f = 1509 \text{ hab}$$

3.4.3 Cálculo del caudal de diseño

Mediante la Ecuación 6 tenemos el caudal de diseño

$$Q_{\text{Diseño}} = Q_M * F$$

3.4.4 Caudal medio de aguas residuales

Con la Ecuación 7 tenemos el caudal medio

$$Q_M = \frac{P_f * D * C}{86400}$$

$$Q_M = \frac{1509 \text{ hab} * 180 \frac{\text{L}}{\text{hab}} * \text{día} * 0,8}{86400 \text{s/día}}$$

$$Q_M = 2,515 \text{ L/s}$$

3.4.5 Cálculo del factor de mayoración Harmon

Obtenemos el factor de Harmon mediante la Ecuación 8

$$F = 1 + \frac{14}{4 + \sqrt{P_f/1000}}$$
$$F = 1 + \frac{14}{4 + \sqrt{1509/1000}}$$
$$F = 3,677$$

Despejando de la Ecuación 6 obtenemos el caudal de diseño

$$Q_{\text{Diseño}} = 2,515 * 3,677$$

$$Q_{\text{Diseño}} = 9,25 \text{ L/s}$$

3.4.6 Cálculo del canal de entrada

Área del canal de entrada

El canal de entrada tiene el fin de recibir y canalizar el agua residual proveniente del alcantarillado público para que sea conducido hacia los componentes de tratamiento preliminar.

Con la Ecuación 9 se calcula el área para el canal de entrada

$$A = \frac{Qd}{V}$$
$$A = \frac{0,00925 \text{ m}^3/\text{s}}{0,5 \text{ m/s}}$$
$$A = 0,0185 \text{ m}^2$$

Altura del agua

Usando la Ecuación 10 se tiene

$$h = \frac{A}{B}$$
$$h = \frac{0,0185 \text{ m}^2}{0,40 \text{ m}}$$
$$h = 0,04625 \text{ m}$$

3.4.7 Cálculo de la gradiente

Despejando de la Ecuación 11 de Manning

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

$$S = \left(\frac{Vn}{R^{2/3}} \right)^2$$

$$R = \frac{\text{Área mojada}}{\text{Perímetro mojado}} = \frac{B \times h}{h + B + h}$$

$$R = \frac{0,4 \times 0,05m}{0,05m + 0,4m + 0,05m}$$

$$R = 0.04 m$$

$$S = \left(\frac{0,6 \frac{m}{s} * 0,013}{0,04^{2/3}} \right)^2$$

$$S = 0,003088$$

$$S = 0,3088$$

3.4.8 Cálculo de rejillas

Este componente tiene como objeto la retención de sólidos de mayor tamaño que se encuentran el agua residual, las rejillas serán diseñadas para soportar la totalidad del caudal de diseño.

Caudal de diseño para las rejillas

$$Qd = \frac{Qm}{N^g}$$

$$Q.d = \frac{0,00925m^3/s}{1}$$

$$Qd = 0,00925 \frac{m^3}{s}$$

Área del canal para las rejillas

Con la Ecuación 12

$$A = \frac{Qd}{v}$$
$$A = \frac{0,00925 \text{ m}^3/\text{s}}{0,5 \text{ m/s}}$$
$$A = 0,0185 \text{ m}^2$$

Altura del agua en el canal de las rejillas

Mediante la Ecuación 13

$$h = \frac{A}{B}$$
$$h = \frac{0,0185 \text{ m}^2}{0,40 \text{ m}}$$
$$h = 0,04625 \text{ m}$$

Más la altura de seguridad, tenemos 50 cm

Longitud de las barras

Utilizando la Ecuación 14 tenemos:

$$y = \frac{H}{\text{sen } 60^\circ}$$
$$y = \frac{0,5}{\text{sen } 60^\circ}$$
$$y = 0,577$$

Longitud de los extremos

Mediante la Ecuación 15 obtenemos:

$$x = \sqrt{y^2 - H^2}$$
$$x = \sqrt{0,577^2 - 0,5^2} \text{ m}$$
$$x = 0,288 \text{ m}$$

Número de barras

De la Ecuación 16 nos da:

$$N^\circ = \frac{w}{e + s}$$
$$N^\circ = \frac{0,40}{0,02 + 0,01}$$
$$N^\circ = 13,333$$
$$N^\circ = 14$$

Pérdidas de carga

Usando la Ecuación 17 se tiene:

$$hf = \frac{1}{0,7} \left(\frac{Vb - V}{2g} \right)$$
$$hf = \frac{1}{0,7} \left(\frac{0,6m/s - 05m/s}{2 * 9,8m/s^2} \right)$$
$$hf = 0,0073m$$

3.4.9 Cálculo del Desarenador

Este componente tendrá como función la retención de solidos menor tamaño así como también arenas y partículas gruesas, invitando que éstas taponen u obstaculicen los demás componentes del sistema de depuración.

Caudal de diseño para el desarenador

$$Qt = 0,00925m^3/s$$

$$Qd = Qt / N^e$$

$$Qd = \frac{0,00925 m^3/s}{2}$$

$$Qd = 0,04625 m^3/s$$

Volumen del desarenador con la Ecuación 18

$$V = Qd * trh$$

$$V = 0,004625 m^3/s * 180s$$

$$V = 0,8325 m^3$$

Área superficial del Desarenador con la Ecuación 19

$$As = V/h$$

$$As = 1,665 m^3 / 0,7 m$$

$$As = 1,1892 m^2$$

Largo del Desarenador con la Ecuación 20

$$As = l * b$$
$$l = \frac{A}{b} = \frac{1,1892 \text{ m}^2}{0,7\text{m}}$$
$$l = 1,6989 \text{ m}$$

Longitud de la zona de transición con la Ecuación 21:

$$L = \frac{B - b}{2tg\theta}$$
$$L = \frac{0,7\text{m} - 0,4\text{m}}{2tg12,5}$$
$$L = 0,6766 \text{ m}$$

Profundidad de sedimentación de arenas con la Ecuación 22

$$s = L * (p)$$
$$s = 1,6989 \text{ m} * (0,12)$$
$$s = 0,2038 \text{ m}$$

3.4.10 Dimensionamiento del tanque imhoff

Este componente tiene doble finalidad, una es la de sedimentar el exceso de sólidos y la otra es la de digestor de lodos, para la cual cuenta con dos cámaras ya remueve sólidos suspendidos, a partir de esta etapa de tratamiento se tratará el caudal restante de 8,25 L/s.

Caudal diseño

$$Q = 712,8 \text{ m}^3/\text{dia}$$

Área superficial con la Ecuación 23

$$As = \frac{Q \text{ diseño}}{C \text{ superficial}}$$

Carga superficial ($\text{m}^3/\text{m}^2 * \text{dia}$) se asume entre 24-50

$$As = \frac{712,8 \text{ m}^3/\text{dia}}{30 \text{ m}^3/\text{m}^2 * \text{dia}}$$

$$As = 23,8 \text{ m}^2$$

Dimensiones con la Ecuación 24 tenemos la longitud de la cámara de sedimentación

$$As = l \times b$$

$$l = \frac{As}{b}$$

Asumimos $b = 3,5$

$$l = \frac{23,8 \text{ m}^2}{3,5 \text{ m}}$$

$$l = 6,78 \text{ m}$$

Volumen del Sedimentador con la Ecuación 26

$$V = Q * trh$$

$$V = 712,8 \text{ m}^3/\text{dia} * 0,166 \text{ dias}$$

$$Vol = 118,8 \text{ m}^3$$

Área transversal con la Ecuación 27

$$At = \frac{Volumen}{L}$$

$$At = \frac{118,8 \text{ m}^3}{6,78 \text{ m}}$$

$$At = 17,5 \text{ m}^2$$

Alturas c y d con la Ecuación 28 y 29

$$At = b * c + \frac{b * d}{2}$$

$$c = \frac{At - \frac{B^2}{4tg \alpha}}{b}$$

$$c = \frac{17,5 \text{ m}^2 - (3,5\text{m})^2/4 * tg 60^\circ}{3,5\text{m}}$$

$$c = 3,48 \text{ m}$$

$$d = b * \frac{tg \alpha}{2}$$

$$d = 3,5 * \frac{tg 60}{2}$$

$$d = 3,03 \text{ m}$$

Volumen de la cámara del digestor con la Ecuación 30

$$Vd = pob * D \text{ lodos}$$

Se asume la dotación de lodos 0,07 m³/hab

$$Vd = 1509 \text{ hab} * 0,07 \frac{\text{m}^3}{\text{hab}}$$

$$Vd = 105,63 \text{ m}^3$$

Altura de la cámara del digestor con la Ecuación 31

Valores asumidos:

$$a = 1 \text{ m}$$

$$e = 0,50 \text{ m}$$

$$h = B + 2a$$

$$h = 5,5 \text{ m}$$

$$Vd = A_{\text{rectángulo}} * f + A_{\text{piramide}} * g$$

$$Vd = L * h * f + \frac{L * h * g}{3}$$

Cálculo de f con la Ecuación 32

$$f = \frac{Vd - \frac{h * L * g}{3}}{l * h}$$

$$f = \frac{105,63 \text{ m}^3 - \frac{5,5 \text{ m} * 6,78 \text{ m} * 1,58}{3}}{6,78 \text{ m} * 5,5 \text{ m}}$$

$$f = 2,29 \text{ m}$$

Cálculo de g con la Ecuación 33

$$g = \frac{h}{2} \text{tg}30$$

$$g = \frac{5,5 \text{ m}}{2} \text{tg}30$$

$$g = 1,58 \text{ m}$$

Altura total Ecuación 34

$$\begin{aligned}At &= c + d + e + f + g + hs \\At &= (3,48 + 3,03 + 0,5 + 2,29 + 1,58 + 0,6)m \\At &= \mathbf{11,5 m}\end{aligned}$$

3.4.11 Cálculo de eras de secado

La finalidad de este componente es la de secar el lodo que proviene del tanque imhoff, para lo cual se lo diseña con una cierta inclinación que ayudara a escurrir el exceso de líquido del lodo digerido.

Cantidad de sólidos suspendidos Ecuación 35

$$\begin{aligned}C &= \frac{P * cont. \left(\frac{gSS}{hab \ dia} \right) * 1Kg}{1000 g} \\C &= \frac{1509 hab * \frac{70 gSS}{hab. dia} * 1kg}{1000g} \\C &= 105,63 \frac{KgSS}{dia}\end{aligned}$$

Masa de sólidos suspendidos Ecuación 36

$$\begin{aligned}Msd &= (0,5 * 0,5 * 0,7 * C) + (0,5 * 0,3 * C) \\Msd &= \left(0,50 * 0,50 * 0,70 * 105,63 \frac{KgSS}{dia} \right) + \left(0,50 * 0,30 * 105,63 \frac{KgSS}{dia} \right) \\Msd &= 34,33 \frac{KgSS}{dia}\end{aligned}$$

Volumen diario de lodos digeridos Ecuación 37

$$\begin{aligned}Vld &= \frac{Msd}{\delta \text{ lodo} \left(\% \frac{sólidos}{100} \right)} \\Vld &= \frac{34,33 KgSS/dia}{\frac{1,2kg}{l} * \left(\frac{15}{100} \right)} \\Vld &= 190,72 l/dia\end{aligned}$$

Volumen de lodos a extraerse desde la cámara de digestión Ecuación 38

$$Vel = \frac{Vld * Tr}{1000}$$

Tr: tiempo de retención (55 días) OPS

$$Vel = \frac{192,72 \frac{l}{día} * 55 días}{1000}$$

$$Vel = 10,49 m^3$$

Área del lecho de secado Ecuación 39

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

Ha = 0,40m (altura de lodo)

$$Als = \frac{10,49 m^3}{0,40m}$$

$$Als = 26,22 m^2$$

de lechos de secado = 2

$$Als/2 = 13,11 m^2$$

Longitud del secador Ecuación 40

Asumo el ancho B = 3 m

$$L = \frac{Als}{B}$$

$$L = \frac{13,11 m^2}{3 m}$$

$$L = 4,37 m$$

Falso Fondo Ecuación 41

$$x = tg 20 * \frac{B}{2}$$

$$x = tg 20 * \frac{3 m}{2}$$

$$x = 0,546 m$$

3.4.12 Cálculo del Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente (FAFA)

En este componente formado por grava de distinto diámetro, se adhieren las bacterias depuradoras, formando de esta manera una biopelícula que removerá la DBO hasta en un 80%.

Volumen efectivo o útil Ecuación 42

$$Vu = \frac{Q * CO}{COV}$$
$$Vu = \frac{356,4 \frac{m^3}{día} * 0,1854 \text{ kg}/m^3}{2 \text{ kg}/m^3 \text{ día}}$$
$$Vu = 33,038 \text{ m}^3$$

Volumen real Ecuación 43

$$Vr = Vu * fs + Vu$$

fs: factor de seguridad: 10%

$$Vr = 33,038 * 0,1 + 33,038 \text{ m}^3$$
$$Vr = 36,34 \text{ m}^3$$

Tiempo de retención hidráulico Ecuación 44

$$trh = \frac{Vu}{Q}$$
$$trh = \frac{36,34 \text{ m}^3}{712,8 \text{ m}^3/\text{día}}$$
$$trh = 0,0509 \text{ días} = 1,22 \text{ h}$$

Área circular Ecuación 45

$$Ac = \pi * \phi_{util}^2 / 4$$

Ø asumido= 5 m

$$Ac = \pi * (3,5 \text{ m})^2 / 4$$
$$Ac = 19,63 \text{ m}^2$$

Altura Ecuación 46

$$h = \frac{V}{Ac}$$
$$h = \frac{36,34 \text{ m}^3}{19,63 \text{ m}^2}$$
$$h = 1,85 \text{ m}$$

3.4.13 Cálculo de la eficiencia de la propuesta.

Para el calcular la eficiencia de los componentes se tomara como base los rendimientos teóricos de cada componente y con valores de parámetros clave como son DBO₅ y DQO, teniendo de esta manera:

Rejillas y Desarenador

DBO₅ inicial=412 mg/L (máximo registrado)

%E=10; por tanto el 90% es el restante.

Ecuación 47

$$\text{DBO5 final} = \frac{\%E * \text{DBO5 inicial}}{100}$$
$$\text{DBO5 final} = \frac{90 * 412}{100}$$
$$\text{DBO5 final} = 370,8 \text{ mg/L}$$

Tanque Imhoff

DBO₅ inicial=370,8 mg/L

%E=50; por tanto el 50% es el restante.

$$\text{DBO5 final} = \frac{\%E * \text{DBO5 inicial}}{100}$$
$$\text{DBO5 final} = \frac{50 * 370,8}{100}$$
$$\text{DBO5 final} = 185,4 \text{ mg/L}$$

FAFA 3-FAFA 4 (colocados en paralelo)

DBO₅ inicial=185,4 mg/L

%E=35; por tanto el 65% es el restante.

$$\text{DBO5 final} = \frac{\%E * \text{DBO5 inicial}}{100}$$

$$\text{DBO5 final} = \frac{65 * 185,4}{100}$$

$$\text{DBO5 final} = 120,51 \text{ mg/L}$$

FAFA 5-FAFA 6 (colocados en paralelo)

DBO₅ inicial=120,51 mg/L

%E=35; por tanto el 65% es el restante.

$$\text{DBO5 final} = \frac{\%E * \text{DBO5 inicial}}{100}$$

$$\text{DBO5 final} = \frac{65 * 120,51}{100}$$

$$\text{DBO5 final} = 78,33 \text{ mg/L}$$

3.5 Resultados

De acuerdo al análisis realizado mediante la verificación de las dimensiones de la fosa séptica se determinó que el caudal máximo que pueden soportar las instalaciones es de 1,09 L/s.

El tratamiento preliminar funciona de manera deficiente, tal es el caso del desarenador que resulta ser un simple canal al no tener su respectiva área de desarenado, sumado a ello la falta de mantenimiento en las rejillas han provocado que este componente no retenga de manera adecuada los sólidos gruesos, provocando que los sólidos pasen descontroladamente hacia los siguientes componentes.

La acumulación de lodo en la fosa séptica por la cantidad de caudal que tiene que tratar y sumado a esto la falta de mantenimiento han provocado que este componente no esté funcionando de manera óptima, dejando pasar el agua residual prácticamente como la recibe hacia el siguiente nivel de tratamiento.

La configuración del sistema, exceso de caudal y la alta concentración de sólidos a afectado de manera considerable a los filtros FAFA, que al encontrarse colocados en serie provoca que el primer filtro se tapone rápidamente, induciendo una interrupción en el flujo normal del agua residual y que

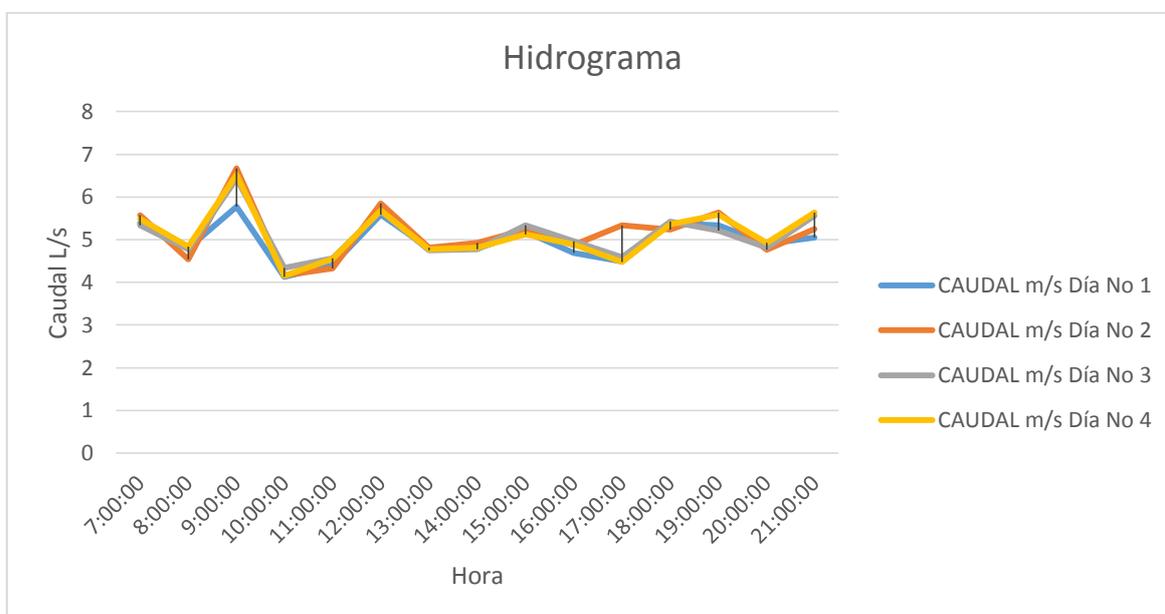
en ocasiones ha provocado que el agua tenga que ser vertida directamente hacia el siguiente componente para evitar que reboce.

El filtro de flujo descendente se encontraba prácticamente fuera de funcionamiento, debido al deterioro de su infraestructura que normalmente debería distribuir el afluente que recibe por toda su área con un sistema de tubos dispuestos de manera uniforme por encima de la grava.

3.5.1 Caudales

Variabilidad del caudal de los diferentes días de medición del agua residual que llega hacia la PTAR provenientes de la parroquia Cunchibamba.

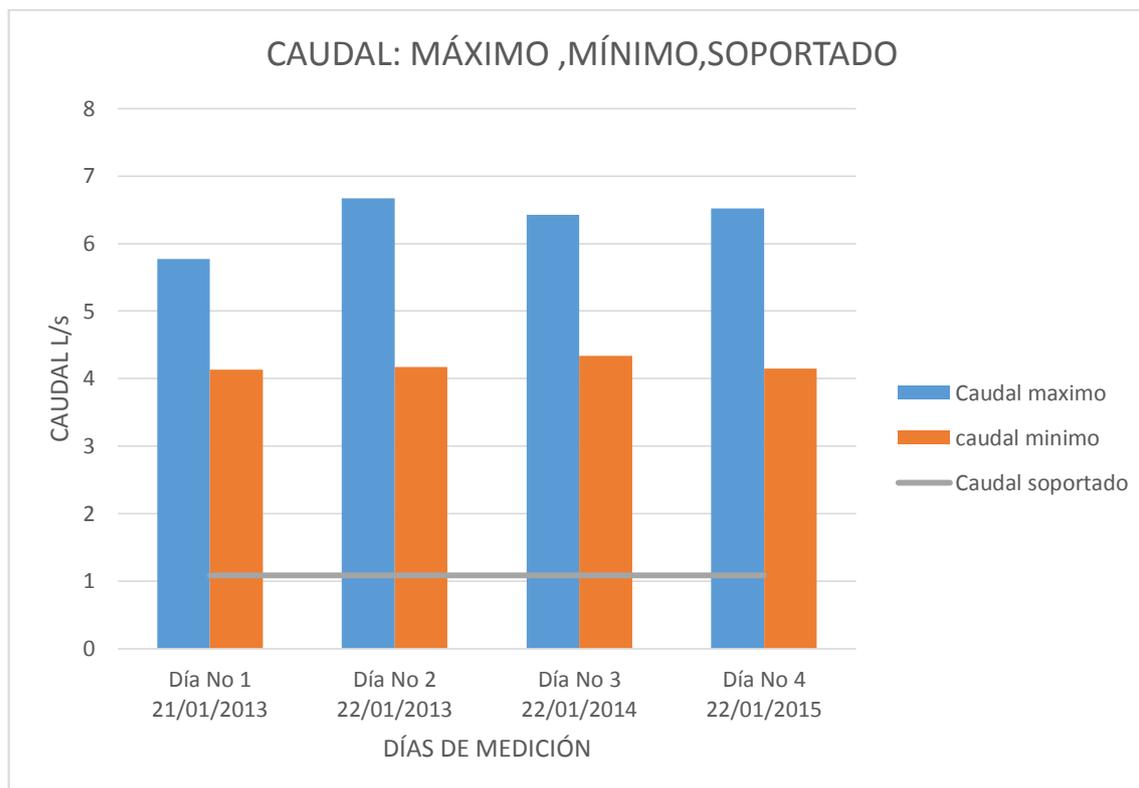
Gráfico 1-3: Hidrograma de Caudal



Realizado por: Santiago Solís

Se puede observar el Gráfico N° 1 la variación de caudal durante las 15 horas de medición, teniendo a las 9 a.m. el caudal máximo de 6,67 L/s en el segundo día de medición y un caudal mínimo de 4,13 L/s a las 9 a.m., se observa una mayor variabilidad en las mediciones de caudal en el transcurso del día provocado claramente por el uso del agua en las diferentes actividades cotidianas de la población, la variabilidad de las mediciones comparadas de un día a otro de medición se ven más equilibradas en las cuales claramente se observa que el mayor caudal se reporta en horas de la mañana 9 am, medio día 12 pm y llegada la noche 7 pm.

Gráfico 2-3: Variación de Caudales



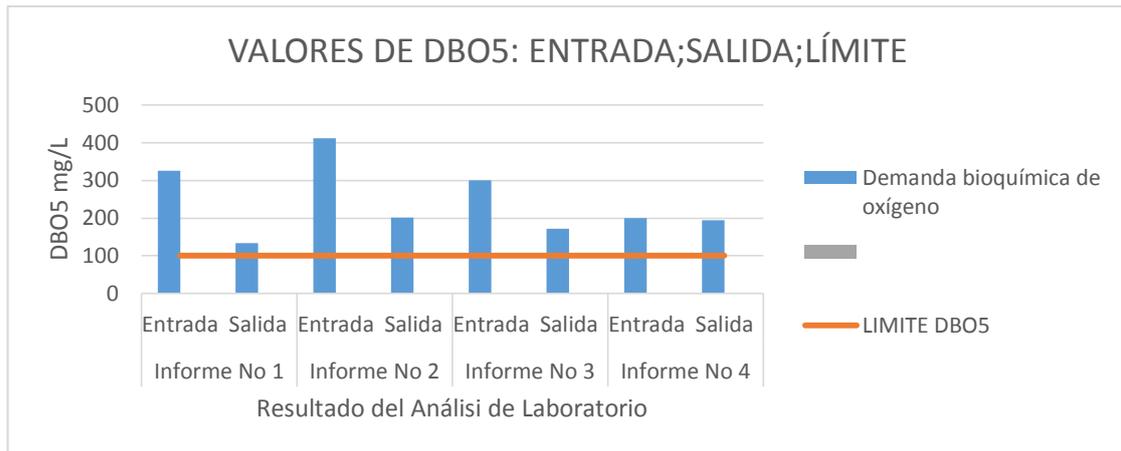
Realizado por: Santiago Solís

Grafico N° 2 la variación de caudal durante las 15 horas de medición, muestra que a la PTAR llega un caudal mucho mayor a la que fue diseñada que es de 1,09 L/s, en cada uno de los días de medición se observa que ni los caudales mínimos reportados son los adecuados para que ingresen al sistema de tratamiento.

3.5.1.1 Caracterización físico-química y microbiológica del agua

Los resultados determinados para la eficiencia que tiene la planta de tratamiento de parámetros claves para el rediseño son de 2,5% en la depuración de DBO_5 y 10,25% de DQO, son insuficientes en comparación a la eficiencia mínima requerida del 50% para DBO_5 y 35,89% para DQO según los últimos análisis realizados, para lograr una remoción idónea de la concentración de dichos parámetros y se pueda descargar en cuerpos de agua dulce, con un máximo de 100 mg/L de DBO_5 y 250 mg/L DQO establecidos en la normativa ambiental vigente (TULSMA, LIBRO VI, ANEXO I, TABLA 12), cabe destacar que los porcentajes de eficiencia son los peores reportados.

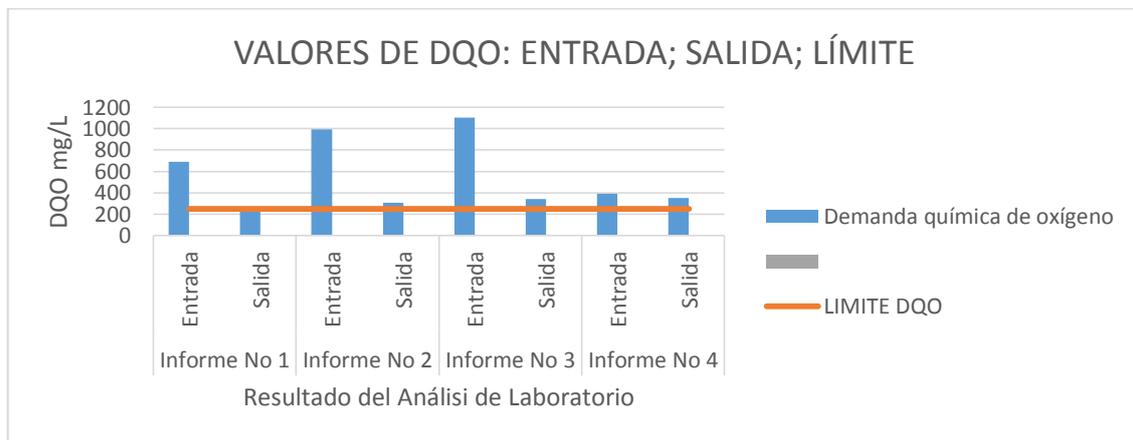
Gráfico 3-3: Valores de DBO5 en la entrada y salida del tratamiento



Fuente: Laboratorio de control de calidad EP. EMAPA-A & LAB-CESTTA

Según el gráfico 3 podemos notar que en ninguno de los reportes de laboratorio la planta de tratamiento actual no alcanza un eficiencia para depurar el agua residual que tratar la DBO₅, se observa también que en los primeros análisis de laboratorio existe una eficiencia promedio del 50% pero al tratar un caudal en exceso tiende a bajar su eficiencia hasta un 2,5% que se muestra en el último análisis realizado.

Gráfico 1, Valores de DQO en la entrada y salida del tratamiento



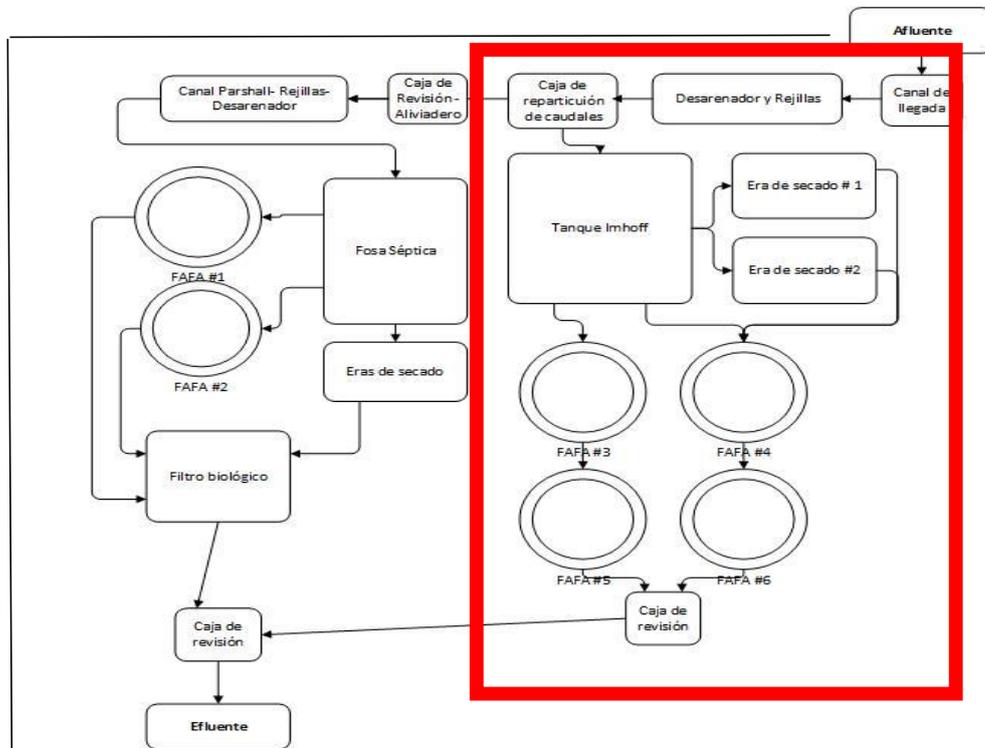
Fuente: Laboratorio de control de calidad EP. EMAPA-A & LAB-CESTTA

Según el gráfico 4 podemos notar que en ninguno de los reportes de laboratorio la planta de tratamiento actual no alcanza un eficiencia para depurar el agua residual que tratar la DQO, se observa también que en los primeros análisis de laboratorio existe una eficiencia promedio del 69% pero al tratar un caudal en exceso tiende a bajar su eficiencia hasta un 10,25% que se muestra en el último análisis realizado.

3.5.2 Esquema del rediseño y propuesta de nuevos componente

El siguiente esquema muestra la propuesta de rediseño de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la Parroquia Cunchibamba, los nuevos componentes se muestran encerrados en el recuadro rojo.

Gráfico 5-3: Propuesta de Rediseño de la Planta de Tratamientos



Realizado por: Santiago Solís

3.5.3 Resultado del canal de llegada

Tabla 14-3: Resumen del dimensionamiento del canal de entrada

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD
Número de unidades	1	-
Altura del canal	0,5	m
Ancho del canal	0,4	m
Longitud del canal	2	m
Gradiente	0,3388	-

Realizado por: Santiago Solís

3.5.4 Resultado de las rejillas

Tabla 15-3: Resumen del dimensionamiento de rejillas

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD
Longitud de varilla	0,577	m
Número de varillas	14	-
Ancho de varillas	0,01	m
Separación	0,02	m

Realizado por: Santiago Solís

3.5.5 Resultado del desarenador

Tabla 16-3: Resumen del dimensionamiento del Desarenador

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD
Número de unidades	2	-
Tiempo de retención	120	s
Volumen	0,83	m ³
Profundidad	0,7	m
Ancho	0,7	m
Longitud	1,7	m
Longitud de transición	0,65	m
Pendiente para sedimentación	12	%
Altura de sedimentador	0,20	m

Realizado por: Santiago Solís

3.5.6 Resultado del tanque Imhoff

Tabla 17-3: Resumen del dimensionamiento del Tanque Imhoff

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD
Número de unidades	1	-
Ancho cámara de sedimentación	3,5	m
Longitud	6,78	m
Altura total	11,5	m
Altura f	2,29	m
Altura c	3,48	m
Altura d	3,03	m
Altura gx2	1,58	m

Realizado por: Santiago Solís

3.5.7 Resultado de las eras de secado

Tabla 18-3: Resumen del dimensionamiento de las Eras de secado

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD
Numero de eras por tanque	2	-
Ancho	3	m
Longitud	4,37	m
Tiempo de retención	30	días

Realizado por: Santiago Solís

3.5.8 Resultado de los filtro FAFA

Tabla 19-3: Resumen del dimensionamiento del FAFA

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD
Número de unidades	4	-
Volumen útil	33,03	m ³
Volumen real	36,34	m ³
Diámetro	5	m
Altura	1,85	m
Capa de piedra	0,90	m
Capa de grava mediana	0,60	m
Capa de grava pequeña	0,20	m

Realizado por: Santiago Solís

Tabla 20-3: Rendimiento de los componentes existentes

COMPONENTE	% DE RENDIMIENTO
Fosa Séptica	DBO ₅ =2,5% ; DQO=10,25%
FAFA 1 y 2	17.5%
FILTRO DESCENDENTE	No Funciona

Realizado por: Santiago Solís

3.5.9 Rendimiento con el Re-diseño de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de las Parroquia Cunchibamba y Cumplimiento de la Normativa Ambiental

Para cumplir con los límites de descarga permisibles establecidos en TULSMA, Libro VI, Anexo 1, Tabla 12, se tomó en cuenta parámetros claves de DBO₅ Y DQO en el sistema Re-diseñado, teniendo en cuenta que el caudal que trataran los componentes existentes es de 1 L/s y el restante será tratado por los nuevos componentes.

Tabla 21-3: Rendimiento de los componentes propuestos

COMPONENTE	% DE RENDIMIENTO	VALOR DE DBO ₅ = 412 mg/L
Rejillas y Desarenador	10	370,8
Tanque Imhoff	50	185,4
FAFA 3 Y4	35	120,51
FAFA 5 Y 6	35	78,33

Realizado por: Santiago Solís

Tomando en cuenta un rendimiento combinado de los componentes existentes y de los componentes propuestos para el Re-diseño y basados en la depuración de la DBO₅ se lograría una eficiencia del 81%, con lo cual las descargas hacia el cuerpo receptor cumplirían con los límites permisibles.

Tabla 22-3: Comparativa con los límites permisibles

Parámetro	Unidad	Afluente	Efluente	Límite	Cumplimiento
DBO ₅	mg/L	200	38	100	SI
DQO	mg/L	390	74,1	250	SI

Realizado por: Santiago Solís

3.6 Discusión de resultados

El mal diseño de componentes que se adicionaron al sistema de tratamiento actual , si se considera inicialmente que el Desarenador, que tiene normalmente como fin la retención de partículas gruesas y arenas para que estas no obstaculicen, dañen e interfieran con el normal funcionamiento de los demás componentes como son la fosa séptica y los filtros biológicos, fue diseñado de manera que solo cumpliera la función de un simple canal doble al no tener cámara de desarenado, sin una inclinación adecuada para que cumpla su objetivo, además de ello se construyó un medicar de caudal

el cual por su mala construcción no ofrece confianza en sus mediciones dado que al ser un canal parshall la simetría de construcción es primordial y al realizar la medición de sus dimensiones eran asimétricas.

Siguiendo con el análisis de resultados también se encontró el problema de la acumulación de sólidos en las rejillas por la falta de mantenimiento, que no se había realizado desde que la planta fue construida aproximadamente en el año 2003 según averiguaciones realizadas al Honorable Consejo Provincial de Tungurahua el cual estuvo a cargo en sus inicios de la planta de tratamiento, al momento en el que la competencia paso a responsabilidad de la Ilustre Municipalidad del Catón Ambato muchas de las plantas de tratamiento y entre ellas la de la parroquia Cunchibamba había colapsado, al inicio del estudio ninguno de los componentes estaban funcionando de manera adecuada, uno de los componentes totalmente deteriorado es el filtro lento de grava de flujo descendente, por lo que se hizo urgente empezar con el presente trabajo para dar solución a los problemas existente, las medidas con respecto al rediseño y optimización de las Planta de Tratamiento, serán: tratar el caudal idóneo en los componentes actuales, diseñar un desarenador dimensionado técnicamente que soportará el caudal de diseño, además de nuevos los componentes, las cuales asegurarán la adecuada depuración del agua residual, la planta de tratamiento existente es claramente deficiente por todo lo mencionado, el presente trabajo mediante la propuesta del rediseño contempla también la elaboración del Manual de Operación y Mantenimiento es una herramienta fundamental y necesaria, con el objeto de, mantener los componentes depuradores en óptimas condiciones, totalmente operables y que cumplan con su fin.

Evaluando la Planta de Tratamiento se notó que el filtro FAFA # 1 se saturaba de sólidos, dado que las arenas no son retenidas por el desarenador existente, en conciencia el agua residual no circula de manera normal hacia los demás componentes, entre los problemas más notorios se puede destacar la cantidad de solidos que tiene el afluente, además de los problemas de caudal expuesto anteriormente.

Se ha registrado caudales mayores a 6 L/s, como consecuencia del crecimiento poblacional de los últimos años, este inconveniente no solo se ha presentado para la Planta de Tratamiento de la parroquia Cunchibamba, es notorio que el crecimiento de la población a nivel mundial acarrea el aumento de contaminación ambiental, en otras plantas de tratamiento de la ciudad de Ambato se viene evidenciado problemas similares, como es el caso de la de Pirhuín, Puerto Arturo, Av. Indoamerica, etc, por lo que se deben dimensionar nuevos componentes para depurar el caudal excedente, en reportes anteriores de mediciones de caudal realizadas por la misma empresa y también en las realizadas por cuenta propia, se evidenció que de los 4 días que se realizó las mediciones en ninguno de ellos ni en ninguna de las mediciones realizadas durante las 7 am a 21 pm el caudal estuviera por lo menos al límite del valor que puede tratar las instalaciones de la planta de tratamiento

existente de la parroquia Cunchibamba que es de 1,09 L/s, durante el día el comportamiento del caudal varía de los 4,13 L/s hasta los 6,67 L/s , el caudal más alto se midió a las 9 de la mañana debido claramente a que la mayoría de la población tiende a ocupar más agua antes de empezar su día cotidiano, reportando un alza del caudal a 5,85 L/s a las 12 pm claramente por las actividades que implican el uso del agua, por la noche específicamente a las 19 pm se nota valores de hasta 5,63 L/s.

Por todos los valores evidenciados en las mediciones realizadas por parte de la empresa y las mediciones propias se considera un caudal de diseño de 9,25 L/s, el cual está proyectado para 25 años, permitiendo de esta manera presentar una propuesta tendiente a la prevención y al cumplimiento de los límites de descarga establecidos con la ley en un tiempo considerable, además es importante mencionar que según lo calculado la planta fue construida para tratar un caudal de 1 L/s que a estas alturas no es posible de ninguna manera, la mismo o de similares circunstancias son los problemas ocasionados por el incremento del caudal en otras plantas de tratamiento que se encuentran en la ciudad de Ambato como es el caso de Pilahuin, que fue diseñada para soportar un caudal mucho menos al que recibe, en todo los casos las mediciones se realizaron en base al método volumétrico, realizando diferentes mediciones para ser exactos 5 por cada valor de caudal obtenido para tener de esta manera datos más confiables que al final ayudaran a rediseñar la planta de tratamiento y permitir de esta manera la depuración adecuada con los componentes propuesto y adaptados de mejor manera a las condiciones reales del lugar de estudio.

Las concentraciones de parámetros en la descarga muestran valores fuera de los límites permisibles como en $DBO_5 = 195\text{mg/L}$ y $DQO=350\text{mg/L}$, debido a que, los componentes existentes presentan bajo eficiencia en la depuración del agua residual, estos parámetros son clave para el rediseño de la Planta de Tratamiento, de otros análisis realizados por parte del Laboratorio de Calidad de EP-EMAPA-A llegaron a reportar valores en DBO_5 de 412 mg/L, este valor se tomó en cuenta por ser el mayor registrado y para el cual se tomaron las medidas preventivas necesarias con el diseño de componentes que aseguren la depuración de valores como estos, cabe destacar que en ninguno de los reportes de los análisis reportados por los laboratorios se cumplía con los límites de descarga correspondientes a descargas de efluentes en un cuerpo de agua dulce, regulado por el TULSMA en su libro sexto de calidad ambiental Anexo 1, referente a la norma de calidad ambiental y descargas de efluentes: recurso agua, Tabla 12.

La variabilidad mostrada en los diferentes análisis efectuados se dio debido a que en el mes de agosto del 2012 se realizaron trabajos de mantenimiento de la planta de tratamiento existente, en el análisis realizado previo a ese manteniendo específicamente el mes de enero se nota claramente una $DBO_5 = 326\text{ mg/L}$ en la entrada y de 134 mg/L en la salida del tratamiento, para el mes posterior al

mantenimiento que fue el mes de diciembre se muestran resultados de $DBO_5 = 300$ mg/L en la entrada y de 172 mg/L en la salida del tratamiento, en estos resultados a pesar de no cumplir con los límites de descarga se ve una remoción considerable pero por la cantidad de caudal existente en ese momento y la configuración del sistema de tratamiento en sí, se continua con resultados fuera de norma, es así como en el último análisis realizado se tiene una eficiencia baja, dando como resultado una mala calidad de agua, no idónea para ser descargada en el cuerpo receptor, de esta manera se tiene en $DBO_5 = 200$ mg/L en la entrada y de 195 mg/L en la salida del tratamiento y en $DQO = 390$ mg/L en la entrada y de 350 mg/L en la salida del tratamiento, así la eficiencia cae de un 50% a un despreciable 2,5% que en ninguna circunstancia ayudara a que el sistema de tratamiento cumpla con su fin, el cual claramente es la depuración del agua residual proveniente de la parroquia Cunchibamba para que sea descargado bajo condiciones de calidad favorables al cuerpo receptor, particularmente al ambiente y de esta manera sea útil.

En cuanto al impacto ambiental se notó al utilizar la matriz de Leopold modificada que la afectación es prácticamente baja reportando un valor de - 39 que traducido al beneficio que la construcción de la presente propuesta daría al ambiente resulta ser muy aceptable, en si la zona ya ha sido intervenida previamente para la construcción de la PTAR existente por tanto la afectación se reduce en cuanto a la intervención para la construcción de las vías de acceso, uno de los aspecto positivos es la generación de empleo reportando un valor de 280 que es evidente que se dará al momento de la ejecución de la obra, es importante mencionar que en aspectos ambientales que reportan -52 dan un impacto negativo como es el caso de las emisiones de gases, olores y material participado serán subsanados con medidas de baja complejidad y que afectaran muy poco al ser una zona alejada de la población, esta información se encuentra detallada en el Anexo C del presente trabajo en la cual se muestran todos los valores de evaluación de impactos ambientales.

3.7 Análisis de costos

Con el análisis de costos se podrá estimar un presupuesto tentativo y aproximado si se llegase a implementar los nuevos componentes en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la Parroquia Cunchibamba.

3.7.1 Análisis de precios unitarios

Este análisis estima de manera individual cada rubro del presupuesto para la ejecución de las obras en la implementación de los nuevos componentes para Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.

3.7.2 Presupuesto para la ejecución de la obra

El presente presupuesto se compone por todos los costos unitarios y adicionalmente el 20% que corresponde a costos indirectos del valor total. El presupuesto total de las obras es **360,115.08** dólares americanos, en la siguiente tabla se detallan los costos señalados con letras A,B,C,D que corresponden al rediseño de la planta de tratamiento de aguas residuales de la Parroquia Cunchibamba.

Tabla 23-3: Presupuesto y análisis de precios unitarios

SISTEMA DE TRATAMIENTO DESCARGA 1 - REDISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA PARROQUIA CUNCHIBAMBA, CANTÓN AMBATO		
MEJORAS DEL PLANTA DE TRATAMIENTO - RESUMEN DEL PRESUPUESTO - ALTERNATIVA1 - DESCARGA 1		
FECHA: SEPTIEMBRE / 2014		
Item	COMPONENTES	TOTAL USD
A	RED DE RECOLECCIÓN NUEVA	289,415.27
A1	COLOCACIÓN DE TUBERÍAS Y POZOS DE REVISIÓN	283,801.39
A2	SEPARADOR DE CAUDAL (2 UNIDADES)	4,829.81
A3	ESTRUCTURAS DE DESCARGA (AGUAS LLUVIAS) (2 UNIDADES)	784.07
B	PLANTA DE TRATAMIENTO	76,501.07
B1	SEPARADOR DE CAUDAL	3,428.77
B2	CRUCE DE CANAL (TUBERÍA DE ALCANTARILLADO) (2 UNIDADES)	81.65
B3	CERRAMIENTO DE MALLA, Y OBRAS EXTERIORES	12,568.12
B4	CAJÓN REPARTIDOR DE CAUDALES	1,017.25
B5	TANQUE IMHOFF Y FILTRO ANAEROBIO (2 UNIDADES)	36,817.90
B6	LECHOS DE SECADO (2 UNIDADES)	7,987.91
B7	CONFORMACIÓN DE TALUDES	366.84
B8	ESTRUCTURAS DE DESCARGA (AGUAS LLUVIAS Y AGUAS SERVIDAS)	744.15
B11	ACCESO VEHICULAR, DRENAJE DE AGUAS LLUVIAS, INTERIOR Y EXTERIOR	1,163.09
C	COMPONENTE AMBIENTAL	4,124.13
D	COMPRA DE TERRENO PARA PLANTA TRATAMIENTO (0.098Ha)	2,400.00
	TOTAL	360,115.08

Realizado por: Arq. Darwin Fernández

**SISTEMA DE TRATAMIENTO DESCARGA 1 - REDISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA PARROQUIA CUNCHIBAMBA,
CANTÓN AMBATO**

MEJORAS DEL ALCANTARILLADO - CANTIDADES DE OBRA Y PRESUPUESTO DE LA ALTERNATIVA No. 1 - DESCARGA 1

COLECTORES, TRATAMIENTO

SIM	Item	ACTIVIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	P. TOTAL
	A	RED DE RECOLECCIÓN NUEVA				
	A1	COLOCACIÓN DE TUBERÍAS Y POZOS DE REVISIÓN				
1	1	Replanteo y nivelación	m	2588.97	0.46	1,190.93
2	2	Excavación zanja a máquina H = 0-2.0 m S.N.F.	m3	1631.05	2.90	4,730.05
3	3	Excavación zanja a máquina H = 0-2.0 m (C.N.F)	m3	543.68	3.75	2,038.80
4	4	Excavación zanja a máquina H = 2-4 m (S.N.F)	m3	2718.42	3.73	10,139.71
4A	5	Excavación zanja a máquina H = 2-4 m (C.N.F)	m3	543.68	10.34	5,621.65
5	6	Rasanteo fondo de zanja	m2	1812.28	0.56	1,014.88
67	7	Conformación base de arena	m3	181.23	17.38	3,149.78
9	8	Entibado de zanjas H>2.0m	m2	1812.28	3.53	6,397.35
T01	9	Sum. Inst. Tubería PVC alcant. DN = 200 mm	m	51.40	16.35	840.39
T02	10	Sum. Inst. Tubería PVC alcant. DN = 250 mm	m	64.03	19.53	1,250.51
T03	11	Sum. Inst. Tubería PVC alcant. DN = 315 mm	m	223.00	29.36	6,547.28
T03A	12	Sum. Inst. Tubería PVC alcant. DN = 355 mm	m	322.30	59.02	19,022.15
T04	13	Sum. Inst. Tubería PVC alcant. DN = 400 mm	m	370.18	48.96	18,124.01
T05	14	Sum. Inst. Tubería PVC alcant. DN = 475 mm	m	265.83	63.94	16,997.17
TA6	15	Sum. Inst. Tubería PVC alcant. DN = 525 mm	m	321.34	69.35	22,284.93
T575	16	Sum. Inst. Tubería PVC alcant. DN = 575 mm	m	79.95	72.60	5,804.37

T08	17	Sum. Inst. Tubería PVC alcant. DN = 640 mm	m	99.58	112.94	11,246.57
T79	18	Sum. Inst. Tubería PVC alcant. DN = 790 mm	m	472.84	139.75	66,079.39
T84	19	Sum. Inst. Tubería PVC alcant. DN = 840 mm	m	318.52	148.43	47,277.92
18	20	Conexiones domiciliarias 0-10m	u	75.00	102.80	7,710.00
15	21	Pozo de revisión 0-1.5m con tapa y cerco de HF	u	6.00	363.75	2,182.50
16	22	Pozo de revisión 1.5-3m con tapa y cerco de HF	u	16.00	519.56	8,312.96
G42	23	Relleno compactado con material excavación	m3	4349.47	2.76	12,004.54
c007	24	Desalojo de material sobrante	m3	1087.37	2.73	2,968.52
C04	25	Rotura y reposición de pavimento asfáltico e=3"	m2	14.00	61.79	865.06
					SUBTOTAL	283,801.39
	A2	SEPARADOR DE CAUDAL (2 UNIDADES)				
D01	26	Replanteo y nivelación del terreno	m2	38.44	1.05	40.36
36	27	Excavación a mano cielo abierto (en tierra)	m3	25.92	3.73	96.68
G07	28	Replantillo H.S. 140 kg/cm2	m3	0.96	97.33	93.44
4200	29	Acero de refuerzo fy = 4200 kg/cm2, alambre galv. N°18	kg	1357.42	1.90	2,579.10
D11	30	Hormigón f'c = 210 kg/cm2 (incluye encofrado)	m3	13.02	128.52	1,673.33
g562	31	Tapa y cerco de H.F.	u	2.00	88.69	177.38
pe01	32	Peldaños para gradas, varilla 16 mm, L = 1.05m	u	4.00	2.98	11.92
CR2	33	Caja de revisión 80x80 cm	u	2.00	43.42	86.84
C007	34	Desalojo de material sobrante	m3	25.92	2.73	70.76
					SUBTOTAL	4,829.81
	A3	ESTRUCTURAS DE DESCARGA (AGUAS LLUVIAS) (2 UNIDADES)				
D01	35	Replanteo y nivelación del terreno	m2	14.70	1.05	15.44
36	36	Excavación a mano cielo abierto (en tierra)	m3	2.80	3.73	10.44
G07	37	Replantillo H.S. 140 kg/cm2	m3	0.28	97.33	27.25
4200	38	Acero de refuerzo fy = 4200 kg/cm2, alambre galv. N°18	kg	184.52	1.90	350.59
D11	39	Hormigón f'c = 210 kg/cm2 (incluye encofrado)	m3	2.90	128.52	372.71

C007	40	Desalojo de material sobrante	m3	2.80	2.73	7.64
					SUBTOTAL	784.07
	B	PLANTA DE TRATAMIENTO				
	B1	SEPARADOR DE CAUDAL				
D01	41	Replanteo y nivelación del terreno	m2	19.22	1.05	20.18
G671	42	Excavación a mano en tierra h<2.0 m con agua	m3	12.96	3.63	47.04
G07	43	Replanteo H.S. 140 kg/cm2	m3	0.48	97.33	46.72
4200	44	Acero de refuerzo fy = 4200 kg/cm2, alambre galv. N°18	kg	678.71	1.90	1,289.55
D11	45	Hormigón f'c = 210 kg/cm2 (incluye encofrado)	m3	6.51	128.52	836.67
g562	46	Tapa y cerco de H.F.	u	1.00	88.69	88.69
pe01	47	Peldaños para gradas, varilla 16 mm, L = 1.05m	u	2.00	2.98	5.96
CR2	48	Caja de revisión 80x80 cm	u	1.00	43.42	43.42
RPT1	49	Rejilla de ingreso Planta de Tratamiento 1	u	1.00	121.93	121.93
ASC1	50	Válvula de compuerta separador de caudales PTAR1	glb	1.00	893.23	893.23
C007	51	Desalojo de material sobrante	m3	12.96	2.73	35.38
					SUBTOTAL	3,428.77
	B2	CRUCE DE CANAL (TUBERÍA DE ALCANTARILLADO) (2 UNIDADES)				
D01	52	Replanteo y nivelación del terreno	m2	4.80	1.05	5.04
G671	53	Excavación a mano en tierra h<2.0 m con agua	m3	0.90	3.63	3.27
G07	54	Replanteo H.S. 140 kg/cm2	m3	0.15	97.33	14.60
D11	55	Hormigón f'c = 210 kg/cm2 (incluye encofrado)	m3	0.40	128.52	51.41
148	56	Malla electrosoldada 10x10x6 mm fy = 5000 kg/cm2	m2	0.80	6.09	4.87
g42	57	Relleno compactado con material excavación	m3	0.27	2.76	0.75
C007	58	Desalojo de material sobrante	m3	0.63	2.73	1.72
					SUBTOTAL	81.65
	B3	CERRAMIENTO DE MALLA, Y OBRAS EXTERIORES				
1	59	Replanteo y nivelación	m	120.70	0.46	55.52

D01	60	Replanteo y nivelación del terreno	m2	47.19	1.05	49.55
EX01	61	Excavación a mano H = 0-1.0m S.N.F	m3	52.46	3.04	159.48
5	62	Rasanteo fondo de zanja	m2	40.32	0.56	22.58
67	63	Conformación base de arena	m3	4.03	17.38	70.04
CR2	64	Caja de revisión 80x80 cm	u	6.00	43.42	260.52
T11	65	Sum. e Inst. Tubería Alc.PVC-D 110 mm	m	6.20	7.16	44.39
T13	66	Sum. e Inst. Tubería Alc.PVC-D 200 mm	m	67.20	26.85	1,804.32
101C	67	Cerramiento de malla, h= 2.1 m, alambre de púas 3 hiladas	m	120.70	47.50	5,733.25
P1	68	Puerta de tub. HG, 38 mm y malla: 1.75x1.90 m	u	2.00	215.20	430.40
D11	69	Hormigón f'c = 210 kg/cm2 (incluye encofrado)	m3	0.80	128.52	102.82
H31	70	Hormigón simple f'c = 180 kg/cm2, con encofrado	m3	24.14	131.69	3,179.00
G07	71	Replanteo H.S. 140 kg/cm2	m3	0.10	97.33	9.73
4200	72	Acero de refuerzo fy = 4200 kg/cm2, alambre galv. N°18	kg	74.70	1.90	141.93
CA3	73	Sum. Inst. Compuerta de aluminio 0.80x0.80, e=4mm	u	2.00	180.20	360.40
G42	74	Relleno compactado con material excavación	m3	32.26	2.76	89.04
C007	75	Desalojo de material sobrante	m3	20.20	2.73	55.15
					SUBTOTAL	12,568.12
	B4	CAJON REPARTIDOR DE CAUDALES				
D01	76	Replanteo y nivelación del terreno	m2	10.56	1.05	11.09
36	77	Excavación a mano cielo abierto (en tierra)	m3	6.16	3.73	22.98
G671	78	Excavación a mano en tierra h<2.0 m con agua	m3	1.54	3.63	5.59
G07	79	Replanteo H.S. 140 kg/cm2	m3	0.51	97.33	49.64
D11	80	Hormigón f'c = 210 kg/cm2 (incluye encofrado)	m3	2.70	128.52	347.00
148	81	Malla electrosoldada 10x10x6 mm fy = 5000 kg/cm2	m2	20.07	6.09	122.23
VERT	82	Vertedero triangular de aluminio, e= 4mm	u	2.00	218.83	437.66
g42	83	Relleno compactado con material excavación	m3	1.54	2.76	4.25
C007	84	Desalojo de material sobrante	m3	6.16	2.73	16.82
					SUBTOTAL	1,017.25

	B5	TANQUE IMHOFF Y FILTRO ANAEROBIO (2 UNIDADES)				
D01	85	Replanteo y nivelación del terreno	m2	156.00	1.05	163.80
38	86	Excavación a máquina cielo abierto en tierra	m3	364.10	1.66	604.40
G07	87	Replanteo H.S. 140 kg/cm2	m3	10.84	97.33	1,055.06
4200	88	Acero de refuerzo fy = 4200 kg/cm2, alambre galv. N°18	kg	8725.00	1.90	16,577.50
D11	89	Hormigón f'c = 210 kg/cm2 (incluye encofrado)	m3	87.25	128.52	11,213.37
G56	90	Tapa sanitaria metálica 0.60x0.60 m	u	8.00	82.60	660.80
GC	91	Grava clasificada para filtros	m3	58.56	30.29	1,773.78
PB	92	Piedra bola	m3	24.40	28.98	707.11
G42	93	Relleno compactado con material excavación	m3	72.82	2.76	200.98
C007	94	Desalojo de material sobrante	m3	291.28	2.73	795.18
SM1	95	Sum. Inst. Sujetador metálico-galvanizado, para tubería de PVC 200mm	u	8.00	14.91	119.28
APT1	96	Accesorios Sedimentadores y Filtros, Lista No. 1	glb	1.00	2946.64	2,946.64
					SUBTOTAL	36,817.90
	B6	LECHOS DE SECADO (2 UNIDADES)				
D01	97	Replanteo y nivelación del terreno	m2	162.00	1.05	170.10
38	98	Excavación a máquina cielo abierto en tierra	m3	68.60	1.66	113.88
D11	99	Hormigón f'c = 210 kg/cm2 (incluye encofrado)	m3	14.96	128.52	1,922.66
148	100	Malla electrosoldada 10x10x6 mm fy = 5000 kg/cm2	m2	137.28	6.09	836.04
G42	101	Relleno compactado con material excavación	m3	13.72	2.76	37.87
C007	102	Desalojo de material sobrante	m3	54.88	2.73	149.82
ALS1	103	Accesorios Lechos de secado, Lista No. 1.1.1	glb	54.88	86.69	4,757.55
					SUBTOTAL	7,987.91
	B7	CONFORMACIÓN DE TALUDES				
D01	104	Replanteo y nivelación del terreno	m2	51.30	1.05	53.87
CTAL	105	Conformación de taludes	m2	51.30	1.52	77.98
Enc	106	Encespado	m2	38.48	4.09	157.38
G42	107	Relleno compactado con material excavación	m3	25.65	2.76	70.79

C007	108	Desalojo de material sobrante	m3	2.50	2.73	6.83
					SUBTOTAL	366.84
	B8	ESTRUCTURAS DE DESCARGA (AGUAS LLUVIAS Y AGUAS SERVIDAS)				
D01	109	Replanteo y nivelación del terreno	m2	8.10	1.05	8.51
G671	110	Excavación a mano en tierra h<2.0 m con agua	m3	1.60	3.63	5.81
G07	111	Replanto H.S. 140 kg/cm2	m3	0.55	97.33	53.53
4200	112	Acero de refuerzo fy = 4200 kg/cm2, alambre galv. N°18	kg	134.18	1.90	254.94
D11	113	Hormigón f'c = 210 kg/cm2 (incluye encofrado)	m3	2.10	128.52	269.89
H32	115	Hormigón ciclópeo, f'c = 180 kg/cm2	m3	1.60	94.67	151.47
					SUBTOTAL	744.15
	B10	ACCESO VEHICULAR, DRENAJE DE AGUAS LLUVIAS, INTERIOR Y EXTERIOR				
D01	116	Replanteo y nivelación del terreno	m2	162.20	1.05	170.31
36	117	Excavación a mano cielo abierto (en tierra)	m3	12.13	3.73	45.24
T12	118	Sum. e Inst. Tubería Alc.PVC-D 160 mm	m	30.00	13.80	414.00
CR2	119	Caja de revisión 80x80 cm	u	4.00	43.42	173.68
CTTM	120	Revestimiento con terrocemento	m2	6.40	1.33	8.51
L1	121	Lastre Conformación y Compactación en vía equipo pesado(Provisión yColocación)	m3	24.33	12.53	304.85
Csub	122	Conformación y compactación de la subrasante	m2	26.10	1.57	40.98
Ccin	123	Conformación cunetas aguas lluvias, vía ingreso	m2	10.20	0.54	5.51
					SUBTOTAL	1,163.09
	C	COMPONENTE AMBIENTAL				
Mamb1	124	Mitigación Ambiental - Tratamiento 1	glb	1.00	4124.13	4,124.13
					SUBTOTAL	4,124.13
					TOTAL	360,115.08

Realizado por: Arq. Darwin Fernández

**SISTEMA DE TRATAMIENTO DESCARGA 1 - REDISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA
PARROQUIA CUNCHIBAMBA, CANTÓN AMBATO**

ACCESORIOS : LISTA 1 (SEDIMENTADORES Y FILTROS)

ITEM	DESCRIPCIÓN DEL RUBRO	UNID	DIÁMETRO	Long.	CANTIDAD	P. UNIT USD	P. TOTAL USD
a	TEE PVC E/C	u	200mm		2	85.60	171.19
b	REDUCTOR PVC	u	200-160mm		2	33.64	67.28
c	UNION PVC	u	160mm		2	6.52	13.04
d	ADAPTADOR ROSCABLE PARA LIMPIEZA	u	160mm		2	18.40	36.81
e	TUB. CORTO PVC E/C	m	200mm	0.30	2	24.41	11.04
f	TEE PVC E/C INEN 1374	u	110 mm		4	7.90	31.61
g	TUB. CORTO PVC E/C	m	110 mm	0.45	2	7.90	7.11
h	ADAPTADOR ROSCABLE PARA LIMPIEZA	u	110mm		2	18.40	36.81
i	TUB PVC E/C INEN 1374	u	110mm	0.80	2	7.90	29.45
j	TUB PVC E/C INEN 1374	u	110mm	0.55	2	7.90	8.69
k	TUB PVC E/C INEN 1374	u	110mm	2.00	2	7.90	31.61
l	CODO PVC 90° C/C INEN 1374	u	110mm		2	7.24	14.47
m	TUB. PVC E/C (TRAMO PERFORADO@0.20m)	m	110mm	0.80	2	3.74	11.58
n	TUB. PVC E/C (TRAMO PERFORADO@0.20m)	m	110mm	0.65	18	3.74	43.75
ñ	TUB. PVC E/C (TRAMO PERFORADO@0.20m)	m	110mm	0.70	2	3.74	5.23
o	CRUZ REDUCTORA PVC INEN 1374	u	110*50mm		20	53.95	1079.08
p	TAPON HEMBRA INEN 1374	u	50mm		40	7.24	289.43
r	TUB. PVC E/C (TRAMO PERFORADO@0.20m)	m	50mm	1.36	40	3.03	393.63
s	TUB. PVC-P 1.25MPA (PERFORADO@0.20m)	m	200mm	3.20	6	20.70	58.18
t	TUB. CORTO PVC E/C	m	75mm	0.75	2	2.75	31.05
u	CODO PVC C/C	m	75mm		4	2.79	11.18
v	TUB. CORTO PVC E/C	m	75mm	0.40	2	2.75	2.24
w	TUB. CORTO PVC E/C	m	75mm	3.00	2	2.75	16.50
x	ADAPTADOR ROSCABLE PARA LIMPIEZA	m	75mm		2	5.83	11.66
y	TUB. CORTO PVC P ROSCABLE(ASTDM-1785-89)	m	2"	0.30	4	6.72	7.00
z	CODO PVC-P ROSCABLE 90°(ASTDM1785-89)	u	2"		8	4.18	33.44
z1	TUB. CORTO PVC P ROSCABLE(ASTDM-1785-89)	m	2"	0.15	4	6.72	2.51
						SUBTOTAL	2,455.54

ACCESORIOS: LISTA 1.1.1 LECHOS DE SECADO (2U)

ITEM	DESCRIPCIÓN DEL RUBRO	UNID	DIÁMETRO	Long.	CANTIDAD	P. UNIT USD	P. TOTAL USD
	CODO PVC-D 90°	u	110mm		4	6.58	26.32
	TEE PVC	u	110mm		2	8.70	17.40
	REJILLA DE PISO 4"	u	110mm		4	7.13	28.52
						SUBTOTAL	72.24

Realizado por: Arq. Darwin Fernández

**SISTEMA DE TRATAMIENTO DESCARGA 1 - REDISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA PARROQUIA
CUNCHIBAMBA, CANTÓN AMBATO**

COSTOS AMBIENTALES

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN DEL RUBRO	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO USD	COSTO TOTAL USD
1	Letrero de prevención, sobre aviso de zanjas abiertas, 1.2 x 2.4 m	u	5.00	210.00	1,050.00
2	Caballetes de madera	u	20.00	18.67	373.33
3	Cobertores (Plásticos y lonas)	Glob	1.00	250.00	250.00
4	Cinta plástica fosforecente (incluye postes móviles @5m)	m	1,000.00	0.35	350.00
5	Botiquín para primeros auxilios para frentes de trabajo	U	4.00	80.00	320.00
6	Programa de incentivo a estudiantes	u	6.00	100.00	600.00
7	Preparación y realización de eventos de capacitación, dirigido a los líderes de las organizaciones de los barrios	u	6.00	100.00	600.00
8	Control de polvo (agua)	m3	20.00	4.04	80.80
9	Supervisión del programa	gbl	1.00	500.00	500.00
TOTAL PRESUPUESTO DE COSTOS AMBIENTALES					4,124.13

Realizado por: Arq. Darwin Fernández

Tabla 24-3: Cronograma

CRONOGRAMA VALORADO DE TRABAJOS										
DESCRIPCIÓN	PERIODOS									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
REPLANTEO,NIVELACIÓN-EST.S	■									
EXCAVACIÓN		■								
HORMIGON			■	■	■	■				
ENLUCIDOS-PINTURA							■		■	■
ACCESORIOS-TUBERIAS								■	■	■
GRANULOMETRIA									■	■
TOTAL PARCIAL										■
TOTAL ACUMULADO										■

Realizado por: Arq. Darwin Fernández

CONCLUSIONES

La planta de tratamiento existente fue diseñada para tratar un caudal no mayor a 1,09 L/s, para que funcione adecuadamente y pueda cumplir con su fin.

Los valores de caudal obtenidos por mediciones en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la Parroquia Cunchibamba son: máximo 6,67 L/s, mínimo de 4,13 L/s, medio de 4,93 L/s, y de 9,25 L/s para el rediseño.

La caracterización físico-químico y microbiológica realizada en la entrada y en la salida del sistema de depuración dieron valores en la concentración de parámetros clave como: Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅) 200 mg/L, Demanda Química de Oxígeno (DQO) 390 mg/L del afluente y Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅) 195 mg/L, Demanda Química de Oxígeno (DQO) 350 mg/L del efluente; según la normativa ambiental vigente (TULSMA) no cumplen con los límites para descargas en un cuerpo de agua dulce.

De acuerdo a la evaluación realizada se pudo comprobar que la Planta recibe un excedente de caudal de 5,58 L/s, el desarenador no cumple con su objetivo provocando que los demás componentes se saturen de sólidos. Tales hechos serían la causa de la baja eficiencia en la depuración del agua residual, que para la DBO₅ es de 2,5%, y para la DQO es de 10,25%.

El Rediseño de la planta de tratamiento de la Parroquia de Cunchibamba incluyen medidas como: tratar el caudal idóneo en los componentes actuales; Diseño de un desarenador dimensionado técnicamente que soportará el caudal de diseño; además del diseño de nuevos componentes entre los cuales se incluyen rejillas, tanque Imhoff y filtros de flujo ascendente, que complementarán a la infraestructura disponible.

Luego de realizar la evaluación de impactos ambientales en base a la matriz de Leopold modificada, se determinó un impacto negativo de 39 durante la construcción de los nuevos componentes de la Planta de Tratamiento, en base a la escala de valoración Tabla N°3 corresponde a un impacto de severidad moderada que es puntual en una área no mayor a 1200 m² correspondiente a la zona de ejecución de las obras, que serán subsanadas con medidas que no requieren de mucha complejidad, como mantener las vías de acceso adecuadas para evitar emisión de material participado al transportar el material de construcción, además al ser una zona alejada las medidas en cuanto al ruido serán necesarias solamente en el área de intervención.

RECOMENDACIONES

Se recomienda que se establezcan controles para descargas de industrias, empresas y gasolineras, del sector, debido a que éstas pueden alterar el normal funcionamiento de la Planta de Tratamiento de Aguas Residual de la Parroquia Cunchibamba, que está concebida para tratar agua residual doméstica.

Se debe realizar la extracción y disposición de lodos de manera periódica, para evitar su acumulación en componentes y lechos de secado y asegurar un funcionamiento adecuado, evitando paralizaciones innecesarias del proceso de depuración.

Mejorar las vías de acceso hacia la Planta de Tratamiento, debido a que en época invernal se dificulta el paso para vehículos de mayor tamaño, que en algunos casos son necesarios para el mantenimiento y operación de la misma.

BIBLIOGRAFÍA

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 22nd. Washington D.C-Estados Unidos. s.ed. 2012

ASOCIACIÓN ALEMANA DE SANEAMIENTO. Determinación del grado de eficiencia de plantas de tratamiento de aguas residuales; Agosto; 1988.

<http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/scan2/026935/026935.pdf>

2014-02-15

ASOCIACIÓN INTERAMERICANA DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL - CAPITULO HONDURA. Manual de operación y mantenimiento de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas.

<http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/centroa22/Ponencia38.pdf>

2014-04-15

CONESA, FERNÁNDEZ Vítora. Guía Metodológica para la Evaluación del Impacto Ambiental. 4a. ed, Madrid-España. Mundi Prensa, 2010, p.172.

CRITES, Ron & TCHOBANOGLIOUS, Geoge. Tratamiento de Aguas Residuales en Pequeñas Poblaciones. Bogotá-Colombia, McGraw-Hill, 2001. pp.42-44, 46-48, 52, 54, 58, 67, 70, 80, 84.

ECUADOR; INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICAS Y CENSOS. INEC.

<http://www.inec.gob.ec/>

2014-02-12

ECUADOR., MINISTERIO DEL AMBIENTE. Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente. Libro VI, Anexo 1, Quito-Ecuador, 2003. pp. 29-30

LEOPOLD, LUNA Bergere. A procedure for Evaluating Environmental Impact. Washington D.C.-USA. Dept. of Interior, 1971.

LIN, SHUN Dar. Water and Wastewater Calculation Manual. 2a ed. Michigan-USA. McGraw-Hill, 2007. pp. 533-535,537,539.

METCALF & EDDY. Ingeniería de Aguas Residuales: Tratamiento, Vertido y Reutilización. 3a. ed. Madrid-España, McGraw-Hill, 1995. pp. 95, 283, 291, 297-298.

COLOMBIA., MINISTERIO DE DESARROLLO ECONÓMICO, DIRECCIÓN DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO. Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico, RAS 2000. Sistemas de recolección y evacuación de aguas residuales domésticas y pluviales. Bogotá-Colombia, 2000. pp. 30,50.

ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD. Guía para el diseño de Desarenadores y Sedimentadores. 2005

<http://www.bvsde.ops-oms.org/tecapro/documentos/agua/158esp-diseno-desare.pdf>

2014-03-11

ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD. Guía para el diseño de Tanques Sépticos, Tanques Imhoff y Lagunas de Estabilización. 2005.

http://www.bvsde.opsoms.org/bvsacg/guialcalde/2sas/d24/053_Dise%C3%B1o_tanques_s%C3%A9pticos_Imhoff_lag/Dise%C3%B1o_tanques_s%C3%A9pticos_Imhoff_lagunas_estabilizaci%C3%B3n.pdf

2014-03-14

ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD. Guía para la Operación y Mantenimiento de Tanques Sépticos, Tanques Imhoff y Lagunas de Estabilización. 2005

<http://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0CCsQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.bvsde.opsoms.org%2Ftecapro%2Fdocumentos%2Fsa%2Fsa%2F168espo%26mti.pdf&ei=EWV0U4v8JNGCqgazy4C4BQ&usg=AFQjCNFLmPRaJ0DIZOPNTm0OjGY1OqOJRg&sig>

3014-03-17

ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD. Guía para la Operación y Mantenimiento de Tanques Sépticos, Tanques Imhoff y Lagunas de Estabilización. 2005

<http://www.bvsde.ops-oms.org/tecapro/documentos/agua/144esp-O&M-desare.pdf>

2014-03-23

WETER ENVIROMENT FEDERATION. Turbidity

<http://www.wef.org/Publications/>

2014-02-09

GLOSARIO

OPS	Organización Mundial de la Salud
INEC	Instituto Nacional de Estadísticas y Censos
EP-EMAPA-A	Empresa Pública-Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado-Ambato
TULSMA	Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente
SST	Sólidos Suspendidos Totales
SSV	Sólidos Suspendidos Volátiles
ST	Sólidos Totales
SST	Sólidos Suspendidos Totales
STD	Sólidos Totales Disueltos
UNT	Unidad Nefelométrica de Turbidez
pH	Potencial Hidrógeno
P	Fósforo
H ₂ S	Sulfuro de Hidrogeno
ARN	Ácido ribonucleico
ADN	Desoxirribonucleico
RAS	Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico
F	Factor de mayoración
EPA	Environmental Protection Agency
CEPIS	Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria
PVC	Policloruro de vinilo
°C	Grados Celsius (°C)
APHA	American Public Health Asociation
AWWA	American Water Word Asociation
%E	Porcentaje de Eficiencia
PTAR	Planta de tratamiento de aguas residuales
D	Dotación de agua (L/hab*dìa)
DBO5	Demanda Bioquímica de Oxígeno en cinco días (ppm)
DQO	Demanda Química de Oxígeno (ppm)
FAFA	Filtro anaerobio de flujo ascendente
CNRH	Consejo Nacional de Recursos Hídricos
M	Coefficiente de Manning
L	Longitud (m)
LAB – CESTTA	Laboratorio de Análisis Ambiental e Inspección, del Centro de Servicios Técnicos y Transferencia Tecnológica Ambiental
m	Metros
m/s	Metros por segundo
L/s	Litros por segundo

ANEXOS

Anexo A: Manual de operación y mantenimiento

Para evitar el deterioro y mal funcionamiento de una planta de tratamiento de aguas residuales es necesario una operación correcta y un mantenimiento adecuado de manera permanente y responsable, previniendo de esta manera la interrupción de servicio y la contaminación ambiental.

Operación y mantenimiento en el Desarenador

Para una buena operación y mantenimiento de este componente se debe llevar una vigilancia de los caudales que ingresan hacia la planta de tratamiento teniendo en cuenta que debe ser un caudal apropiado de operación, periódicamente se debe drenar el desarenador con el fin de evacuar los sedimentos que se acumulan, para el facilitar el mantenimiento es recomendable construir el desarenador con doble canal con el fin de no interrumpir el proceso de tratamiento y facilitar su limpieza, cada año se deben revisar las placas metálicas que trabajan como compuertas tomando en cuenta que se pueden oxidar y deformar, de esta manera se mantendrá la unidad funcional.

Operación y mantenimiento de rejillas

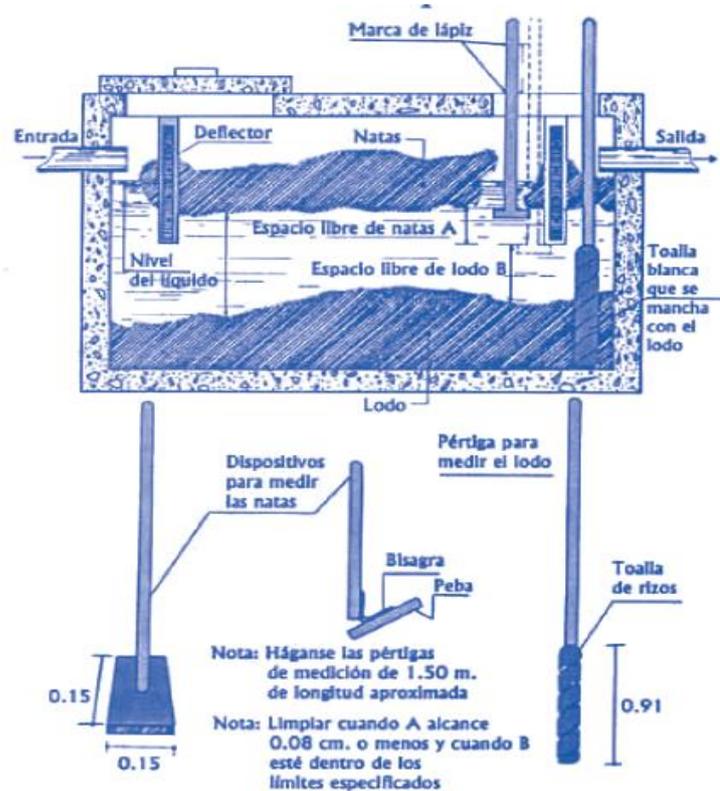
La operación y mantenimiento de rejillas se debe realizar como mínimo cada semana o dependiendo de las características del agua ya que puede variar la cantidad de desechos presentes, en este componente deben constar de una zona apropiada que generalmente son placas perforadas en las que se depositan distintos materiales que se acumulan en ella que facilitan el escurrimiento del agua, de ser limpiadas con un rastrillo metálico elaborado especialmente para evitar la obstrucción del flujo de agua, disponer de los materiales ya escurridos de manera adecuada y mantenerla limpia, cada año es recomendable revisar el estado de las rejillas para ver si se encuentra corrosión de ser el caso se debe reparar, limpiar y pintar.

Operación y mantenimiento de una fosa séptica

Se debe inspeccionar periódicamente cada tres meses, es necesario tomar algunas precauciones al quitar las tapas como dejar ventilado por lo menos por 30 minutos para que los gases que se acumulan en el tanque séptico, teniendo en cuenta que estos gases son inflamables no se debe encender fósforos o cigarrillos. La distancia que tiene el fondo de la nata con el extremo inferior del tubo de salida que

no debe ser menor a 10 cm para lo cual se utiliza un bastón o pértiga al cual se le ha fijado una aleta con una bisagra de tal manera que se fuerce el bastón a través de la capa de nata para que la aleta se mueva a la posición horizontal, si la acumulación de nata es mayor a la admisible se debe utilizar un cernidor de malla milimétrica fina de plástico, se debe dar la debida disposición a estas natas hacia el lugar apropiadamente designado. Se debe determinar la cantidad los lodos acumulados para lo cual se debe utilizar un bastón envuelto en su parte inferior por una tela blanca o guaype, se introduce el bastón en el tanque séptico y después de varios minutos se iza con precaución, se pueden distinguir la línea de lodos debido a que las partículas quedan adheridas a los tejidos, se debe tomar en cuenta cuando se haya reducido entre un 40% y 50% la altura útil entre el extremo inferior del tubo de salida y la base de la cámara.

Equipo para el mantenimiento de cámaras sépticas



FUENTE: Manual de operación y Mantenimiento de Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales en Poblaciones Rurales (Ministerio del Agua, La Paz-Bolivia 2007)

Por lo general para la remoción de lodos se puede emplear: un balde provisto de un mango largo, bomba manual de succión de lodos o alguna bomba que esté disponible en el mercado. Es recomendable realizar esta tarea en un día soleado y en época de verano en donde la cantidad de agua será menor, no se debe retirar el lodo en su totalidad debido a que se puede inactivar el proceso de tratamiento, no se debe lavar ni desinfectar la cámara luego de extraer los lodos porque se puede

provocar la muerte de los microorganismos encargados de la depuración del agua residual, los lodos se deben verter en los lechos de secado, al término de estas tareas se deben dejar todos los componentes de la plata limpios, dejar las tapas de inspección del tanque séptico bien asegurada, verificar que los componentes de la infraestructura estén en buen estado y de ser el caso reemplazarlos o repararlos y finalmente hacer una disposición final de los lodos generados hacia un relleno sanitario o lugar apropiadamente designado.

Operación y mantenimiento del Tanque Imhoff

Éste sistema de tratamiento no requiere de personal muy calificado, para su operación se debe considerar: remoción constante de las espumas, inversión del flujo de la entrada para distribuir uniformemente los sólidos sedimentables en los extremos del digestor y drenar periódicamente los lodos digeridos.

Es importante mencionar que no se debe drenar todo el lodo, es aconsejable drenar no más del 15% del volumen total y lentamente para prevenir la alteración en la capa de lodo fresco. Las cámaras de ventilación deben estar libres de natas o sólidos flotantes. En la zona de sedimentación debe estar libre de sólidos flotantes, espumas, grasas y material q contiene el agua residual, para lo cual se utiliza un desnatador, ésta herramienta consiste en una paleta de 0,4*0,45 m construida con malla de $\frac{1}{4}$ de abertura y acoplada a un listón de madera.(OPS)

Operación y mantenimiento de filtros biológicos

Para un correcto funcionamiento de los filtros de biológicos sean estos ascendentes o descendentes, el fondo falso este bien construido y que la calidad de grava o piedra usada sea la apropiada, la cual debe ser de piedra cuarzítica y no pizarrosa o de material que se disgregue con facilidad, también debe estar limpio de materiales finos como arcilla o limo que pueden interrumpir el paso del agua debido a que el relleno de grava se puede taponar, se debe limpiar quincenalmente los canales de recolección del agua al igual que las cámaras de salida para evitar problemas en el proceso de tratamiento o focos de infección que se pueden provocar.

Operación de lechos para el secado de lodos

Los lodos se deben verter hacia los lechos de secado en verano o en la temporada seca, se deben extender en el lecho de secado manteniendo una profundidad de 20 cm como máximo, nunca se debe poner más lodo en el lecho de secado sin antes haber retirado totalmente el lodo anteriormente puesto a secar, luego de retirar el lodo seco se debe limpiar el lecho de secado.

Seguridad y Salud en la planta de tratamiento

Es muy importante la seguridad del personal cuando se va realizar la operación o el mantenimiento en una planta de tratamiento de aguas residuales, por lo cual el operador debe tener conocimiento de una serie de técnicas que va a prevenir accidentes en su labor, a más de tener bien claro el equipo de protección adecuado que debe utilizar en las tareas dentro de la planta. Además del respectivo uso del equipo de protección el operario debe tener muy en cuenta el estado en que se encuentra el mismo, de encontrarse en mal estado es responsabilidad del operador informar a su supervisor para que sea reemplazado.

Equipo de Protección Personal

1. Gorra
2. Mascarilla
3. Guantes
4. Uniforme completo
5. Botas de hule



Fuente: Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental-Honduras

Medidas de Higiene Personal



Fuente: Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental-Honduras

Anexo B: Matriz de identificación de impactos ambientales

MEDIOS FASE DE CONSTRUCCIÓN		Componentes físicos						Componentes bióticos			Componente socio-económico					
		Aire			Agua		Suelo		Flora	Fauna		Consumo de energía	Seguridad Salud laboral	Empleo	Paisaje	
		Emisiones de gases y olores	Material particulado	Nivel de ruido y vibraciones	Uso del Agua	Calidad del Agua	Uso del suelo	Calidd del suelo	Vegetación	Microfauna	aves					Invertebrados
Fase de construcción	Desbroce y limpieza del área		X	X			X	X	X		X		X	X	X	X
	Excavación con maquinaria	X	X	X			X	X		X		X	X	X	X	
	Nivelación del terreno	X		X									X	X	X	
	Transporte del material para construcción	X		X									X	X	X	
	Edificación	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Generación desechos de construcción		X			X	X		X					X		X
	Transporte de desechos de construcción	X	X	X			X		X			X	X	X	X	X
	Mejoramiento de vías de acceso	X	X	X	X		X		X		X		X	X	X	X

Anexo C: Matriz de evolución de impactos ambientales

<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> Factore Ambientales Acciones </div>		Componentes físicos						Componentes bióticos				Componente socio-económico				Acciones Positivas	Acciones Negativas	Evaluación de Impactos	
		Aire			Agua		Suelo		Flora	Fauna			Consumo de energía	Seguridad Salud laboral	Empleo				Paisaje
		Emisiones de gases y olores	Material particulado	Nivel de ruido y vibraciones	Uso del Agua	Calidad del agua	Uso del suelo	Callidd del suelo	Vegetación	Microfauna	Aves	Invertebrados							
Fase de construcción	Desbroce y limpieza del área		-5 3	-4 1			-4 3	-3 2	-3 3		-5 1		-3 1	-3 1	9 5	-3 3	0	6	-18
	Excavación con maquinaria	-4 3	-4 1	-3 1			-6 3	-3 3		-6 3		-6 3	-4 1	-3 1	5 5		1	11	-48
	Nivelación del terreno	-2 1		-2 1									-3 1	-3 1	8 5		2	6	33
	Transporte del material para construcción	-6 1		-3 1									-6 1	-2 1	7 5		1	5	24
	Edificación	-2 1	-5 1	-5 1	-6 4	-3 4	-8 3	-4 3	-4 3	-4 3	-4 3	-4 3	-6 1	-4 1	10 5	-4 3	1	9	-90
	Generación desechos de construcción		-3 1			-2 1	-2 1		-1 1					-1 1		-1 1	0	8	-10
	Transporte de desechos de construcción	-6 1	-1 1	-1 1					5 3			5 3	-2 1	5 3	7 5	8 5	5 4	3	102
	Mejoramiento de vias de acceso	-6 4	-6 4	-5 4	-6 4		7 6		-5 6		-4 5		-6 6	-3 4	10 5	5 5	6 3	7	-32
	Acciones Positivas		0	0	0	0	0	0	0	0	2	3		0	1	6			
Acciones Negativas		6	2	8	2	1	4	3	6	3	5	3	6	6	0				
Evaluación De Impactos		-52	-52	-38	-48	-14	-14	-27	-37	-30	-37	-5	-13	280	48	-39			

Anexo D: Fotografías del estado de la planta de tratamientos



Rejillas



Desarenador



Fosa séptica



Canal



Filtros FAFA



Filtro de grava



Eras de secado de lodos

Anexo E: Fotografías: toma de muestras y medición de caudales



Toma de muestra a la entrada



Toma de Muestra frascos microbiológicos



Toma de muestra a la salida



Medición de caudal

Anexo F: Análisis de laboratorio

 LABCESTTA Tecnología & Soluciones SGC	LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E INSPECCIÓN Panamericana Sur Km. 1 ½ Telefax: (03) 2998232 ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS RIOBAMBA - ECUADOR	LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL OAE ACREDITACIÓN N° OAE LE 2C 06-008
---	--	--

INFORME DE ENSAYO No:	122
ST:	13 - 051 ANÁLISIS DE AGUAS
Nombre Peticionario:	NA
Atn.	Ing. Santiago Solís
Dirección:	Victor Hugo y Ernesto Albán
FECHA:	07 de Febrero del 2013
NUMERO DE MUESTRAS:	1
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB:	2013 / 01 / 30 - 16:00
FECHA DE MUESTREO:	2013 / 01 / 30 09:45
FECHA DE ANÁLISIS:	2013 / 01 / 30 - 2013 / 02 / 07
TIPO DE MUESTRA:	Agua residual
CÓDIGO LABCESTTA:	LAB-A 127-13
CÓDIGO DE LA EMPRESA:	PTAR C-A Entrada
PUNTO DE MUESTREO:	Entrada de la Planta de Tratamiento Cunchibamba
ANÁLISIS SOLICITADO:	Químico, Microbiológico
PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA:	Ing. Santiago Solís
CONDICIONES AMBIENTALES DE ANÁLISIS:	T máx.: 25.0 °C. T mín.: 15.0 °C

RESULTADOS ANALÍTICOS:

PARÁMETROS	MÉTODO /NORMA	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LÍMITE PERMISIBLE	INCERTIDUMBRE (k=2)
*Alcalinidad	PEE/LABCESTTA/41 APHA 2320	mg/L	640	-	-
Coliformes Fecales	PEE/LABCESTTA/48 APHA. 9222 D y 9221	UFC/100ml	>1*10 ⁸	-	±20%
*Coliformes Totales	PEE/LABCESTTA/47 APHA 9222 B	UFC/100ml	>1*10 ⁸	-	±20%
Demanda Química de Oxígeno	PEE/LABCESTTA/09 APHA 5220 D	mg/L	390	-	±3%
Demanda Biológica de Oxígeno (5 días)	PEE/LABCESTTA/46 APHA 5210 B	mg/L	200	-	±20%
Tensoactivos	PEE/LABCESTTA/44 APHA 5540 C	mg/L	7,00	-	±15%
*Grasas y Aceites	PEE/LABCESTTA/42 APHA 5520 B	mg/L	5,2	-	±14%
Potencial de Hidrógeno	PEE/LABCESTTA/05 APHA 4500- H ⁺	Unidades de pH	8,13	-	±0,15
*Sólidos Sedimentables	PEE/LABCESTTA/56 APHA 2540 F	ml/L	1,8	-	-
Sólidos Suspendidos	PEE/LABCESTTA/13 APHA 2540 D	mg/L	65	-	±20%
Sólidos Totales	PEE/LABCESTTA/10 APHA 2540 B	mg/L	1024	-	±6%
Sólidos Totales Disueltos	PEE/LABCESTTA/11 APHA 2540 C	mg/L	782	-	±11%
*Turbidez	PEE/LABCESTTA/43 EPA 180.1	NTU	24,9	-	-
*Cromo Hexavalente	PEE/LABCESTTA/32 Ed.22-2012	mg/L	0,031	-	-
*Nitritos	PEE/LABCESTTA/17 APHA 4500-NO ₂ -B	mg/L	0,06	-	-
*Nitratos	PEE/LABCESTTA/16 APHA 4500-NO ₃ -A	mg/L	5,55	-	±15%

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.
 Los resultados arriba indicados sólo están relacionados con los objetos ensayados
MC01-14

Página 1 de 2
Edición 1

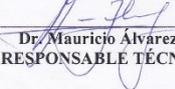
 <p>LABCESTTA Tecnología & Soluciones</p> <p>SGC</p>	<p align="center">LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E INSPECCIÓN</p> <p align="center">Panamericana Sur Km. 1 ½ Telefax: (03) 2998232 ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS RIOBAMBA - ECUADOR</p>	<p align="center">LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL OAE</p> <p align="center">ACREDITACIÓN Nº OAE LE 2C 06-008</p>
--	---	--

Amonio	PEE/LABCESTTA/20 EPA Water Waste Nº350,2	mg/L	83	-	±7%
*Mercurio	PEE/LABCESTTA/34 APHA 3500C, 3114C	mg/L	< 0,001	0,005	-

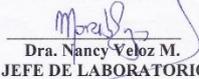
OBSERVACIONES:

- Muestra receptada en laboratorio.
- ⁸Aquellos regulados con descargas de Coliformes fecales menores o iguales a 3 000, quedan exentos de tratamiento.
- Resultados comparados con límites permisibles tabla 12 del TULAS.

RESPONSABLES DEL INFORME:


Dr. Mauricio Álvarez
RESPONSABLE TÉCNICO

LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL
E INSPECCIÓN
LAB - CESTTA
ESPOCH


Dra. Nancy Veloz M.
JEFE DE LABORATORIO



**LABORATORIO DE
ANÁLISIS AMBIENTAL E
INSPECCIÓN**

Panamericana Sur Km. 1 ½
Telefax: (03) 2998232
ESPOCH
FACULTAD DE CIENCIAS
RIOBAMBA - ECUADOR

**LABORATORIO DE
ENSAYO ACREDITADO
POR EL OAE**

**ACREDITACIÓN
Nº OAE LE 2C 06-008**

INFORME DE ENSAYO No:	122
ST:	13 - 051 ANÁLISIS DE AGUAS
Nombre Peticionario:	NA
Atn.	Ing. Santiago Solis
Dirección:	Victor Hugo y Ernesto Albán
FECHA:	07 de Febrero del 2013
NUMERO DE MUESTRAS:	1
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB:	2013 / 01 / 30 - 16:00
FECHA DE MUESTREO:	2013 / 01 / 30 09:55
FECHA DE ANÁLISIS:	2013 / 01 / 30 - 2013 / 02 / 07
TIPO DE MUESTRA:	Agua residual
CÓDIGO LABCESTTA:	LAB-A 128-13
CÓDIGO DE LA EMPRESA:	PTAR C-A Salida
PUNTO DE MUESTREO:	Salida de la Planta de Tratamiento Cunchibamba
ANÁLISIS SOLICITADO:	Químico, Microbiológico
PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA:	Ing. Santiago Solis
CONDICIONES AMBIENTALES DE ANÁLISIS:	T máx.: 25.0 °C. T mín.: 15.0 °C

RESULTADOS ANALÍTICOS:

PARÁMETROS	MÉTODO /NORMA	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LÍMITE PERMISIBLE	INCERTIDUMBRE (k=2)
*Alcalinidad	PEE/LABCESTTA/41 APHA 2320	mg/L	580	-	-
Coliformes Fecales	PEE/LABCESTTA/48 APHA, 9222 D y 9221	UFC/100ml	>1*10 ⁸	* Remoción > al 99,9%	±20%
*Coliformes Totales	PEE/LABCESTTA/47 APHA 9222 B	UFC/100ml	>1*10 ⁸	-	±20%
Demanda Química de Oxígeno	PEE/LABCESTTA/09 APHA 5220 D	mg/L	350	250	±3%
Demanda Biológica de Oxígeno (5 días)	PEE/LABCESTTA/46 APHA 5210 B	mg/L	195	100	±20%
Tensoactivos	PEE/LABCESTTA/44 APHA 5540 C	mg/L	5,13	0,5	±15%
*Grasas y Aceites	PEE/LABCESTTA/42 APHA 5520 B	mg/L	5,0	0,3	±14%
Potencial de Hidrógeno	PEE/LABCESTTA/05 APHA 4500- H ⁺	Unidades de pH	7,65	5 - 9	±0,15
*Sólidos Sedimentables	PEE/LABCESTTA/56 APHA 2540 F	ml/L	0,1	-	-
Sólidos Suspendidos	PEE/LABCESTTA/13 APHA 2540 D	mg/L	< 50	100	±20%
Sólidos Totales	PEE/LABCESTTA/10 APHA 2540 B	mg/L	812	1 600	±6%
Sólidos Totales Disueltos	PEE/LABCESTTA/11 APHA 2540 C	mg/L	669	-	±11%
*Turbidez	PEE/LABCESTTA/43 EPA 180.1	NTU	23,9	-	-
*Cromo Hexavalente	PEE/LABCESTTA/32 Ed.22-2012	mg/L	0,030	0,5	-
*Nitritos	PEE/LABCESTTA/17 APHA 4500-NO ₂ -B	mg/L	0,08	10,0	-
*Nitratos	PEE/LABCESTTA/16 APHA 4500-NO ₃ -A	mg/L	4,72	10,0	±17%

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.
Los resultados arriba indicados sólo están relacionados con los objetos ensayados
MC01-14

Página 1 de 2
Edición 1

 <p>LABCESTTA Tecnología & Soluciones SGC</p>	<p align="center">LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E INSPECCIÓN</p> <p align="center">Panamericana Sur Km. 1 ½ Telefax: (03) 2998232 ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS RIOBAMBA - ECUADOR</p>	<p align="center">LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL OAE</p> <p align="center">ACREDITACIÓN Nº OAE LE 2C 06-008</p>
---	---	--

Amonio	PEE/LABCESTTA/20 EPA Water Waste Nº350.2	mg/L	101	-	±7%
*Mercurio	PEE/LABCESTTA/34 APHA 3500C, 3114C	mg/L	< 0,001	-	-

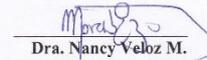
OBSERVACIONES:

- Muestra receptada en laboratorio.

RESPONSABLES DEL INFORME:


Dr. Mauricio Álvarez
RESPONSABLE TÉCNICO

LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL
E INSPECCION
LAB - CESTTA
ESPOCH


Dra. Nancy Veloz M.
JEFE DE LABORATORIO

FORMULARIO LCC - 006 A.R.	EP-EMAPA-A DEPARTAMENTO DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD	INFORME DE RESULTADOS FECHA: 30 DE AGOSTO DEL 2011 Rev. 01 Página 1 de 1
------------------------------	---	---

FECHA : 4 DE ENERO DEL 2012
 PROCEDENCIA : PTAR - CUNCHIBAMBA
 FECHA DE TOMA DE LA MUESTRA : 29 DE DICIEMBRE DEL 2011

Q = 6,94 %

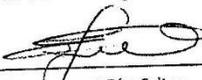
ANALISIS REALIZADOS

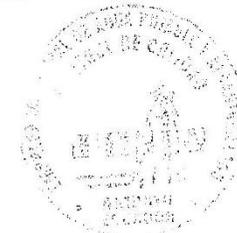
PARAMETROS	Unidades	Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce (TULAS)	RESULTADOS	
			ENTRADA A LA PLANTA	SALIDA DE LA PLANTA
pH (Potencial Hidrógeno)		5 a 9	8,39	7,82
DBO5 (Demanda Bioquímica de Oxígeno-5 días)	mg/l	100	326	134
DQO (Demanda Química de Oxígeno)	mg/l	250	690	258
SOLIDOS SEDIMENTABLES	ml/l	1	8	1,25
SOLIDOS TOTALES	mg/l	1600	720	756
SOLIDOS SUSPENDIDOS	mg/l	100	258	120
SOLIDOS DISUELTOS	mg/l		462	636
TURBIEDAD	mg/l		320	143
TEMPERATURA	° C	< 35	17	17
GRASAS	mg/l	0,3	0,4	0,1
TENSOACTIVOS	mg/l	0,5	0,2225	0,385
ALCALINIDAD			490	485
COLIFORMES TOTALES	NMP/100ml		mas de 110000	110000
COLIFORMES FECALES	NMP/100ml	Máximo 3000	mas de 110000	110000

OBSERVACIONES:

El agua de salida de la planta no cumple con los límites establecidos para aguas de descarga en los parámetros : DBO, DQO, Sólidos Sedimentables Sólidos Suspendedos y Coliformes Totales

RESPONSABLE :


 Dra. Jeannett Díaz Saltos
 ANALISTA QUIMICO DE EPAMAMAA



Iny Paul Acuña

INFORME DE RESULTADOS ANALISIS FISICO QUIMICOS Y MICROBIOLÓGICOS		PÁGINA: 1 DE 1
RG-SAP-01-00		

FECHA : 23 DE AGOSTO DEL 2012
PROCEDENCIA : PTAR - CUNCHIBAMBA
DIA/HORA DE TOMA DE LA MUESTRA : 23 DE AGOSTO DEL 2012
DIA/HORA DE INICIO DEL ANALISIS : 30 DE AGOSTO DEL 2012

Q. - 4.02 l/s

1.- ANALISIS REALIZADOS

PARAMETROS	Unidades	Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce (TULAS)	RESULTADOS	
			Entrada	Salida
ALCALINIDAD	mg/l		—	—
COLIFORMES FECALES	NMP/ml	Máximo 3000	> 100000	36000
DBO5 (Demanda Bioquímica de Oxígeno 5 días)	ml/l	100	412	202
DETERGENTES	mg/l	0,5	—	—
DQO (Demanda Química de Oxígeno)	mg/l	250	996	305
GRASAS	mg/l	0,3	—	—
pH (Potencial Hidrógeno)		de 5 a 9	8,75	8
SOLIDOS SEDIMENTABLES	ml/l	1	4	0,2
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	mg/l	100	164	64
SOLIDOS TOTALES	mg/l	1600	1164	794
SOLIDOS TOTALES DISUELTOS	mg/l		1000	730
TEMPERATURA	°C	< 35	15	14,5
TENSOACTIVOS	mg/l	0,5	—	—
TURBIEDAD	NTU		498	218

2.- MUESTREO : Cliente

3.- ANALISIS : Laboratorio de Control de Calidad

4.- METODOS UTILIZADOS PARA LOS ANÁLISIS:

" METODOS NORMALIZADOS PARA EL ANALISIS DE AGUAS POTABLES Y RESIDUALES American Public Health Association (APHA), American Water Works Association (AWWA), Water Pollution Control Federation (WPCF)



Dra. Jeannett Díaz Saltos
ANALISTA QUIMICO DE EMAPA

Laboratorios de Control de Calidad, EPEMAPA - A , Ar tigua Vía a Santa Rosa - Ambato Telf. 2585991



COPIA



INFORME DE RESULTADOS ANALISIS FISICO QUIMICOS Y MICROBIOLÓGICOS

PÁGINA: 1 DE 1

FECHA : 28 DE DICIEMBRE DEL 2012
 PROCEDENCIA : PTAR - CUNCHIBAMBA
 DIA/HORA DE TOMA DE LA MUESTRA : 20 DE DICIEMBRE DEL 2013
 DIA/HORA DE INICIO DEL ANALISIS : 20 DE DICIEMBRE DEL 2013

Q= 5.046 U_g

1.- ANALISIS REALIZADOS

PARAMETROS	Unidades	Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce (TULAS)	RESULTADOS	
			Entrada	Salida
ALCALINIDAD	mg/l		163	158
COLIFORMES FECALES	NMP/ml	Máximo 3000	8520	5670
DBO5 (Demanda Bioquímica de Oxígeno 5 días)	ml/l	100	300	172
DQO (Demanda Química de Oxígeno)	mg/l	250	1104	341
GRASAS	mg/l	0,3		
pH (Potencial Hidrógeno)		de 5 a 9	8,59	8,3
SOLIDOS SEDIMENTABLES	ml/l	1	0,1	0
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	mg/l	100	134	3
SOLIDOS TOTALES	mg/l	1600	542	389
SOLIDOS TOTALES DISUELTOS	mg/l		408	386
TEMPERATURA	°C	< 35	18,2	18,1
TENSOACTIVOS	mg/l	0,5		
TURBIDIDAD	NTU		248	69,8

- 2.- MUESTREO : Cliente
- 3.- ANALISIS : Laboratorio de Control de Calidad
- 4.- METODOS UTILIZADOS PARA LOS ANÁLISIS:

"METODOS NORMALIZADOS PARA EL ANALISIS DE AGUAS POTABLES Y RESIDUALES" - American Public Health Association (APHA), American Water Works Association (AWWA), Water Pollution Control Federation (WPCF)

Dra. Jeannett Díaz Salto
 ANALISTA QUIMICO DE EMAPA

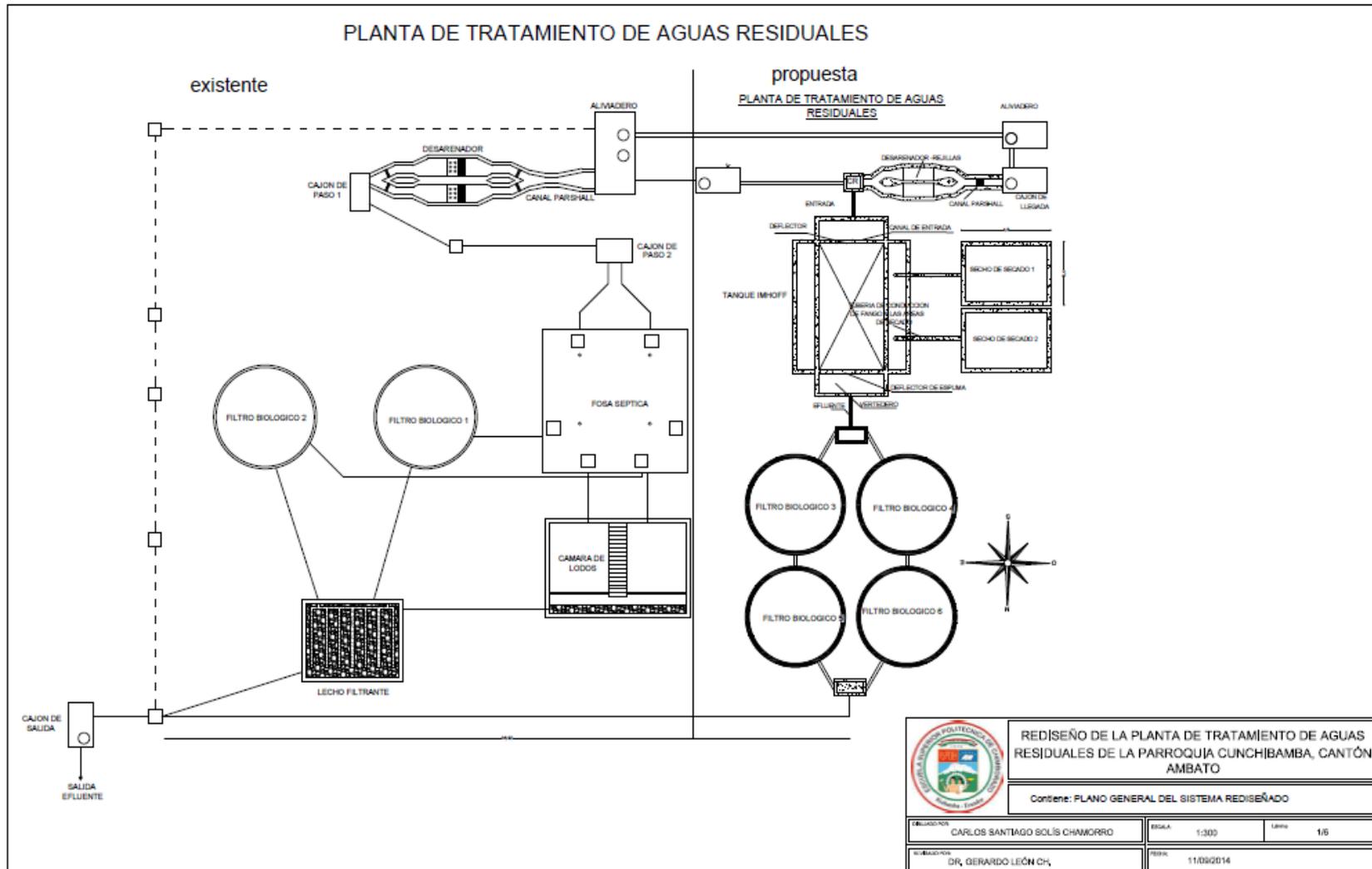


Anexo G: Ubicación de la Planta de Tratamiento de Aguas residuales de la Parroquia Cunchibamba

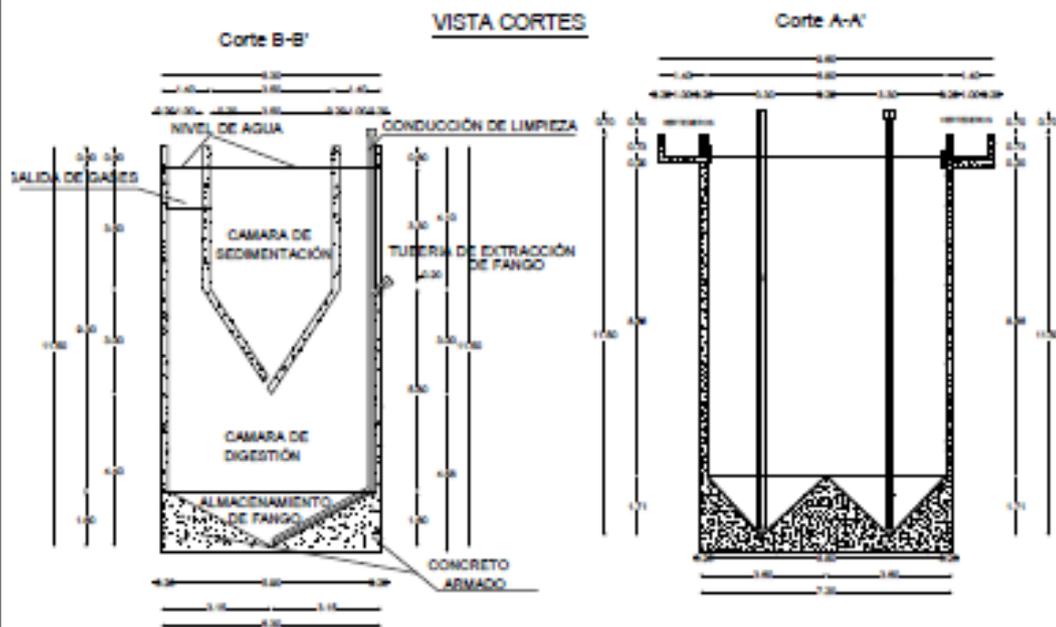
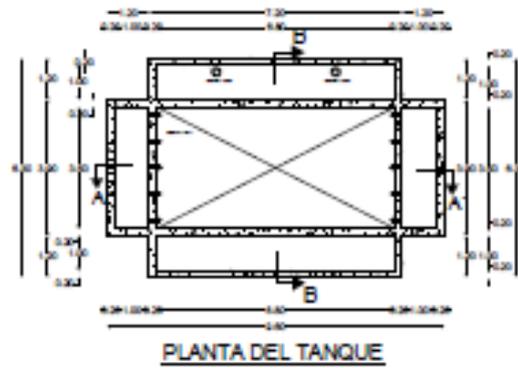


Fuente: Google Earth 2015

Anexo H: Planos



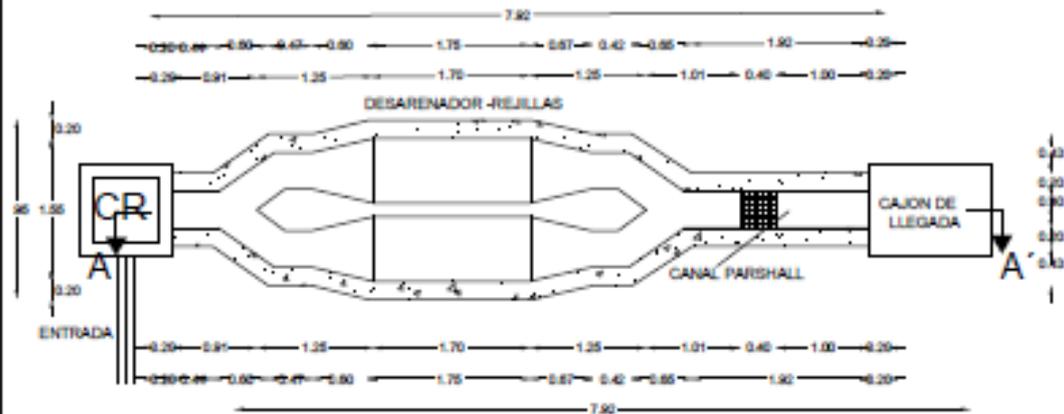
Tanque Imhoff



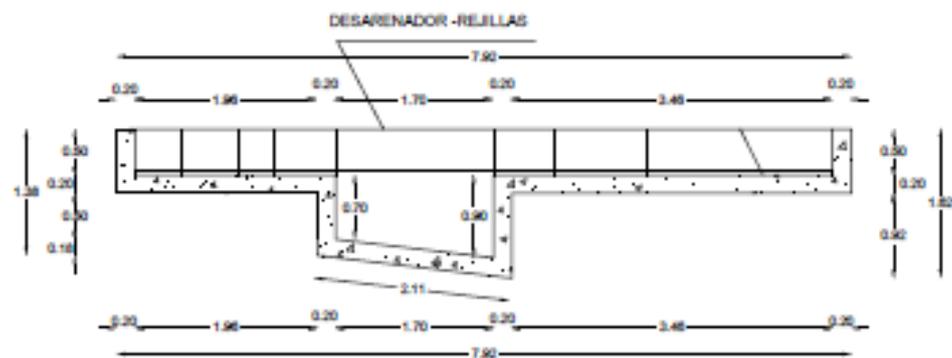
	REDISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA PARROQUIA CUNCHIBAMBA, CANTÓN AMBATO		
	Códigos: DTALLS DE TANQUE Imhoff		
DISEÑADO POR: CARLOS BARTOLO SOLÍS CHAMORRO	ESCALA: 1:200	FECHA: 28	
APROBADO POR: DR. GERARDO LEÓN CH.	TÍTULO: TABLON 4		

Canal de entrada, Rejillas y desarenador

VISTA CORTES



Corte A-A'



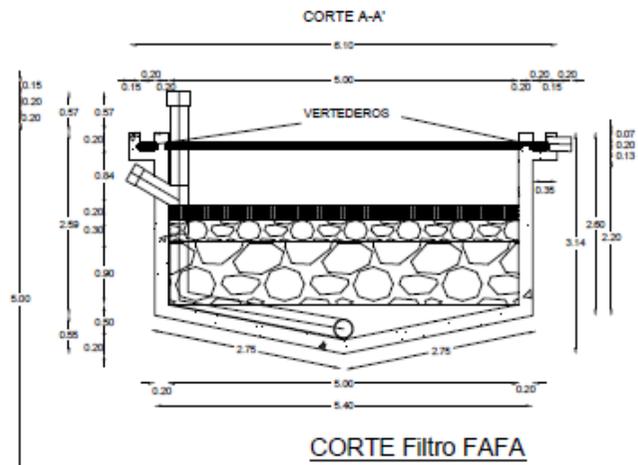
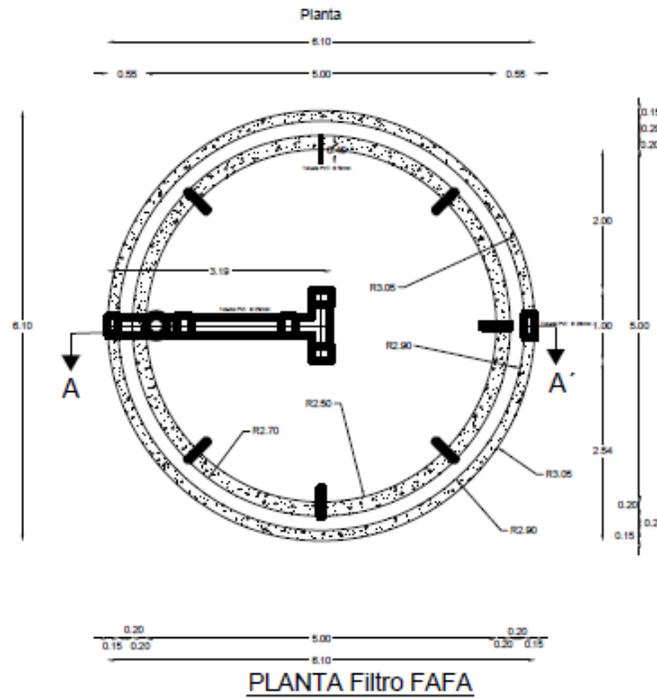
REDISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA PARROQUIA CUNCHISAMBA, CANTÓN AMSATO

CUBIERTA: DETALLE DE CANAL DE ENTRADA, REJILLAS Y DESARENADOR

DISEÑADO POR: CARLOS BARRANTE ECHE CHAMORRO	ESCALA: 1:75	FOLIO: 38
PROYECTADO POR: DR. OBRARDO LEÓN CH.	FECHA: 11/08/2014	

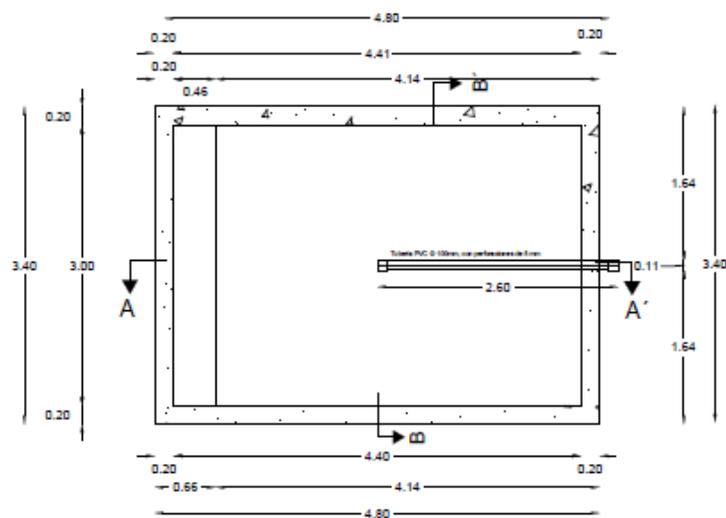
Filtro FAFA

VISTA CORTES

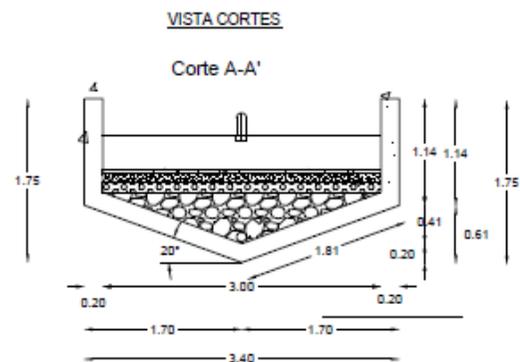


	REDISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA PARROQUIA CUNCHIBAMBA, CANTÓN AMBATO	
	Contiene: DETALLE DE FILTRO ANAEROBIO DE FLUJO ASCENDENTE FAFA	
DISEÑADO POR: CARLOS SANTIAGO SOLÍS CHAMORRO	ESCALA: 1:100	HOJA: 4/8
REVISADO POR: DR. GERARDO LEÓN CH.	FECHA: 11/09/2014	

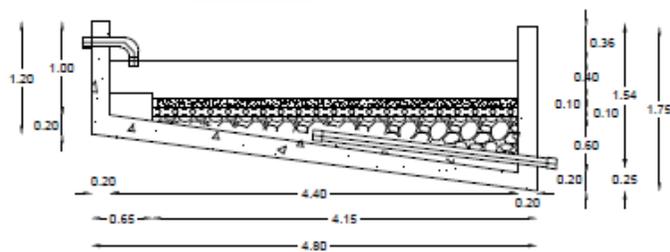
Lechos de Secado de Lodos



PLANTA

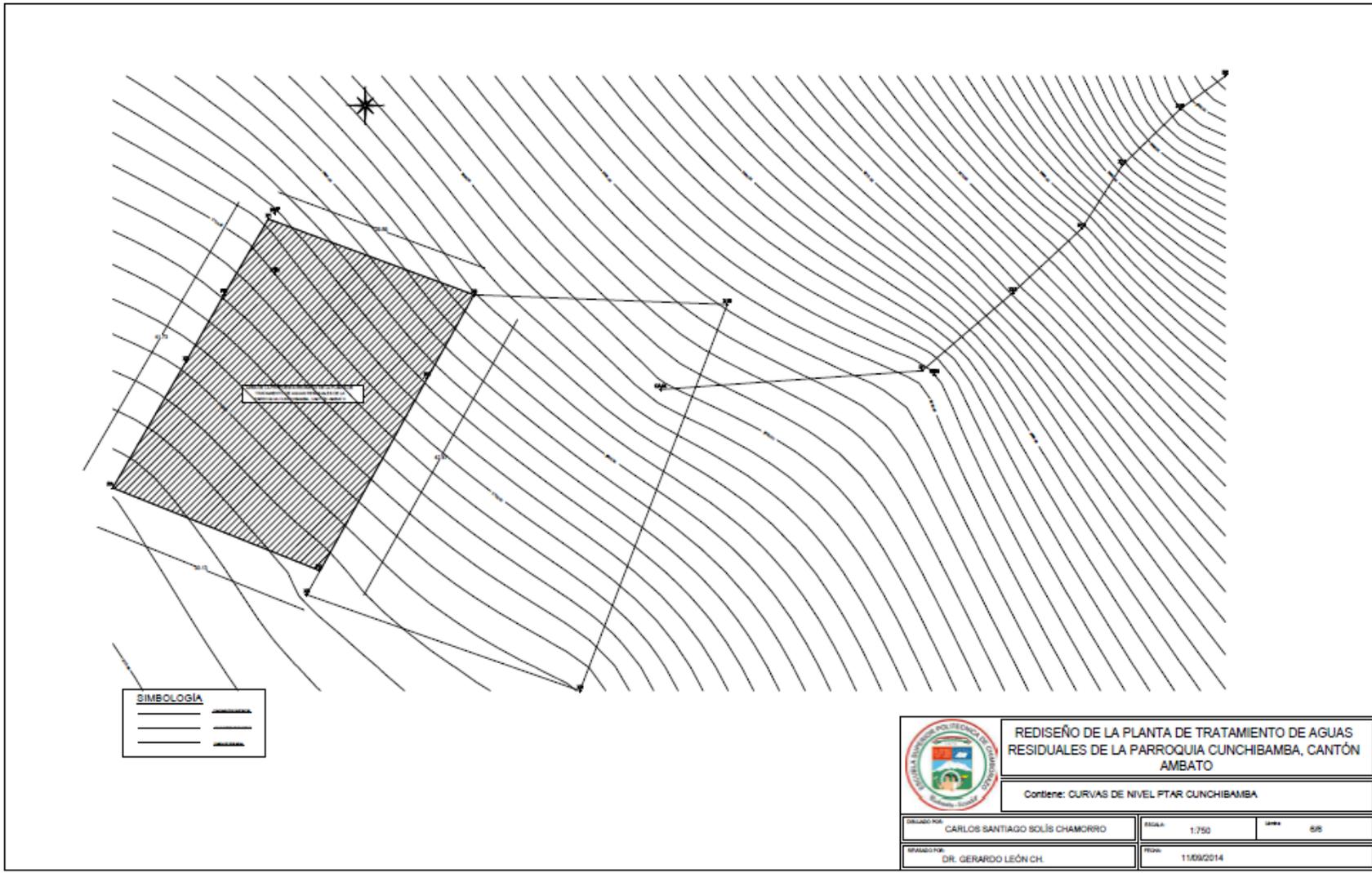


CORTE B - B'



CORTE A - A'

	REDISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA PARROQUIA CUNCHIBAMBA, CANTÓN AMBATO	
	Contiene: DETALLE DE LECHOS DE SECADO DE LODO	
DISEÑADO POR:	ESCALA:	LÍNEA:
DR. GERARDO LEÓN CH.	1:75	5/8
PROYECTADO POR:	FECHA:	
DR. GERARDO LEÓN CH.	11/09/2014	



SIMBOLOGÍA

—	—
—	—
—	—

	REDISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA PARROQUIA CUNCHIBAMBA, CANTÓN AMBATO	
	Contiene: CURVAS DE NIVEL PTAR CUNCHIBAMBA	
DISEÑADO POR: CARLOS SANTIAGO SOLÍS CHAMORRO	ESCALA: 1:750	LÁMINA: 5/5
REVISADO POR: DR. GERARDO LEÓN CH.	FECHA: 11/09/2014	