



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y
RECURSOS NATURALES
CARRERA DE INGENIERÍA DE MEDIO AMBIENTE

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE
AGUAS RESIDUALES DEL SECTOR PATOA DE IZURIETA Y DISEÑO DE
MEDIDAS DE REMEDIACIÓN**

Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título de Ingeniero en
Medio Ambiente

Autor:

Figueroa Robalino Jerson Stalin

Tutor:

Ing. Lara Landázuri Renán Arturo

Latacunga - Ecuador

Julio - 2016

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo, **FIGUEROA ROBALINO JERSON STALIN**, declaro ser autor (a) del presente proyecto de investigación: **EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL SECTOR PATOA DE IZURIETA Y DISEÑO DE MEDIDAS DE REMEDIACIÓN**, siendo el Ing. Renán Lara tutor del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.



Figueroa Robalino Jerson Stalin

050386939-8

AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el título:

“EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL SECTOR PATOA DE IZURIETA Y DISEÑO DE MEDIDAS DE REMEDIACIÓN”, de **FIGUEROA ROBALINO JERSON STALIN**, de la carrera Ing. Medio Ambiente, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Honorable Consejo Académico de la Unidad Académica de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, julio del 2016

El Tutor



Ing. Renán Arturo Lara Landázuri

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la Unidad Académica de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales; por cuanto, **FIGUEROA ROBALINO JERSON STALIN** el título de Proyecto de Investigación: “**EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL SECTOR PATOA DE IZURIETA Y DISEÑO DE MEDIDAS DE REMEDIACIÓN**”, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación de Proyecto.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, Julio, 2016

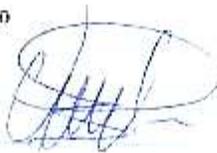
Para constancia firman:



Lector 1 (Presidente)

MSc. Patricio Clavijo

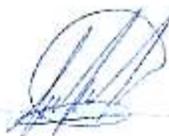
CC: 0304144502



Lector 3

PhD. Vicente Córdova

CC: 1801634922



Lector 2

MSc. Alexandra Tapia

CC:

AGRADECIMIENTO

En primer lugar me gustaría agradecer a Dios por ser mi fortaleza, guía, llenarme de bendiciones y brindarme muchos momentos de aprendizaje, experiencias y felicidad.

Sin duda alguna agradecer a mis queridos padres Cesar Figueroa y Beatriz Robalino, por el valor mostrado para salir adelante y por su amor, quienes a lo largo de mi vida han velado por mi bienestar y educación siendo mi apoyo en todo momento.

.

Mis agradecimientos también al GAD Municipal del Cantón Pujilí, en especial a la dirección de Gestión Ambiental por haberme aceptado que realice mi proyecto de investigación en esta prestigiosa institución.

Agradezco también a esta célebre universidad que abrió sus puertas en su seno científico para formarme como un profesional competitivo y de muchos valores.

Por ultimo pero no menos importante mis más sinceros agradecimientos a todas esas personas que de una u otra manera me han apoyado y motivado en este proceso para conseguir una de mis metas anheladas.

Jerson Stalin Figueroa Robalino

DEDICATORIA

A lo largo del proceso de formación académica ha existido momentos de esfuerzo, sacrificio pero también alegría. Es por ello que me complace dedicar esta tesis a Dios, por darme la inteligencia y sabiduría y permitirme terminar con éxitos.

También dedico con mucho cariño a mi madre Emma Beatriz Robalino Collantes y mi padre Cesar Augusto Figueroa Robalino por su apoyo, consejos, comprensión, amor, ayuda en los momentos difíciles. Me han dado todo lo que soy como persona, mis valores, mis principios, mi carácter, mi perseverancia, mi genialidad para conseguir mis metas.

Por último a mi familia Robalino Collantes, este es un logro lleno de éxitos y sueños por cumplir. Por ello ustedes fueron y serán mi motivo que me llevaron a salir adelante y ser la persona exitosa.

Jerson Stalin Figueroa Robalino

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

TITULO: “EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL SECTOR PATOA DE IZURIETA Y DISEÑO DE MEDIDAS DE REMEDIACIÓN”

Autor: Figueroa Robalino Jerson Stalin

RESUMEN

La presente investigación tuvo como finalidad caracterizar la eficiencia de la planta de tratamiento de aguas residuales Patoa de Izurieta, Cantón Pujilí, de esta manera se diseñó medidas de remediación para mitigar los impactos ambientales. Esta se realizó debido a que en el sector en donde se encuentra la planta de tratamiento descargan las aguas servidas sin un tratamiento adecuado. El objetivo de la planta es mejorar la calidad de vida de los habitantes de las comunidades aledañas y al río Patoa. Para cumplir con este fin se realizó varias actividades entre ellas: la caracterización de las aguas residuales entrantes y salientes, mediante el muestreo de agua de los análisis en base a la normativa NTE INEN 2169:98, con un laboratorio acreditado por el SAE. Posteriormente se realizó la determinación de la eficiencia a nivel global de las unidades de tratamiento. Mediante la fórmula se logró determinar que la planta de tratamiento no tiene una eficiencia adecuada con promedio general de 3%, debido a que los parámetros analizados sobrepasaban los límites permisibles y las unidades de tratamiento no cumplen su función de remediar el agua. Para finalizar la investigación se diseñó las medidas de remediación para disminuir el riesgo ambiental por contaminantes hídricos. Para cumplir con ello se aforo el caudal en la entrada de la planta de tratamiento. Se rediseñó el canal de aducción que ayudará a la conducción del agua residual, además, el rediseño de las rejillas retendrán los sólidos de mayor dimensión y evitara daños en equipos y válvulas, de la misma manera el sedimentador para separar el material en suspensión, Por otra parte, se realizó el diseño de un tanque aireador. Este es un tratamiento secundario. Un filtro lento de arena que ayudará a clarificar el agua y una cámara de cloración, la misma de vital importancia para la desinfección y así descargar directamente al río Patoa. De esta forma si las autoridades implementaran las medidas de remediación propuestas para mitigar los impactos ambientales aumentaría la eficiencia de la planta de tratamiento de Patoa de Izurieta. Se espera que los parámetros químicos: (3.52 mg/l) demanda química de oxígeno, (23 mg/l) demanda bioquímica de oxígeno, (mg/l) nitrógeno total kjeldalh, (2.68 mg/l) nitrógeno amoniacal, los parámetros biológicos fueron (92 NMP/100 ml) coliformes fecales y (105 mg/l) sólidos suspendidos totales, cumplan con el acuerdo ministerial 097, tabla N° 09.

Palabras clave: Eficiencia, Caracterización, Rediseño, Planta de Tratamiento de Aguas Residuales

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

CARRERA DE INGENIERÍA DE MEDIO AMBIENTE

Author: Figueroa Robalino Jerson Stalin

Title of the project

Evaluation of the efficiency of the treatment plant wastewater Patoa Izurieta sector and design of remediation measures.

ABSTRACT

This investigation resulted in characterizing the efficiency of the waste water treatment plant of Patoa de Izurieta in the Pujilí Canton for the purpose of designing measures to remediate impact on the environment. This was examined because, in the area around the treatment plant, the waters are discharged without adequate treatment. The plant's purpose is to improve the quality of life for those inhabitants of the nearby communities and of the Patoa River. In order to accomplish this investigation, several activities were undertaken, including the characterization of waste water entering and leaving the plant, water sampling from the analysis based on regulation NTE INEN 2169:98., by a laboratory accredited by SAE, The what determines efficiency of the units of treatment at the global level was previously determined. Based on the formula, it was possible to determine that the treatment plant does not meet adequate efficiency with a general average of 3%, due to the analyzed parameters exceeding the permissible limits and the treatment units not accomplishing their function of water sanitation. To finish the investigation, remediation measures were designed in order to reduce the environmental risk of hydrological contamination. To accomplish this, the water level was assessed in the treatment plant's entrance. The residual adduction canal was redesigned in order to improve the flow of waste water and, furthermore, the redesigned of the grating will retain solids of greater dimension and avoid damage to equipment and valves, in the same manner that a sedimentation tank separates the material in suspension. What's more, a ventilation tank was also designed. This is a secondary treatment: a slow filter of sand that will help to clear the water and a chlorination chamber, of equally vital importance for disinfecting and discharging directly into the Patoa River. Thus if the authorities implement remediation measures proposed to mitigate environmental impacts would increase the efficiency of the Patoa de Izurieta Water Treatment Plant. The following chemical parameters are expected: (3.52 mg/l) chemical oxygen demand, (23 mg/l) biochemical oxygen demand, (mg/l) total Kjeldahl nitrogen, (2.68 mg/l) ammoniacal nitrogen; the biological parameters were (92 NMP/100ml) fecal coliforms, (105 mg/l) and total suspended solids, in accordance with Ministerial Agreement 097, table N° 09.

Keywords: Efficiency, Characterization, Redesign, Plant Wastewater Treatment

ÍNDICE

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	II
AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	III
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN.....	IV
DEDICATORIA.....	VI
RESUMEN.....	VII
ABSTRACT	VIII
ÍNDICE.....	IX
FORMULARIO DE PRESENTACIÓN DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN	- 1 -
PROYECTO DE TITULACIÓN II.....	- 1 -
1. INFORMACIÓN GENERAL	- 1 -
2. RESUMEN DEL PROYECTO	- 2 -
3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	- 3 -
4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO	- 4 -
5. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN:.....	- 4 -
6. OBJETIVOS:.....	- 6 -
7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS:.....	- 6 -
8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA.....	- 8 -
8.1 Aguas Residuales.....	- 8 -
8.1.1 Características de aguas residuales.....	- 8 -
8.1.2 Tipos de Aguas Residuales.....	- 9 -
8.1.2.1 Aguas Residuales Domésticas	- 9 -
8.1.2.2 Aguas Residuales Municipales.....	- 9 -
8.1.2.3 Aguas Negras.....	- 9 -
8.1.2.4 Aguas Grises.....	- 9 -
8.2 Características físicas	- 10 -
8.2.1 Sólidos totales.....	- 10 -
8.3 Características químicas	- 10 -
8.3.1 Aceites y grasas	- 11 -
8.3.2 Demanda Bioquímica de Oxígeno: DBO5	- 11 -
8.3.3 Demanda Química de Oxígeno: DQO.....	- 11 -
8.4 Métodos de Aforo.....	- 12 -
8.4.1 Método Volumétrico	- 12 -

8.4.2 Método de Vertedero	- 12 -
8.4.3 Vertederos rectangulares	- 12 -
8.4.4 Vertederos Triangulares de 90°	- 13 -
8.5 Eficiencia en la planta de tratamiento.....	- 13 -
8.5.1 Reducción del caudal del agua residual.....	- 14 -
8.5.2 Aportaciones incontroladas en las alcantarillas.....	- 14 -
8.5.3 Caudal de infiltración medio en alcantarillas	- 14 -
8.5.4 Variaciones en los caudales de agua residual.....	- 14 -
8.5.5 Variaciones a corto plazo	- 15 -
8.5.6 Variaciones de origen industrial	- 15 -
8.6 Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales	- 15 -
8.6.1 Diseño de Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales	- 15 -
8.6.2 Componentes de la Planta de Tratamiento	- 16 -
8.6.3 Pretratamiento.....	- 16 -
8.6.3.1 Cribado o Rejillas	- 16 -
8.6.3.1.1 Clasificación	- 16 -
8.6.3.1.2 Criterios de diseño.....	- 17 -
8.7 Tamizado	- 17 -
8.7.1 Tamices estáticos.....	- 18 -
8.7.2 Tratamiento primario.....	- 18 -
8.7.2.1 Sedimentadores.....	18
8.7.2.2 Zona del sedimentador.....	- 19 -
8.7.3 Tratamiento Secundario.....	- 20 -
8.7.3.1 Aireadores.....	- 20 -
8.7.3.1.1 Diseño de sistemas de aireación	- 20 -
8.7.4 Sistema Anaerobio de aguas residuales.....	- 21 -
8.7.4.1 Eficiencia de la aeración.....	- 21 -
8.7.4.2 Filtración Lenta en Arena (FLA).....	- 22 -
8.7.4.3 Caja de filtración y su estructura de entrada:	- 22 -
8.7.4.4 Lecho filtrante.....	- 23 -
8.7.4.3.1 Ventajas	- 23 -
8.7.4 Cloradores de alimentación al vacío.....	- 24 -
8.7.4.1 Criterios de diseño	- 25 -
9. HIPÓTESIS:	- 26 -

10. METODOLOGÍA.....	- 26 -
11. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.....	37
12. IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONÓMICOS).....	- 77 -
13. PRESUPUESTO PARA LA PROPUESTA DEL PROYECTO.....	- 79 -
14. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	- 80 -
15. BIBLIOGRAFÍA.....	- 83 -
16. ANEXOS.....	- 1 -

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 Ubicación de la planta de tratamiento Patoa de Izurieta	- 26 -
Gráfico 2 Demanda Bioquímica de Oxígeno	- 32 -
Gráfico 3 Nitrógeno Amoniacal	- 33 -
Gráfico 4 Nitrógeno Total Kjeldahl.....	- 34 -
Gráfico 5 Aceites y Grasas Gravimétrico.....	- 35 -
Gráfico 6 Potencial de Hidrógeno	- 35 -
Gráfico 7 Temperatura.....	- 36 -
Gráfico 8 Sulfatos.....	- 36 -
Gráfico 9 Coliformes Fecales	- 37 -
Gráfico 10 Sólidos Suspendidos Totales	- 38 -
Gráfico 11 Sólidos Totales	- 38 -
Gráfico 12 Demanda Química de Oxígeno	- 39 -

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Criterios de diseño de las rejillas de desbaste.....	- 17 -
Tabla 2 Capacidad de trabajo de los tamices estáticos	- 18 -
Tabla 3 Criterios de diseño de los desarenadores	- 19 -
Tabla 4 Granulometría del lecho filtrante.....	- 23 -
Tabla 5 Comportamiento Típico del Tratamiento de Filtros Lentos de Arena Convencionales.....	- 24 -
Tabla 6 Dosis típicas para desinfección del agua residual	- 25 -
Tabla 7 Eficiencias del proceso	- 25 -
Tabla 8 Coordenadas de la Planta de tratamiento.....	- 27 -
Tabla 9 Parámetros obtenidos de la entrada de la PTAR Patoa de Izurieta	- 30 -
Tabla 10 Parámetros obtenidos de la salida de la PTAR Patoa de Izurieta.....	- 31 -
Tabla 11 Altura en el vertedero	- 42 -
Tabla 12 Remoción esperada en la planta de tratamiento	- 73 -

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Hojas de vida	- 1 -
Anexo 2 Análisis de laboratorio de agua (entrada y salida).....	- 1 -
Anexo 3 Planos de la planta de tratamiento existente	- 1 -
Anexo 4 Fotografías	- 1 -
Anexo 5 Esquema de las medidas de remediación.....	- 1 -

**FORMULARIO DE PRESENTACIÓN DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN
PROYECTO DE TITULACIÓN II**

1. INFORMACIÓN GENERAL

Título del Proyecto: Evaluación de la eficiencia de la planta de tratamiento de aguas residuales del sector Patoa de Izurieta y diseño de medidas de remediación.

Fecha de inicio: Abril 2016

Fecha de finalización: Julio 2016

Lugar de ejecución: Barrio Patoa de Izurieta - parroquia Pujilí - cantón Pujilí - provincia de Cotopaxi - zona 3 - GADM cantonal de Pujilí.

Unidad Académica que auspicia: Unidad Académica de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales

Carrera que auspicia: Ingeniería de Medio Ambiente

Proyecto de investigación vinculado: GADM de Pujilí

Equipo de Trabajo:

Ing. Renán Lara (Tutor del proyecto., Véase en anexo 1)

MSc. Patricio Clavijo (Presidente 1., Véase en anexo 1)

Ing. Alexa Tapia (Lector 2., Véase en anexo 1)

PhD. Vicente Córdova (Lector 3., Véase en anexo 1)

Jerson Stalin Figueroa Robalino (Coordinador del Proyecto., Véase en anexo 1)

Área de Conocimiento: Ing. Medio Ambiente

Línea de investigación: Ambiente

Línea de investigación: Tecnología Ambiental y estándares de calidad

2. RESUMEN DEL PROYECTO

La presente investigación se realizó en el sector Patoa de Izurieta, cantón Pujilí. Actualmente este lugar cuenta con una planta de tratamiento de aguas residuales. Esta recoge las aguas servidas provenientes del alcantarillado norte y centro, las mismas que son mezcladas con las aguas pluviales, que no cuenta con un sistema separado de recolección. Los caudales efluentes se vierten directamente al río Patoa, causando contaminación del recurso hídrico. Por ello es muy importante la caracterización de eficiencia en la planta de tratamiento, que se realizó por medio de los análisis de agua. Se encontraron los puntos críticos de las unidades de tratamiento que impiden la adecuada función en la misma. Además, es primordial el diseño de medidas de remediación que se realizó para optimizar y obtener un adecuado procedimiento depurativo del agua.

El proyecto tiene como finalidad caracterizar la eficiencia y ayudar a mitigar los impactos generados mediante el diseño de las medidas de remediación. Se procedió a una caracterización física, química y biológica de las aguas residuales en base a la normativa NTE INEN 2169:98. El protocolo a seguir cuenta con los puntos de muestreo, apropiado equipo de protección personal recolección, almacenamiento y transporte. Las muestras fueron enviadas a un laboratorio con requerimientos emitidos por la Sociedad de Acreditación Ecuatoriana (SAE). Asimismo con los resultados obtenidos se comparó los parámetros analizados con el Acuerdo Ministerial 097. De esta forma, se identificó los parámetros que no cumplen y que afectan al cuerpo receptor. Continuando con el desarrollo se determinó la eficiencia de la planta de tratamiento existente. Se tomaron en cuenta los análisis de laboratorio. Por último se consideró las actividades anteriores y sumando las del caudal aforado, se elaboró la propuesta de diseño mediante las medidas de remediación más adecuadas y se realizó una eficiencia esperada, además se usó el software de AutoCAD para el diseño esquemático.

Estas medidas pretenden conseguir un efluente apto para las descargas según la exigencia dispuesta por el ministerio de medio ambiente con su respectiva ley. Así el nuevo sistema mejorará el saneamiento general y evitando la posible contaminación generada por las aguas residuales. Al finalizar la investigación se entregará al Gobierno Autónomo Descentralizado del Municipio de Pujilí. Esta entidad tendrá una alternativa para solucionar la problemática socio-económica y ambiental y así cumplir con los estándares establecidos por la normativa ambiental vigente.

Palabras Claves: Eficiencia, Caracterización, Rediseño, Planta de Tratamiento de Aguas Residuales

3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

En la Actualidad uno de los problemas ambientales de gran importancia es la contaminación hídrica generada por las aguas residuales sin tratamiento adecuado. Este es el caso del cantón Pujilí, en donde las aguas residuales que son enviadas a la planta de tratamiento del sector Patoa de Izurieta, son vertidas al río Pato en pésimas condiciones. Esto se lo puede apreciar por las características físicas como olor y color. Se genera porque las unidades de tratamiento tienen alguna deficiencia. Por ellos es menester realizar una caracterización de las aguas a tratar y a su vez la eficiencia de dicha planta.

Según GADM del cantón Pujilí, Esta planta fue construida en el año 2008 con un tratamiento primario como el cribado, desarenador, decantador primario y secundario. Mediante esta investigación se pretende realizar una propuesta de rediseño para mejorar la calidad de agua y contribuir con la preservación del recurso hídrico. Así se evitara el deterioro de la calidad de las aguas de dicho cuerpo receptor hasta un grado tal que pueden alterar y perturbar el equilibrio ecológico del ecosistema y del medio ambiente en general. Estas aguas residuales que son vertidas al cuerpo receptor cumplirán con los parámetros establecidos por la respectiva ley ambiental.

Los beneficiarios de este proyecto serán las comunidades aledañas a Patoa de Izurieta, es así como se elevará la calidad de vida de los moradores. Con la propuesta diseñada va a ser de gran utilidad para las autoridades a cargo, Así tendrán la posibilidad de solucionar la problemática ambiental.

La presente investigación es relevante porque pretende ser una alternativa técnica para las autoridades a cargo, ya que consta de medidas de remediación que pueden ser implementadas. Además será de gran importancia porque servirá como modelo y guía, ya que tienen similitud con otras plantas de tratamiento y pueden añadir algunas unidades de tratamiento y verificar su eficiencia en las seis plantas de tratamiento que tiene este cantón en la zona centro.

4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO

Beneficiarios		Cantidad aproximada
Directos	Sector de Patoa de Izurieta	4292 hab.
Indirectos	Cantón Pujilí	69.055 hab.

5. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN:

En el Ecuador, según Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo, (2013) afirma: “Garantizar los derechos de la naturaleza y promover la sostenibilidad ambiental territorial y global” es un objetivo del plan del buen vivir. Esto no se cumple en todos sus aspectos debido a la contaminación existente en el país, principalmente al recurso hídrico. Esto se genera debido a que las aguas residuales son descargadas directamente a un cuerpo receptor sin un adecuado tratamiento.

En el cantón Pujilí, ubicado al occidente de la ciudad de Latacunga, Provincia de Cotopaxi, en la Serranía Ecuatoriana, aproximadamente entre las coordenadas geográficas 0° 58' 30" de latitud sur y 78° 40' 30" de longitud oeste, a una altura media de 2900 m.s.n.m. Según el Gobierno Autónomo Descentralizado del Municipio de Pujilí, (GADMP, 2016) señala: “Una de las mayores problemáticas que tienen a nivel socioeconómico y medio ambiental es las siete plantas de tratamiento de aguas residuales del centro del cantón, que no cumplen con su función principal de tratar adecuadamente las aguas servidas”.

Por ello mediante la investigación se espera mejorar el funcionamiento de una de las plantas del cantón Pujilí, la que está ubicada en el sector de Patoa de Izurieta. Esta planta es la principal ya que abarca el 66.36 % de las aguas servidas de la ciudad. El mayor problema es la baja eficacia de la planta de tratamiento de aguas residuales, por ende el alto grado de compuestos contaminantes al cuerpo receptor.

Las principales causas que se puede mencionar son: la falta de una caracterización de las aguas residuales, la ausencia de un proceso estimado de eficiencia en la planta de tratamiento, ausencia de un tratamiento adecuado de remediación y la falta de un control y mantenimiento periódico de las instalaciones. Todas estas causas llevan a efectos como: El elevado riesgo ambiental por contaminantes hídricos del cuerpo receptor, alto riesgo a la salud por vectores, la alteración de la calidad de vida socio ambiental de la comunidad.

6. OBJETIVOS:

Objetivo General

Caracterizar la eficiencia de la planta de tratamiento Patoa de Izurieta, Cantón Pujilí.

Objetivo Especifico

Caracterizar las aguas residuales entrantes y las aguas tratadas salientes de la planta de tratamiento.

Determinar la eficiencia de la planta de tratamiento de aguas residuales.

Diseñar una propuesta de medidas de remediación para disminuir el riesgo ambiental por contaminantes hídricos.

7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS:

Caracterizar las aguas residuales entrantes y las aguas tratadas salientes de la planta de tratamiento.	-Se realizó el muestreo de agua en base a la normativa NTE INEN 2169:98, de la entrada y salida de la planta de tratamiento conjuntamente con el laboratorio acreditado por el SAE.	Se identificó los resultados de los parámetros físicos, químicos y biológicos	Mediante el método de análisis se determinó los parámetros analizados por el muestreo de agua.
Determinar la eficiencia de la planta de tratamiento de	Se comparó con la ley ambiental vigente los análisis de entrada y salida de la planta de	Mediante el análisis respectivo se determinó si el agua tratada está en sus parámetros permisibles de	Mediante el método deductivo e inductivo permitió determinar la eficiencia a nivel

aguas residuales	tratamiento de aguas residuales Mediante la fórmula de la eficiencia y lo análisis de entrada y salida se determinó el porcentaje de eficiencia existente en la planta de tratamiento	acuerdo con al acuerdo ministerial 097, tabla 9. Con la formula se determinó la eficiencia de la planta de tratamiento si es la adecuada	general. Se utilizará los parámetros de los análisis de aguas residuales. Para facilitar la comparación se utilizó gráficos estadísticos, en estos se pudo visualizar de mejor manera los parámetros que están fuera de los límites permisibles del acuerdo ministerial 097.
Diseñar una propuesta de medidas de remediación para disminuir el riesgo ambiental por contaminantes hídricos.	- Se realizó el aforo del caudal en la entrada de la planta de tratamiento. -Se realizó los respectivos cálculos de rediseño de la planta de tratamiento de aguas residuales. - Se realizó la eficiencia esperada a nivel general de las medidas de remediación, cabe recalcar que es teóricamente y puede alterarse debido a varios factores	Se aforo el caudal para dimensionar las medidas de remediación. Mediante el diseño de estas medidas de remediación se espera optimizar la operación para obtener un efluente que cumpla con los límites permisibles de la ley vigente. Se espera demostrar que es factible dicho proceso, desde el punto de vista técnico mediante la eficiencia esperada.	Mediante el método Científico se realizó una propuesta efectiva en función de las actividades anteriores. Esta se conformó por cálculos en los que incluye tratamientos adecuados para que los parámetros estén según los límites permisibles de la normativa vigente.

8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA

8.1 Aguas Residuales

Según Romero (2010) “las aguas residuales son las aguas captadas por el ser humano, estas son usadas en sus diversas actividades antropogénicas y que de alguna manera los sólidos se introducen en estas para posteriormente ser trasladadas mediante el sistema de conducción de aguas residuales” (p. 17).

8.1.1 Características de aguas residuales

Estas características emplea un programa de muestreo, también un análisis de laboratorio según la norma estándar, esto ayuda a tener precisión y exactitud en los resultados. Por lo cual la base fundamental para este programa es un análisis cuidadoso del tipo de muestras, número de estas y parámetros debidamente analizados, además, hay que tomar en cuenta la parte económica. Hay que tomar en cuenta que cada es única en sus características y que los parámetro de polución deben evaluarse en el laboratorio cada agua residual específica (Jairo Romero, 2010).

Las características de mayor importancia en las aguas residuales según Jairo Romero (2010) concluye:

Las características y variaciones en la descarga de aguas residuales (AR), al sistema de alcantarillado, el tipo o sistema de alcantarillado usado, la diferencia en las costumbres de la comunidad aportante, el régimen de operación de las industrias servidas, el clima, etc., los caudales de aguas residuales oscilan ampliamente durante el año, cambian de un día a otro y fluctúan de una hora a otra. Todos los factores anteriores, entre otros, deben tenerse en cuenta en la predicción de las variaciones del caudal y, por consiguiente, de la concentración de las aguas residuales afluentes a una planta de tratamiento (p.27).

8.1.2 Tipos de Aguas Residuales

8.1.2.1 Aguas Residuales Domésticas

Romero Afirma: (2010): “se considera aguas residuales domésticas a los líquidos provenientes de las viviendas o residencias, edificios comerciales e institucionales” (p.18).

8.1.2.2 Aguas Residuales Municipales

Romero Afirma: (2010): “Se denominan aguas residuales municipales a los residuos líquidos transportados por el alcantarillado de una ciudad o población y tratados en una planta de tratamiento municipal” (p.19).

8.1.2.3 Aguas Negras

Romero (2010) afirma: “se acostumbra denominar aguas negras a las aguas residuales provenientes de inodoros, es decir, aquellas que transportan excrementos humanos y orina, ricas en sólidos suspendidos, nitrógeno y coliformes fecales” (p.19).

8.1.2.4 Aguas Grises

Romero (2010) afirma: “aquellas aguas residuales provenientes de tinajas, duchas, lavamanos y lavadoras, portantes de DBO5, sólidos suspendidos, fosforo, grasas y coliformes fecales, esto es, aguas residuales domésticas, excluyendo las de los inodoros” (p.20).

8.2 Características físicas

Entre las características físicas Ayala y Gonzales (2008) afirman que:

Las características físicas más importantes del agua son el contenido total de sólidos, término que engloba la materia en suspensión, la materia sedimentable, la materia coloidal y la materia disuelta. Otras características físicas importantes son el olor, la temperatura, la densidad, el color y la turbiedad. (p. 51)

8.2.1 Sólidos totales

Los sólidos totales según Ayala y Gonzales (2008) afirman que:

Analíticamente se define el contenido de sólidos totales como la materia que se obtiene como residuo después de someter al agua a un proceso de evaporación con una temperatura entre 103° a 105°, los sólidos sedimentables se definen como aquellos que se sedimentan en el fondo de un recipiente de forma cónica conocida como el cono de Inhoff, en el transcurso de un periodo de 60 minutos. Los sedimentables expresados en unidades de ml/l, constituyen una medida aproximada de la cantidad de fango que se obtendrá en la decantación primaria del agua residual. (p. 51)

8.3 Características químicas

Las características químicas según Vargas (2004) afirman que:

El agua, como solvente universal, puede contener cualquier elemento de la tabla periódica. Sin embargo, pocos son los elementos significativos para el tratamiento del agua cruda con fines de consumo o los que tienen efectos en la salud del consumidor. (p. 13)

8.3.1 Aceites y grasas

Los aceites y grasas según Vargas (2004) afirman que:

La presencia de aceites y grasas en el agua puede alterar su calidad estética (olor, sabor y apariencia). El contenido de aceites en el agua se determina en el laboratorio mediante la extracción de todo el material soluble en un solvente orgánico tal como el hexano. Los resultados se reportan como mg/L de MEH (material extraíble en hexano). Las normas de calidad de agua recomiendan que los aceites y grasas estén ausentes en el agua para consumo humano, más por razones de aceptabilidad que porque exista algún riesgo de daño a la salud. (p. 16)

8.3.2 Demanda Bioquímica de Oxígeno: DBO5

La demanda Bioquímica de Oxígeno según Vargas (2004) afirman que:

Corresponde a la cantidad de oxígeno necesario para descomponer la materia orgánica por acción bioquímica aerobia. Se expresa en mg/L. Esta demanda es ejercida por las sustancias carbonadas, las nitrogenadas y ciertos compuestos químicos reductores. Es una prueba que reduce a números un fenómeno natural, muy sencillo en teoría, pero en esencia muy complejo. El cálculo se efectúa mediante la determinación del contenido inicial de oxígeno de una muestra dada y lo que queda después de cinco días en otra muestra semejante, conservada en un frasco cerrado a 20° C. La diferencia entre los dos contenidos corresponde a la DBO5 (p. 36).

8.3.3 Demanda Química de Oxígeno: DQO

La demanda Bioquímica de Oxígeno según Vargas (2004) afirman que:

Equivale a la cantidad de oxígeno consumido por los cuerpos reductores presentes en un agua sin la intervención de los organismos vivos. La eliminación de la materia orgánica se lleva a cabo mediante la coagulación - floculación, la sedimentación y la filtración. Sin embargo, cuando la fuente de agua cruda tiene una carga orgánica y bacteriana muy grande caso en el que la DBO5 puede alcanzar valores muy altos, será necesaria una prefloración, que debe constituirse en un proceso adecuadamente controlado. (p. 38)

8.4 Métodos de Aforo

Para aforar un caudal es necesario utilizar el método adecuado por lo que George Tchobanoglous (1995) concluye:

La posibilidad de medir los caudales de agua residual es de fundamental importancia a la hora de proyectar los sistemas de saneamiento. Los métodos de descarga directa son aquellos en que la magnitud de la descarga es función de una o dos variables fácilmente medibles. En los casos en que se vaya a realizar varias determinaciones de caudales, vale la pena construir curvas de calibrado para simplificar el trabajo. (p, 86)

8.4.1 Método Volumétrico

Tchobanoglous (1995) afirma: “El método consiste en medir el volumen fluido descargando en un periodo específico de tiempo. Generalmente, ellos se puede hacerse solo con caudales muy bajos” (p89).

8.4.2 Método de Vertedero

Este es uno de los métodos con mayor precisión para aforar caudales es mediante la utilización del vertedero, cabe recalcar que debe tener unas condiciones necesarias, de esta forma se obtiene los coeficientes de descarga de cierto tipo de vertedero para posteriormente conocer el caudal. Los más comunes en vertederos se encuentran rectangulares, triangulares y trapezoidales, además, existen los vertederos sumergidos (George Tchobanoglous, 1995).

8.4.3 Vertederos rectangulares

Tchobanoglous (1995) afirma: “Un vertedero rectangular es una estructura de rebose con una entalladura, la cual se coloca transversalmente en el canal y perpendicular a la dirección del flujo” (p, 86)

8.4.4 Vertederos Triangulares de 90°

Considerando el punto de vista de la sección en el cual se da el vertimiento tenemos el vertedero triangular. Una de las condiciones para tomar en cuenta este tipo de vertedero con este ángulo recto es de vital importancia que el flujo del vertimiento esté en dirección sobre el canal abierto, siendo así, se da a conocer la carga o cabeza (H) de la corriente sobre el vertedero. Posteriormente este valor ayudara a obtener el caudal en el canal. Se recomienda la cabeza (H) mínima sea de 6 cm y la máxima de 60 cm (Coa, R., 2016).

8.5 Eficiencia en la planta de tratamiento

Según la Asociación Alemana de Saneamiento. (ATV, 1998): “El grado de eficiencia de las plantas de tratamiento de aguas residuales se define como: la reducción porcentual de indicadores apropiados, considerados en forma acumulativa o de determinadas sustancias” (p. 03).

Según la Asociación Alemana de Saneamiento. (ATV, 1998): “Para la determinación de la reducción se establece para el indicador específico, una relación entre la carga que fluye a la planta o a una unidad de ella y la correspondiente carga en el flujo de salida de la planta” (p. 03).

Según la Asociación Alemana de Saneamiento. (ATV, 1998): “Estas determinaciones se realizan en lapsos apropiados para las observaciones. En caso de existir varios puntos de ingreso o egreso de aguas residuales en la planta, la carga total se determina con base en las cargas” (p. 03).

Según la Asociación Alemana de Saneamiento. (ATV, 1998): “En la determinación del grado de eficiencia de las plantas de tratamiento biológico, los valores DQO y DBO5 juegan el papel más importante” (p. 04).

8.5.1 Reducción del caudal del agua residual

Tchobanoglous (1995) afirma: “El método principal para la reducción de los caudales de agua residual es la disminución del consumo de agua”. (p, 75)

En la actualidad los diseños de las redes de alcantarillado tienen varios parámetros para obtener un mayor desempeño como es tuberías de alta calidad, pozos de registro prefabricados y materiales sintéticos. Gracias a la utilización de los materiales mencionados se ha minimizado en gran medida la infiltración en las alcantarillas y se espera tener menos infiltración en el futuro (George Tchobanoglous, 1995).

8.5.2 Aportaciones incontroladas en las alcantarillas

Tomando en cuenta los aforos y métodos se puede subdividir en que la primera incluye sótanos y drenaje de fuentes, cimiento y áreas pantanosas creando un flujo regular y la segunda consiste en aguas pluviales debido a las lluvias (George Tchobanoglous, 1995).

8.5.3 Caudal de infiltración medio en alcantarillas

Los caudales medios a utilizar pueden estimarse mediante los caudales medios domésticos e industriales pronosticados para la infiltración, cabe recalcar que los caudales incontrolados como la naturaleza no afectan a estos. La infiltración es de vital importancia para conocer definitivamente lo que sucederá en la alcantarilla, como es el caso de construcción de alcantarillas de edificios (George Tchobanoglous, 1995).

8.5.4 Variaciones en los caudales de agua residual

Tchobanoglous (1995) afirma: “las variaciones horarias y de tipo estacional y de origen industrial de los caudales de agua residual” (p, 77).

8.5.5 Variaciones a corto plazo

La variación en las plantas de tratamiento durante el día suelen tener una secuencia como es en la mañana, cuando el consumo de agua es menor y el caudal que circula es a escapes, infiltraciones y mínimas cantidades de agua residual. Se considera que al medio día tiene un máximo uso de agua y la segunda va entre las 19.00 y las 21.00 horas, aunque es muy variable, debido al tamaño de la población servida y la longitud de la red de alcantarillado. Cuando los caudales de agua extraña a la red como es infiltración y aportaciones incontroladas, además, entre días laborales, la variación en los caudales es insignificante o mínima (George Tchobanoglous, 1995).

8.5.6 Variaciones de origen industrial

Los procesos de las industrias pueden reducir o aumentar los vertidos, hay que tomar en cuenta el tratamiento de la industria y los servicios municipales. Estos vertidos son mucho más dañinos en plantas de tratamiento de menor tamaño, debido a que la capacidad para absorber descargas instantáneas es muy limitada (George Tchobanoglous, 1995).

8.6 Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales

Romero (2010) “el objetivo básico del tratamiento de aguas es proteger la salud y promover el bienestar de los individuos miembros de la sociedad” (p.129).

8.6.1 Diseño de Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales

Este diseño se hace de acuerdo a varios parámetros entre los que se encuentra efluentes y métodos disponibles aplicables. Para que este tratamiento sea mejor se debe tomar en cuenta la caracterización del agua residual, diseño de los sistemas de tratamiento propuestos, como es el caso de los procesos, diseños, factibilidad, aplicabilidad, confiabilidad y costo beneficio, construcción y operación y mantenimiento (Jairo Romero, 2010).

8.6.2 Componentes de la Planta de Tratamiento

Pretratamiento ayuda a eliminar sólidos totales para posteriormente pasar al tratamiento primario que consiste en eliminar el agua residual, los contaminantes que floten, en un 60% de los sólidos suspendidos en las aguas negras sin tratar y 35% de la DBO5, posteriormente se utilizara el tratamiento secundario, este elimina más del 85% del DBO5 y los sólidos suspendidos, anula pequeñas cantidades de nitrógeno, fosforo o metales pesados, ni elimina por completo las bacterias y los virus patógenos. Para ellos existe el tratamiento terciario o avanzado, generalmente puede consistir en tratamiento químico y filtración del agua residual, llegando a eliminar hasta el 99% de la DBO5, el fósforo, los sólidos suspendidos, las bacterias y el 95% del nitrógeno. (Mackenzie, 2005).

8.6.3 Pretratamiento

8.6.3.1 Cribado o Rejillas

Este componente es utilizado para separar las partículas gruesas del agua para así para impedir obstrucciones en el flujo del agua como es el lodo, material flotante e incluso en algunos casos se puede sustituir a la sedimentación, cuando no se tenga mucho espacio y solo se requiera eliminar una parte pequeña de los materiales en suspensión. (Babbitt & Bauman, 1962, p, 473)

8.6.3.1.1 Clasificación

Romero (2010) menciona: “Según el método de limpieza, las rejillas o cribas son de limpieza manual o mecánica. Según el tamaño de las aberturas se clasifican como rejillas gruesas o finas. Las gruesas son aquellas con aberturas iguales o mayores de 0,64 cm, mientras que las finas tienen aberturas menores de 0,64 cm” (p, 287).

8.6.3.1.2 Criterios de diseño

Los criterios de diseño para un buen funcionamiento en el sistema de tratamiento se realiza en base al flujo del agua, este debe ser de un rango medio, por varias razones, ya que si es baja los sedimentos no tienen continuidad y si es alta existe gran cantidad de sólidos retenidos por los barrotes causando problemas en los otros componentes (Lozano Rivas, 2012).

Tabla 1 Criterios de diseño de las rejillas de desbaste

Parámetro	Valor o rango
Velocidad mínima de paso	0,6 m/s (a caudal medio)
Velocidad máxima de paso	1,4 m/s (a caudal punta)
Grado de colmatación estimado entre intervalos de limpieza	30%
Pérdida de carga máxima admisible	15 cm (a caudal medio)

Fuente: Lozano Rivas (2012)

Al tener todos estos criterios de diseño es de vital importancia aumentar el ancho o a su vez podría ser la profundidad en el canal zona donde está ubicada la criba, ya que los barrotes restan área útil y aumentan el flujo entre la rejilla, además, hay que tomar en cuenta la pérdida de carga y el número de barrotes, con estos componentes se obtiene una criba con un buen rendimiento (Lozano Rivas, 2012).

8.7 Tamizado

El tamizado según Arboleda (1992) afirman que:

Tiene por objeto la reducción del contenido en sólidos en suspensión de las aguas residuales, mediante su filtración a través de un soporte delgado dotado de ranuras de paso. Se distingue entre tamices estáticos

autolimpiantes, tamices rotativos y tamices deslizantes. (pp. 29-30).

8.7.1 Tamices estáticos

Hernández y Galán (s.f.) afirma: “El núcleo fundamental de la unidad es el conjunto de barras o hilos del tamiz. La disposición de alambres transversales con curvas sinusoidales en el sentido del flujo proporciona una superficie relativamente no atascable con alto poder de filtrabilidad.

Los tamices están hechos de acero inoxidable y las aberturas libres de 0,2 a 1,5 mm satisfacen la mayoría de las necesidades de tamizado. Para fines especiales se pueden utilizar aleaciones inoxidables resistentes al desgaste y más duras. (Hernández et al., s.f.)

Tabla 2 Capacidad de trabajo de los tamices estáticos

Abertura del tamiz (mm)	Caudal tratado por metro lineal (m ³ /h)
0,15	15
0,25	20
0,50	40
0,75	50
1,00	60
1,50	75
2,00	90
2,50	100
3,00	110

Fuente: Lozano-Rivas, (2012)

8.7.2 Tratamiento primario

8.7.2.1 Sedimentadores

Este tratamiento fue diseñado especialmente para remover arena, grava, partículas u otro material sólido con una cierta particularidad como es la velocidad de asentamiento o peso específico superior a los sólidos orgánicos degradables de las aguas residuales. Además ayuda a cuidar el equipo mecánico y reduciendo el material en la conducción para que no exista obstrucción por lo que existe menos acumulación en los digestores y mejora el tratamiento de agua (Jairo Romero, 2010).

8.7.2.2 Zona del sedimentador

Silva (2015) afirma: “El sedimentador se allá dividido en 4 zonas: zona de entrada, sedimentación, salida y recolección de lodos”

Para tener un buen diseño hay que toma encuentra la parte económica, social y de medio ambiente, técnicamente los proyecto van direccionados de ocho a dieciséis años, siendo la operación de 24 horas por día, el caudal por metro lineal de recolección en la zona de salida debe ser igual o menor a 3 l/s y es muy importante la relación de las velocidades de flujo y las dimensiones de largo y altura (Organización panamericana de la salud, 2015).

Tabla 3 Criterios de diseño de los desarenadores

Parámetro	Valor o rango
Carga superficial	40 a 70 m ³ /m ² *h (a caudal punta)
Tiempo de Retención Hidráulica (TRH)	100 a 300 s (a caudal punta) Más frecuentemente = 180 s
Velocidad horizontal	0,20 a 0,40 m/s (a caudal punta)
Longitud	10 a 30 veces la altura de la lámina de agua
Altura mínima de la unidad	1,0 m
Altura máxima de la unidad	3 m

Fuente: Lozano Rivas (2012)

8.7.2.3 Tanques circulares

Los sedimentadores circulares según Russell (2012) afirma:

El flujo en los tanques circulares es de tipo radial, a diferencia de los tanques rectangulares donde existe flujo de tipo horizontal. Para lograr ese tipo de flujo, el agua a tratar e introduce en el sedimentador por el centro o por la periferia del tanque. Ambas configuraciones de flujo promueven por lo general resultados satisfactorios, aunque el sistema de alimentación central es el más usado. En el diseño de tanques circulares con alimentación central, el agua residual se transporta por una tubería suspendida del puente construida en hormigón debajo de la solera, hasta el centro del sedimentador. El agua residual se distribuye uniformemente en todas las direcciones con ayuda

de un vertedero circular ubicado en la zona central del tanque. Dicho vertedero tiene que oscilar entre 15% y 20% del diámetro exterior del tanque, con una profundidad que varía entre 3 y 8 pies (1 y 2.5 m). (p. 302)

8.7.3 Tratamiento Secundario

8.7.3.1 Aireadores

Consiste en que el agua tratada este en contacto con el aire, con el propósito de tener microorganismos para obtener el oxígeno necesario para que produzcan la transformación y degradación de la materia orgánica contaminante. Además ayuda a transferir oxígeno disuelto, remover sustancias volátiles, ácido sulfhídrico (H₂S), hierro (Fe) y Manganeseo (Mn), eliminar anhídrido carbónico (CO₂), gas metano (CH₄), gas cloro (Cl₂) y amonio (NH₄), para ellos es de vital importancia una concentración del oxígeno que va desde 0,2 y 2,0 mg/L., así se obtiene más potencia en los equipos (Lozano Rivas, 2012).

Además hay que recalcar que existe una teoría de la doble capa, acerca de esto, Lozano Rivas (2012) afirma:

En la interface entre el agua residual y el aire u oxígeno, en esta se forma una película a través de la cual se transfiere el gas hacia el líquido por difusión molecular. La cantidad de gas transferido por unidad de tiempo (coeficiente de transferencia) es un valor constante a través de cada película y es dependiente del tipo de aireador y de la geometría del tanque de aireación. Este depende del valor de saturación de oxígeno en el agua residual, el cual corresponde al valor de saturación de oxígeno en el agua limpia, afectado por un factor de corrección “ β ”. Los valores de saturación de oxígeno “ C_s ” en el agua limpia a diferentes temperaturas se muestran en la Tabla 3.

8.7.3.1.1 Diseño de sistemas de aireación

Para el diseño es de vital importancia unas recomendaciones, Romero (2010) afirma: “en las condiciones reales de operación es necesario hacer las correcciones pertinentes en el valor de K_{La} para la temperatura del agua residual, presión diferente de la estándar y concentración de OD permanente igual a CL” (p, 402).

8.7.4 Sistema Anaerobio de aguas residuales

En este tratamiento existen dos etapas como es la fermentación ácida y fermentación metánica, la primera consiste en que los compuestos orgánicos se descomponen o modificando su estructura, a la vez existe la oxidación todo esto se debe a una población de bacterias facultativas y anaerobias y como función principal tiene la reducción del DBO5, mientras que la etapa de metánica está basada en microorganismos metanogénicos, que su función principal es la de convertir los ácidos de cadenas más largas a metano, dióxido de carbono y ácidos orgánicos de cadenas más cortas (Rubens Ramalho, 2003).

Es necesario recalcar las ventajas de este sistema anaerobio entre las cuales tenemos que no se requiere equipo de aireación, menos costos, ahorra de recursos energéticos, produce menos biomasa por lo que existe menos lodo en el manejo y evacuación, pequeña necesidad de nutrientes como es el nitrógeno y fósforo, operar cargas orgánicas del afluente superiores, el metano se puede usar como biocombustible (Rubens Ramalho, 2003).

Como en todo sistema también se tiene desventajas las cuales podemos mencionar que son los mayores tiempos de residencia, malos olores, mayores temperaturas alrededor de los 35°C a veces se necesita precalentamiento, La operación de las unidades es más sensible a las cargas de choque, pero son desventajas que pueden ser controladas con una buena operación (Rubens Ramalho, 2003).

8.7.4.1 Eficiencia de la aeración

Es muy recomendable según la Comisión Nacional del Agua. (CNA, 2007): “La eficiencia del proceso por su remoción de DBO5 es 85 a 95%, sólidos en suspensión de 70 % a 95% y la remoción de N-NH3: 10 a 20%”(p. 45).

8.7.4.2 Filtración Lenta en Arena (FLA)

Según la Organización panamericana de la salud (OPS, 2005):

El tratamiento del agua en una unidad de FLA es el producto de un conjunto de mecanismos de naturaleza biológica y física, los cuales interactúan de manera compleja para mejorar la calidad microbiológica del agua. Consiste en un tanque con un lecho de arena fina, colocado sobre una capa de grava que constituye el soporte de la arena la cual, se encuentra sobre un sistema de tuberías perforadas que recolectan el agua filtrada. El flujo es descendente, con una velocidad de filtración muy baja que puede ser controlada preferiblemente al ingreso del tanque (p. 08).

Según el Centro Nacional de los Servicios de Medio Ambiente (NESC, 1995) afirma: Los filtros lentos de arena son simples, fiables, baratos de construir, pero requieren operadores altamente cualificados. Consiste en filtrar el agua no tratada lentamente a través de una cama porosa de arena, el agua entra a la superficie del filtro y luego drena por el fondo. El tanque contiene una cama de arena fina, una capa de grava que soporta la arena, un sistema de subdrenajes para recoger el agua filtrada y un regulador de flujo para controlar la velocidad de filtración. No se añade químicos (p. 01)

8.7.4.3 Caja de filtración y su estructura de entrada

Según la Organización Panamericana de la Salud (OPS, 2005): Esta caja es diseñada de acuerdo a el área superficial la velocidad de filtración y el número de filtros especificados para operar, para el mantenimiento debe tener mayor que 100 m². Además en la entrada contiene canales, vertedero de excesos y dispositivos de control y medición del flujo (p. 18).

8.7.4.4 Lecho filtrante

Según la Organización Panamericana de la Salud (OPS, 2005), en el medio filtrante es necesario que tenga granos de arena duros y redondeados, libres de arcilla y materia orgánica. Esta debe contener más de 2% de carbonato de calcio y magnesio. La velocidad de filtración esta entre los 0.1 y 0.2 m/h dependiendo de la calidad del agua cruda. La altura del agua puede estar entre 1.0 y 1.50 m. A mayor contaminación del agua afluyente menor velocidad de filtración (pp. 18 - 19).

Tabla 4 Granulometría del lecho filtrante

Criterios de Diseño	Valores Recomendado
Altura de arena (m)	
Inicial	1.00
Mínima	0.50
Diámetro efectivo (mm)	0.15 - 0.35
Coefficiente de uniformidad	
Aceptable	< 3
Deseable	1.8 – 2.0
Altura del lecho de soporte, incluye drenaje (m)	0.1 – 0.3

Fuente: Según la Organización Panamericana de la Salud. (2005)

8.7.4.3.1 Ventajas

Según el Centro Nacional de los Servicios de Medio Ambiente (NESC, 1995) afirma: es una técnica apropiada para el retiro de materia suspendida orgánica e inorgánica. Estos retiran organismos patógenos. Tiene fácil operación debido a su diseño. Los sistemas pueden hacer uso de materiales y de mano de obra disponible localmente. Su remoción es de un 90% a 99% en bacterias y virus y un retiro completo de los quistes Giardia lamblia y Cryptosporidium oocyst. Además reduce las bacterias, la nubosidad y los niveles orgánicos (p. 02).

Tabla 5 Comportamiento Típico del Tratamiento de Filtros Lentos de Arena Convencionales

Parámetro de Calidad del Agua	Capacidad de Calidad del Agua Eliminación
Turbiedad	<1.0 NTU
Coliformes	1-3 unidades log
Virus Entéricos	2-4 unidades log
Quiste Giardia	2-4+unidades log
Cryptosporidium Oocysts	>4 unidades log
Carbón Orgánico Disuelto	<15-25%
Biodegradable Carbón Orgánico Disuelto	<50%
Precusores del Trihalometano	<20-30%
Metales Pesados Zn, Cu, Cd, Pb	>95-99%
Fe, Mn	>67%
As	<47%

Fuente: NES(1995)

8.7.4 Cloradores de alimentación al vacío

Los Cloradores según Arboleda (1992) afirman que:

Los Cloradores de alimentación al vacío son más seguros y confiables que los cloradores a presión. Su uso por eso está bastante extendido a pesar de que necesitan suministro adicional de agua y electricidad para su funcionamiento. La operación de este tipo de cloradores está basada en el vacío parcial creado por una válvula llamada inyector o eyector, que se coloca inmediatamente antes del punto de inyección del cloro al agua, la cual tiene una constricción por la que se hace pasar un flujo de agua creando subpresión que se comunica a todas las válvulas y conductos del clorador e induciendo la apertura del regulador inicial del gas. (p.12)

8.7.4.1 Criterios de diseño

Como sugerencia para la dosis según la Comisión Nacional del Agua. (CNA, 2007):
 “Generalmente, se requiere un tiempo de contacto de 15 a 30 minutos para flujos pico” (p. 88).

Tabla 6 Dosis típicas para desinfección del agua residual

Efluente	Dosis [mg/l]
Aguas crudas (Precloración)	6 – 25
Sedimentación primaria	5 – 20
Tratamiento de precipitación química	3 – 10
Filtros percoladores	3 – 10
Lodos activados	
Filtros de lechos mixtos + lodos activados	

Fuente: CMA (2007)

Tabla 7 Eficiencias del proceso

Cloro Residual [mg/l]	Coliformes Totales remanentes [NMP/100ml]	
	Efluente Primario	Efluente Secundario
0.5 – 1.5	24,000 – 400,000	1,000 – 12,000
1.5 – 2.5	6,000 – 24,000	200 – 1,000
2.5 – 3.5	2,000 – 6,000	60 – 200
3.5 – 4.5	1,000 – 2,000	30 – 60

Fuente: CMA (2007)

9. PREGUNTA CIENTÍFICA:

¿La evaluación de la eficiencia de la planta de tratamiento de aguas residuales del Sector Patoa de Izurieta, permitirá diseñar medidas de remediación?

10. METODOLOGÍA.

Ubicación del Sitio de Estudio

La planta de tratamiento de aguas residuales está ubicada en la Provincia de Cotopaxi, cantón Pujilí, parroquia la Pujilí, comunidad Patoa de Izurieta. La pendiente es menor a 30%, con un suelo semi duro, semi fértil. El agua se infiltra fácilmente en el suelo, por lo que su nivel freático es alto. Su ecosistema es un área rural con cultivos.

Gráfico 1 Ubicación de la planta de tratamiento Patoa de Izurieta



Fuente: GADM Pujilí, 2016

Tabla 8 Coordenadas de la Planta de tratamiento

Coordenadas UTM	
0758307 S	9894347 N
0758297 S	9894339 N
0758265 S	9894399 N
0758278 S	9894405 N

Elaborado por : Jerson Figueroa

Para la adecuada recolección, manejo, conservación y transporte de muestras se tomó como referencia la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2169:98 y se realizó conjuntamente con el laboratorio ASL CORPLAB, que cuenta con la certificación por el Servicio de Acreditación Ecuatoriano (SAE).

Puntos de muestreo

El tipo de muestreo fue simple. El muestreo se realizó en dos puntos. El primer punto se realizó en la entrada de la planta de tratamiento en las coordenadas 0758245 S y 9894401 N, donde se determinó las aguas servidas. . El segundo punto de muestreo se realizó en la descarga de agua tratada en el río Patoa de coordenadas 0758298 S y 9894343 N.

Recolección de la muestra

Mediante las recomendaciones dadas por parte del laboratorio ASL CORPLAB se recalca que la cantidad requerida en el envase es de 4000 ml, en el vidrio es 100ml, a una temperatura refrigerante de 2° C – 5° C. Para tomar la muestra se verifico que el flujo sea continuo, de esta manera se asegura que la muestra sea homogénea y representativa para los parámetros necesarios.

Envasado y etiquetado

El envasado se realizó el lavado de los envases a utilizar, con el líquido a muestrear dos veces, antes de tomar la muestra. Se llenó los envases con la muestra por completo, excepto los envases estériles. Estos últimos se los realizó directamente y se llenó hasta las $\frac{3}{4}$ partes del recipiente lo que permite la agitación de la muestra. Posteriormente es de vital importancia etiquetar las muestras, fijar los rótulos a los envases con cinta adhesiva transparente y completar las Cadenas de Custodia que contiene la siguiente información: nombre del proyecto, lugar, fecha, hora, preservante y el técnico que realizo el muestreo.

Almacenamiento y transporte

Las muestras fueron almacenadas a temperaturas bajas, esto se realizó en el cooler para conservar las muestras y no alterar sus características y evitar variaciones de temperatura. Estas fueron selladas de forma que no se estropeen durante el transporte.

Eficiencia de la planta Patoa de Izurieta

Para determinar la eficiencia se realizó mediante la fórmula

$$\%EF = \frac{FZ - FA}{FZ} * 100 =$$

En donde:

%EF: Grado de eficiencia en porcentaje

FZ: Sumatoria de las cargas que ingresan a la planta

FA: Sumatoria de las cargas en el flujo de salida en la planta

Diseño de medidas de remediación

Para diseñar las medidas de remediación que pretende aumentar la eficiencia de la planta se lo hizo tomando los puntos anteriores, además según las consideraciones expuestas en la fundamentación teórica. En primer lugar se aforó mediante un vertedero triangular de 90° durante 7 días, durante tres horas diferentes para evitar el grado de error. Posteriormente se realizó una inspección in-situ para evaluar actualmente como se encuentra la planta Patoa de Izurieta y de la misma manera conocer el área disponible. Por ello se realizó mediante cálculos las medidas más adecuadas y utilizando AutoCAD se hizo un plano esquemático. Por último se determinó la eficiencia esperada, la misma que fue teóricamente.

11. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS:

Caracterización de las aguas residuales entrantes y las aguas tratadas salientes de la planta de tratamiento

Análisis de agua

Los análisis de agua de laboratorio se tomaron parámetros químicos, físicos y biológicos, los mismos que fueron comparados con la Ley Ambiental vigente, que en este caso es el Acuerdo Ministerial 097, tabla 9. Límite de descarga a un cuerpo de agua dulce, el cual nos indica:

Tabla 9 Parámetros obtenidos de la entrada de la PTAR Patoa de Izurieta

PARÁMETROS ANALIZADOS	UNIDAD	RESULTADO	LIMITE PERMISIBLE	CRITERIO DE RESULTADO
Demanda Bioquímica de oxígeno	mg/lt	316.74	100	NO CUMPLE
Nitrógeno Amoniacal	mg/lt	30.58	30	NO CUMPLE
Nitrógeno Total Kjeldahl	mg/lt	50.78	50	NO CUMPLE
Aceites y Grasas Gravimétrico	mg/lt	< 20	30	CUMPLE
Potencial de Hidrogeno	UpH	8.03	6 - 9	CUMPLE
Temperatura	°C	19.00	Condiciones Naturales +- 3	CUMPLE
Sulfatos	mg/lt	39.60	1000	CUMPLE
Coliformes Fecales	NMP/100ml	160000	2000	NO CUMPLE
Coliformes Totales	NMP/100ml	>160000	NO APLICA	NO APLICA
Solidos Suspendidos Totales	mg/lt	324	130	NO CUMPLE
Solidos Totales	mg/lt	808	1600	CUMPLE
Demanda Química de Oxígeno	mg/lt	778	200	NO CUMPLE

Fuente: CORPLAB, 2016

Tabla 10 Parámetros obtenidos de la salida de la PTAR Patoa de Izurieta

PARÁMETROS ANALIZADOS	UNIDAD	RESULTADO	LIMITE PERMISIBLE	CRITERIO DE RESULTADO
Demanda Bioquímica de oxígeno	mg/lt	204.38	100	NO CUMPLE
Nitrógeno Amoniacal	mg/lt	59.65	30	NO CUMPLE
Nitrógeno Total Kjeldahl	mg/lt	78.22	50.00	NO CUMPLE
Aceites y Grasas Gravimétrico	mg/lt	< 20	30.00	CUMPLE
Potencial de Hidrogeno	UpH	7.05	6 - 9	CUMPLE
Temperatura	°C	19.80	Condiciones Naturales +- 3	CUMPLE
Sulfatos	mg/lt	28.8	1000	CUMPLE
Coliformes Fecales	NMP/100ml	92000	2000	NO CUMPLE
Coliformes Totales	NMP/100ml	>160000	NO APLICA	NO APLICA
Solidos Suspendidos Totales	mg/lt	210	130	NO CUMPLE
Solidos Totales	mg/lt	750	1600	CUMPLE
Demanda Química de Oxígeno	mg/lt	600	200	NO CUMPLE

Fuente: CORPLAB, 2016

Determinación de la eficiencia en la planta de tratamiento de aguas residuales.

En base a la interpretación de los parámetros analizados, donde se identificaron los más críticos, esto sirvió para demostrar la eficiencia y se realizó con la siguiente operación:

$$\%EF = \frac{FZ-FA}{FZ} * 100 =$$

En donde:

EF: Grado de eficiencia en porcentaje

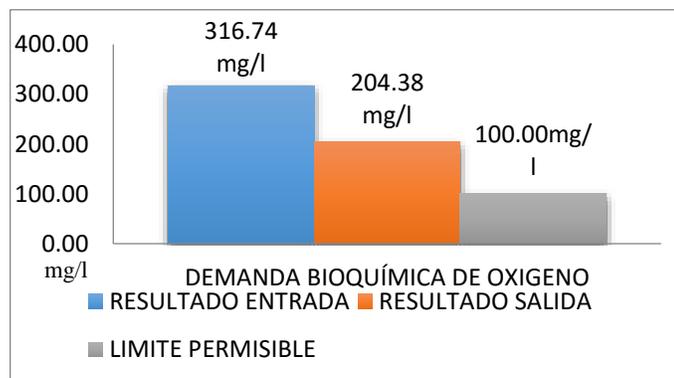
FZ: Sumatoria de las cargas que ingresan a la planta

FA: Sumatoria de las cargas en el flujo de salida en la planta

Interpretación de los análisis y determinación de la eficiencia

En primer lugar se realizó un gráfico para mejorar la visualización del parámetro. Posteriormente se interpretó el grafico y para finalizar se determinó la eficiencia según la formula anteriormente mencionada.

Gráfico 2 Demanda Bioquímica de Oxígeno



Elaborado por: Jerson Figueroa, 2016

Este parámetro en la planta de tratamiento consta de 316.74 mg/lit y al ser tratado en los diferentes procesos el parámetro disminuye a 204.38 mg/lit., siendo la concentración más alta que el límite permisible según la ley ambiental vigente que es de 112.36 mg/lit. Por ello NO CUMPLE con la Ley Ambiental establecida y del mismo modo causa varios impactos negativos como es el caso de la desoxigenación de agua, generación de olores indeseables por la mayor cantidad de materia orgánica.

Cálculo de la eficiencia del DBO5 :

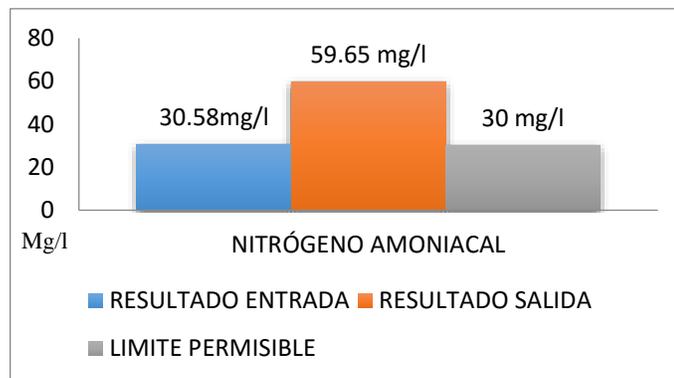
$$\%EF = \frac{FZ-FA}{FZ} * 100 =$$

$$\%EF = \frac{316.74 \text{ mg/l} - 204.38 \text{ mg/l}}{316.74 \text{ mg/l}} * 100$$

$$EF = 35.47\%$$

La eficiencia de reducción en este parámetro es de 35.47%. Debido a que el DBO5 en las unidades de tratamiento disminuye, tiende a ser un valor positivo el porcentaje.

Gráfico 3 Nitrógeno Amoniacal



Elaborado por: Jerson Figueroa, 2016

El nitrógeno amoniacal consta de 30.58 mg/lit y al ser tratado en la planta de tratamiento el parámetro es de 59.65 mg/lit, causando un aumento en el rango de 29.07 mg/lit y siendo la concentración más alta que el límite permisible según la Ley Ambiental vigente. Por ello NO CUMPLE con la ley ambiental establecida. La eficiencia en este parámetro es negativo llegando

a ser de -95.06%. Los efectos de este parámetro en el agua son olores extraños por formación de complejos y nitrificación.

Cálculo de la eficiencia del nitrógeno amoniacal:

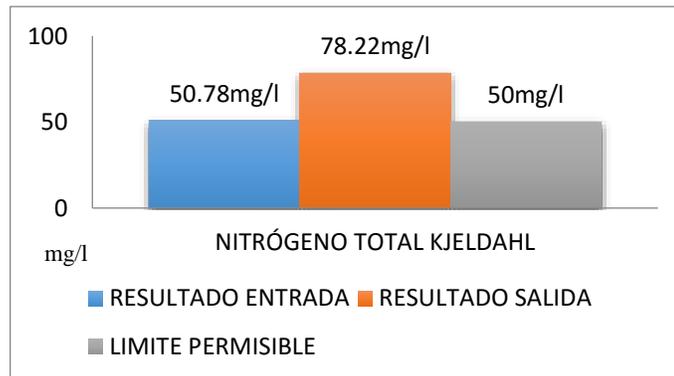
$$\%EF = \frac{FZ - FA}{FZ} * 100 = \%$$

$$\%EF = \frac{30.58 \text{ mg/l} - 59.65 \text{ mg/l}}{30.58 \text{ mg/l}} * 100$$

$$EF = -95.06 \%$$

La eficiencia de reducción en este parámetro es de -95.06 %. Debido a que el nitrógeno amoniacal en las unidades de tratamiento aumenta, tiende a ser un valor negativo el porcentaje.

Gráfico 4 Nitrógeno Total Kjeldahl



Elaborado por: Jerson Figueroa, 2016

Al ingreso el parámetro del nitrógeno total Kjeldahl consta de 50.78 mg/l y al ser tratado en la planta de tratamiento el parámetro es de 78.22 mg/l causando un aumento en el rango en un 27.44 mg/l y siendo la concentración más alta que el límite permisible según la Ley Ambiental vigente que es 50 mg/l. Por ello NO CUMPLE con la ley establecida.

Cálculo de la eficiencia del nitrógeno total Kjeldahl:

$$\%EF = \frac{FZ - FA}{FZ} * 100 =$$

$$\%EF = \frac{50.78 \text{ mg/l} - 78.22 \text{ mg/l}}{50.78 \text{ mg/l}} * 100$$

$$EF = -54.03\%$$

La eficiencia en este parámetro es negativo llegando a ser de -54.03%. Debido a que el nitrógeno Total Kjeldahl en las unidades de tratamiento aumenta, tiende a ser un valor negativo el porcentaje.

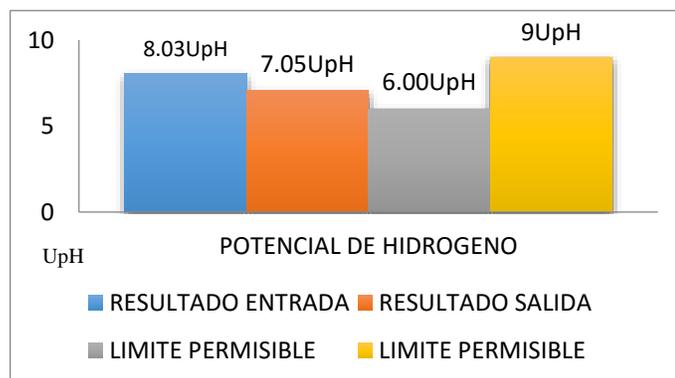
Gráfico 5 Aceites y Grasas Gravimétrico



Elaborado por: Jerson Figueroa, 2016

Los aceites y grasas gravimétrico consta de <20 mg/l y al ser tratado en la planta de tratamiento el parámetro es de <20 mg/l siendo la misma concentración y CUMPLIENDO con el límite permisible según la Ley Ambiental vigente que es 30 mg/l. Por lo que la eficiencia en este parámetro es admisible pero no verificable.

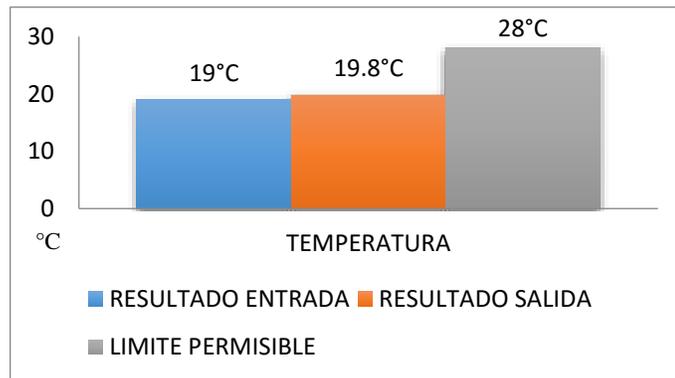
Gráfico 6 Potencial de Hidrógeno



Elaborado por: Jerson Figueroa, 2016

Al ingresar el parámetro de potencial hidrogeno consta de 8.03 y al ser tratado en la planta de tratamiento el parámetro es de 7.05 siendo una concentración menor y CUMPLIENDO con el límite permisible según la Ley Ambiental vigente que es de 6 a 9, es así como no causa ninguna contaminación ni afectación a la salud humana. Es importante estar en los rangos para que se desarrollen los microorganismos en los procesos biológicos.

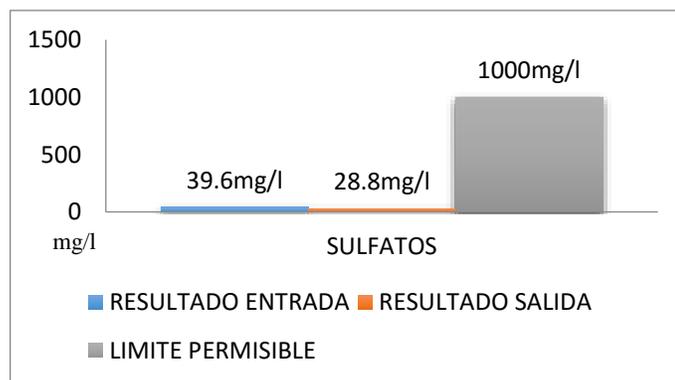
Gráfico 7 Temperatura



Elaborado por: Jerson Figueroa, 2016

Al ingresar el parámetro de la temperatura consta de 19°C y al ser tratado en la planta de tratamiento el parámetro es de 19.8°C siendo una concentración mayor pero CUMPLIENDO con el límite permisible según la Ley Ambiental vigente que es de 28+3°C, es así como no causa ninguna contaminación ni afectación a la salud humana.

Gráfico 8 Sulfatos



Elaborado por: Jerson Figueroa, 2016

Al ingresar el parámetro de sulfatos consta de 39.6 mg/l y al ser tratado en la planta de tratamiento el parámetro es de 28.8 mg/l siendo una concentración menor y CUMPLIENDO con el límite permisible según la Ley Ambiental vigente que es de 1000 mg/l, es así como este parámetro no causa ninguna contaminación.

Cálculo de la eficiencia de los Sulfatos:

$$\% \text{ EF} = \frac{\text{FZ} - \text{FA}}{\text{FZ}} * 100 =$$

$$\% \text{ EF} = \frac{39.6 \text{ mg/l} - 28.8 \text{ mg/l}}{39.6 \text{ mg/l}} * 100$$

$$\text{EF} = 27.27\%$$

La eficiencia de reducción es de 27.27%. Debido a que el Sulfatos en las unidades de tratamiento disminuye, tiende a ser un valor positivo el porcentaje.

Gráfico 9 Coliformes Fecales



Elaborado por: Jerson Figueroa, 2016

En lo que se refiere a Coliformes fecales al ingreso el parámetro consta de 160000 NMP/100ml y al ser tratado en la planta de tratamiento, el parámetro es de 92000 NMP/100ml, siendo una concentración menor pero NO CUMPLE con el límite permisible según la Ley Ambiental vigente que es de 2000 NMP/100ml, es así como este parámetro tiene un alto contaminante fecal.

Cálculo de la eficiencia de los Coliformes fecales:

$$\% \text{ EF} = \frac{\text{FZ} - \text{FA}}{\text{FZ}} * 100 =$$

$$\% \text{ EF} = \frac{160000 \text{ NMP}/100\text{ml} - 92000 \text{ NMP}/100\text{ml}}{160000 \text{ NMP}/100\text{ml}} * 100$$

$$\text{EF} = 42.50\%$$

La eficiencia de reducción es de 42.50%. Debido a que el Coliformes fecales en las unidades de tratamiento disminuye, tiende a ser un valor positivo el porcentaje.

Gráfico 10 Sólidos Suspendidos Totales



Elaborado por: Jerson Figueroa, 2016

Los sólidos suspendidos totales es materia disuelta en un medio acuoso que tiene residuos orgánicos y sales y consta de 324 mg/l y al ser tratado en la planta de tratamiento el parámetro es de 210 mg/l siendo una concentración menor pero NO CUMPLE con el límite permisible según la Ley Ambiental vigente que es de 130 mg/l. Es así como este parámetro causa contaminación como es la generación de malos olores e indica que el tratamiento físico y biológico es deficiente.

Cálculo de la eficiencia sólidos suspendidos totales:

$$\% \text{ EF} = \frac{\text{FZ} - \text{FA}}{\text{FZ}} * 100 =$$

$$\% \text{ EF} = \frac{324 \text{ mg/l} - 210 \text{ mg/l}}{324 \text{ mg/l}} * 100$$

$$\text{EF} = 35.18\%$$

La eficiencia de reducción es de 35.18%. Debido a que los sólidos suspendidos totales en las unidades de tratamiento disminuyen, tiende a ser un valor positivo el porcentaje.

Gráfico 11 Sólidos Totales



Elaborado por: Jerson Figueroa, 2016

Al ingresar el parámetro de los sólidos totales consta de 808 mg/l y al ser tratado en la planta de tratamiento el parámetro es de 750 mg/l siendo una concentración menor y cumpliendo con el límite permisible según la Ley Ambiental vigente que es de 1600 mg/l, es así como este parámetro no causa contaminación.

Cálculo de la eficiencia sólidos totales:

$$\% \text{ EF} = \frac{\text{FZ} - \text{FA}}{\text{FZ}} * 100 =$$

$$\% \text{ EF} = \frac{808 \text{ mg/l} - 750 \text{ mg/l}}{808 \text{ mg/l}} * 100$$

$$\text{EF} = 7.17 \%$$

La eficiencia de reducción es de 7.17 %. Debido a que los sólidos totales en las unidades de tratamiento disminuyen, tiende a ser un valor positivo el porcentaje.

Gráfico 12 Demanda Química de Oxígeno

Elaborado por: Jerson Figueroa, 2016

La Demanda Química de Oxígeno es necesario para determinar la calidad del agua o la carga contaminante de un vertido y diseñar las medidas de remediación. Al ingresar este parámetro a la planta de tratamiento es de 778 mg/l y al ser tratado en los diferentes procesos el parámetro es de 600 mg/l siendo una concentración menor pero NO CUMPLE con el límite permisible según la Ley Ambiental vigente que es de 200 mg/l.

Cálculo de la eficiencia DQO:

$$\% \text{ EF} = \frac{\text{FZ} - \text{FA}}{\text{FZ}} * 100 =$$

$$\% \text{ EF} = \frac{778 \text{ mg/l} - 600 \text{ mg/l}}{778 \text{ mg/l}} * 100$$

$$\text{EF} = 22.87\%$$

La eficiencia de reducción en este parámetro es de 22.87%. Debido a que el DQO en las unidades de tratamiento disminuye, tiende a ser un valor positivo el porcentaje.

Promedio general

Para realizar el promedio general es necesario la suma de todos los parámetros en porcentajes obtenidos

EF= DBO5 + nitrógeno amoniacal + nitrógeno total Kjeldahl + Sulfatos + Coliformes fecales + sólidos suspendidos totales + sólidos totales + DQO

EF= [(35.47) + (-95.06) + (-54.03) + (27.27) + (42.50) + (35.18) + (7.17) + (22.87)]%

Sumatoria= 21.37

Promedio = 21.37 / 8 = 2.67 = 3%.

El promedio general de la eficiencia en la planta de tratamiento es de 3%, siendo deficiente todas las unidades de tratamiento. En este caso el sedimentador y digester primario no aporta mucho en la disminución de los sólidos en suspensión, sólidos totales, DBO5 y DQO, el digester secundario de la misma manera no disminuye y no cumple su función de filtrar el agua tratada.

Medidas de remediación para disminuir el riesgo ambiental por contaminantes hídricos.

La planta de tratamiento de aguas residuales abarca el 66.6% del alcantarillado del cantón Pujilí., véase en el gráfico N 1. Para ello es de vital importancia medidas de remediación para mitigar los impactos generados.

Método de aforo

Para el aforo se utilizó un vertedero triangular de 90°. Esto se lo realizó en distintas horas del día y durante 7 días. Se debe tomar en cuenta que el flujo se vierta sin problemas, hay que mantener el canal limpio de todo material para evitar errores. El caudal debe tener relación con la altura de salida. De esta manera se calculó el aforo entrante a la planta de tratamiento Patoa. El promedio de los 7 días es de vital importancia para obtener una altura general con un promedio de 17 cm.

Tabla 11 Altura en el vertedero

Hora	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7
07:00	16.5 cm.	16 cm.	15.5 cm.	15,3 cm.	15.2 cm.	14,7 cm.	14.3 cm.
12:00	18.5 cm.	17.5 cm.	18.7 cm.	17.7 cm.	18.4 cm.	17.9 cm.	18.2 cm.
16:00	14.5 cm.	15.4 cm.	15.3 cm.	15.4 cm.	16.2 cm.	15.6 cm.	16.4 cm.
Promedio	16.5 cm.	16.3 cm.	16.5 cm.	16.55 cm.	16.6 cm.	16.75 cm.	16.3 cm.

Elaborado por : Jerson Figueroa, 2016

Según la fórmula para vertedero triangular de 90°

$$Q = 1.4 * (h)^{\frac{5}{2}}$$

En donde :

1.4 = Constante

h = Altura en el vertedero

Q = Caudal

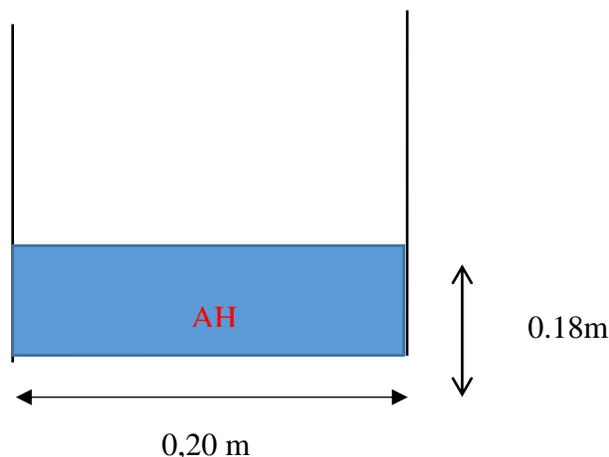
$$Q = 1.4 * (0.17\text{cm})^{\frac{5}{2}}$$

$$Q = 0.016 \text{ m}^3/\text{seg}$$

El caudal aforado entrante en la planta de tratamiento Patoa de Izurieta es de 16 lt/seg.

Canal de aducción

Mediante este canal rectangular el agua residual proveniente de las alcantarillas se conducirá directamente a los tratamientos de la planta Patoa de Izurieta. Para ello su ancho es de 0.20 m y de alto de 0.18 m.



En donde:

Br = ancho del canal

h= altura del canal

Ah = área hidráulica

X= perímetro mojado

Rh = radio hidráulica

El área hidráulica se realiza con la siguiente formula:

$$\mathbf{Ah = Br * h}$$

$$Ah = 0.20 \text{ m} * 0.18 \text{ m}$$

$$\mathbf{Ah = 0.036 \text{ m}^2}$$

Como resultado tenemos el área hidráulica de **0.036 m²**

El perímetro mojado se realiza con la siguiente formula:

$$\mathbf{X = h + Br + h}$$

$$X = (0.18 \text{ m} + 0.20 \text{ m} + 0.18 \text{ m})$$

$$\mathbf{X = 0.56 \text{ m}}$$

Como resultado tenemos el perímetro mojado de **0.56 m**

DATOS:

Br = 0.20 m

h = 0.18 m

Ah = 0.036 m²

χ = 0.56 m

El radio hidráulico según la fórmula:

$$\mathbf{Rh = \frac{Ah}{\chi}}$$

$$Rh = \frac{0.036 \text{ m}^2}{0.56 \text{ m}}$$

$$Rh = 0.06 \text{ m}$$

El radio hidráulico es de **0.06 m**

Cálculo de la velocidad según Manning

Fórmula

$$v = \frac{1}{n} * R^{2/3} * i^{1/2}$$

En Donde:

v = Velocidad

n = Coeficiente de Manning (hormigón) 0.016

R = Radio Hidráulico 0.06 m

i = Pendiente 0.001 (1 ‰)

DATOS

v = ?

n = 0.016

R = 0.06 m

i = 0.001 (1 ‰)

Aplicando la fórmula:

$$v = \frac{1}{0.016} * (0.06)^{2/3} * (0.001)^{1/2}$$

$$v = 62.5 * 0.15 * 0.031$$

$$v = 0.55 \text{ m/seg}$$

En donde:

Q max = caudal máximo

V = velocidad

Ah = área hidráulica

Al tener la velocidad y el área hidráulica se procede a calcular el caudal máximo, el mismo que servirá para diseñar las unidades de tratamiento

Fórmula para calcular el caudal máximo

$$\mathbf{Q. \max = v * Ah}$$

En donde :

Q max= Caudal máximo

V = velocidad

Ah =área hidráulica

$$\mathbf{Q. \max = 0.55m^3/seg * 0.036 m^2}$$

$$\mathbf{Q. \max = 0.019m^3/seg}$$

$$\mathbf{Q. \max = 19 L/seg}$$

El caudal máximo de soporte fue calculado mayor al caudal máximo aforado, es menester realizarlo de esta forma para recoger el agua residual durante las mayores eventualidades, es así como se demuestra su eficiencia.

Diseño de la rejilla

El diseño de esta medida permitirá separar los materiales solidos de mayor dimensión y bastos, la principal función es prevenir daños a los equipos de tratamiento y obstrucción en la conducción del efluente en la planta. Se tomó en cuenta los criterios de la tablas 1. El cribado estará diseñado a una inclinación de 45°. Se utilizara rejillas finas. La limpieza será manual. Para ello se diseñó cálculos:

Profundidad de la rejilla (P en metros)**Fórmula:**

$$P=Q. \frac{b + L}{\left(1 - \frac{G}{100}\right) \cdot Vp \cdot L \cdot Br}$$

En Donde:**P**= Profundidad (m)**Q. max**= Caudal (lt/seg)**b**= Ancho de los barrotes (m)**L**= Luz o espacio entre barrotes (m)**Vp** = Velocidad de paso (m/seg)**Br** = Acho del canal (m)**G** = Grado de colmatación (usualmente se adopta un valor del 30%)**DATOS:****Br** = 0.20 m**h** = 0.18 m**Vp** = 0.55 m/seg**Q. max** = 19 L/seg o = 0.019 m³/seg**b** = 0.006 m**L** = 0.012 m

$$P = 0.019m^3/seg. \frac{0.006m + 0.012m}{\left(1 - \frac{30}{100}\right) * 0.55m/seg * 0.012m * 0.20m}$$

$$P = 0.019m^3/seg. \frac{0.006m + 0.012m}{0.7 * 0.55m/seg * 0.012m * 0.20m}$$

$$P = 0.019m^3/seg. \frac{0.018m}{0.0009m^3/seg}$$

$$P = 0.019m^3/seg. * 20m^2$$

$$P = 0.38 m$$

La profundidad de la rejilla en el canal es de **0.38 m**

ÁREA DE LA REJILLA (m²)

Fórmula:

$$AR = Br * \frac{L}{L + b} * \left(1 - \frac{G}{100}\right)$$

En donde:

AR = Área de la rejilla

Br = Acho del canal (m)

L = Luz o espacio entre barrotes (m)

b = Ancho de los barrotes (m)

G = Grado de colmatación (usualmente se adopta un valor del 30)

DATOS:

Br = 0.20 m

b = 0.006 m

L = 0.012 m

G = 30

$$AR = Br * \frac{L}{L + b} * \left(1 - \frac{G}{100}\right)$$

$$AR = 0.20 \text{ m} * \frac{0.012 \text{ m}}{(0.012 + 0.006) \text{ m}} * \left(1 - \frac{30}{100}\right)$$

$$AR = 0.20 \text{ m} * \frac{0.012 \text{ m}}{(0.012 \text{ m} + 0.006 \text{ m})} * 0.7$$

$$AR = 0.20 \text{ m} * 0.66 \text{ m} * 0.7$$

$$AR = \mathbf{0.09 \text{ m}^2}$$

El área de la rejilla es de 0.09 m²

Número de barrotes**Fórmula:**

$$N = \frac{Br-L}{b+L}$$

En donde:

N= Número de barrotes

Br = Acho del canal (m)

L= Luz o espacio entre barrotes (m)

b= Ancho de los barrotes (m)

DATOS:

Br = 0.20 m

b = 0.006 m

L = 0.012 m

$$N = \frac{Br-L}{b+L}$$

$$N = \frac{0.20-0.012}{0.006+0.012}$$

$$N = \frac{0.19}{0.018}$$

$$N = 10.5$$

El número de barrotes cálculo es de 10.5 aproximando son 11 barrotes.

La pérdida de carga se lo realiza con la siguiente fórmula :

$$hf = \frac{(Vp)^2}{9.1}$$

hf: perdida de carga en la rejilla

Vp: velocidad de paso

9.1: constante

Aplicando los datos tenemos:

$$hf = \frac{(Vp)^2}{9.1}$$

$$hf = \frac{(0.55\text{m/seg})^2}{9.1}$$

$$hf = \frac{0.30\text{m/seg}}{9.1}$$

$$hf = 0.032 \text{ m/s.}$$

Tenemos una pérdida de carga de = 0.032 m/s.

Tamizado

Este nos permite la separación de sólidos y la eliminación una parte de materia orgánica suspendida, los tamices también son considerados como una unidad de tratamiento primario.

DATOS:

Para transformar el caudal de l/seg a m³/hora.

$$Q. \text{ max} = 19 \text{ l/seg} / \frac{1000 \text{ l/m}^3}{3600 \text{ seg/hora}} = 68.4 \text{ m}^3/\text{hora}$$

Se utilizó la tabla 2 de Lozano Rivas, se determina que el tamiz es de:

Abertura del tamiz: 1.50 mm o 1500 micras, compuesto por dos metros lineales

Tenemos que:

75 m³/h 1.50 mm de abertura del tamiz

68.4 m³/hX

X= 1.36 mm de abertura del tamiz.

Caudal tratado por metro lineal (Q): 1.36 m³/h).

Para nuestro caudal máximo de $0.019 \text{ m}^3/\text{seg}$, el mismo que al transformar nos da $68.40 \text{ m}^3/\text{h}$, se propone un tamiz estático de 1.36 mm de abertura por metro lineal.

Sedimentador

Esta medida de remediación es necesaria para separar partículas o material en suspensión, ya sea en diferentes dimensiones o tamaños, de esta forma se elimina contaminantes en el fluido, ayuda a los sólidos en suspensión y la demanda bioquímica de oxígeno.

Con respecto a la velocidad de sedimentación. Podemos obtener aplicando la fórmula:

$$V_s = \frac{g}{18} * \left(\frac{f_g - f_a}{\mu} \right) * (d_g)^2$$

Cálculos

Datos:

Vs: Velocidad de sedimentación = ?

g: gravedad = $9.8 \text{ (m/s}^2\text{)}$

18: constante

As = 337.5 m^2

f_g: densidad del grano = 1×10^{-2}

f_a: densidad del agua = 1000 Kg/m^3 o $1 * 10^3 \text{ Kg/m}^3$

μ: viscosidad dinámica del fluido del agua = $1.028 \times 10^{-3} \text{ m}$

d_g: diámetro del grano = 100 micras

Q: 19 lt/s o $1641 \text{ m}^3/\text{día}$

Para transformar la densidad de grano de micras a metros.

$$100 \text{ micras} \left| \frac{1 \text{ mm}}{1000 \text{ micras}} \right| \left| \frac{1 \text{ m}}{1000 \text{ mm}} \right| = 1 \times 10^{-4} = 0.0001 \text{ m.}$$

Para transformar el caudal de lt/s a m³/día.

$$19 \frac{\text{ls}}{\text{s}} \left| \frac{1\text{m}^3}{1000\text{l}} \right| \frac{86400 \text{ s}}{1 \text{ día}} = 1641.6\text{m}^3/\text{día}$$

$$V_s = \frac{9.8\text{m}/\text{seg}^2}{18} * \left(\frac{(2.65 * 10^{-3} \text{ Kg}/\text{m}^3 - 1 * 10^{-3})}{1.028 \times 10^{-3}} \right) * (1 \times 10^{-4} \text{ m})^2$$

$$V_s = 0.54 * 1.60 * 0.0001\text{m}$$

$$V_s = 8.64 \times 10^{-5} \text{ m}$$

La velocidad de sedimentación es de $8,64 \times 10^{-5} \text{ m}$

Área Hidráulica

Fórmula

$$Q = Ah * V$$

En donde :

V= velocidad

Q = caudal de diseño

Ah = área hidráulica

$$Ah = \frac{0.019 \frac{\text{m}^3}{\text{seg}}}{8.64 \times 10^{-5} \frac{\text{m}}{\text{s}}}$$

$$Ah = 337.5 \text{ m}^2$$

El área del sedimentado es de 337.5 m^2 .

Velocidad de Paso

Fórmula

$$V_a = \frac{Q}{Ah}$$

En donde :

V_a= velocidad de asentamiento

Q = caudal de diseño

Ah = área hidráulica

$$V_a = \frac{0.019 \frac{\text{m}^3}{\text{seg}}}{337.5 \text{ m}^2}$$

$$V_a = 5.62 \times 10^{-5} \text{ m}$$

La velocidad de asentamiento es de $5.62 \times 10^{-5} \text{ m}$

Entonces

$$V_s > V_a$$

$$8.64 \times 10^{-5} \text{ m} > 5.62 \times 10^{-5} \text{ m}$$

En donde :

Vs: velocidad de sedimentación

Va: velocidad de asentamiento

Se cumple la velocidad de sedimentación es mayor a la velocidad de asentamiento, por ello existe una remoción del 100%.

Régimen hidráulico

Tomando en cuenta estos datos nuestro sedimentador tendrá el siguiente dimensionamiento:

$$A_o = r^2 * \pi$$

$$337.5 \text{ m}^2 = (10.366 \text{ m})^2 * 3.1416$$

$$337.5 \text{ m}^2 = 337.5 \text{ m}^2$$

Tanque aireador

Esta medida es fundamental en el proceso de remediación, consiste en aportar oxígeno en el agua, de esta manera con ayuda de la agitación los lodos activos y el agua residual tienen una mezcla adecuada y evita la sedimentación en el tanque. Este proceso ayuda a la desnitrificación, Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5), Demanda Química de Oxígeno (DQO), salinidad,

temperatura, sólidos en suspensión. Para esta medida se utilizará energía eléctrica es recomendable usar conexiones trifásicas.

Fórmula del volumen

$$V = Q * t$$

En donde:

V = Volumen

Q = Caudal

t = Tiempo de retención

DATOS:

h = 2.00 m

t. ret = 24 min

Q. max = 0.019 m³ /seg

$$V = Q * t$$

$$V = \frac{0.019\text{m}^3}{\text{seg}} * 24 \text{ min} * 60 \text{ seg/min}$$

$$V = 27.6 \text{ m}^3$$

$$V = 27 \text{ m}^3$$

Entonces el Volumen es 27 m³

Fórmula del volumen

$$V = A * h$$

En donde:

V = Volumen

A = Área

h = altura

Datos:

$$V = 27 \text{ m}^3$$

$$h = 2 \text{ m}$$

$$A = ?$$

$$V = A * h$$

$$27 \text{ m}^3 = A * 2\text{m}$$

$$\frac{27 \text{ m}^3}{2 \text{ m}} = A$$

$$A = 13.5\text{m}^2$$

Entonces el área es 13.5 m^2

Calculo de radio del tanque aireador**Fórmula del área del tanque**

$$A = r^2 * \pi$$

En donde:

$$A = \text{Área}$$

$$r^2 = \text{Radio al cuadrado}$$

$$\pi = \text{Pi}$$

DATOS:

$$A = 13.5\text{m}^2$$

$$\pi = 3.1416$$

$$r^2 = ?$$

Despejando r :

$$r = \frac{A}{\pi}$$

$$13.5\text{m}^2 = r^2 * 3.1416$$

$$\frac{13.5 \text{ m}^2}{3.1416} = r^2 = 4.29\text{m}^2$$

$$\sqrt{4.29 \text{ m}^2} = r$$

$$r = 2.07 \text{ m}$$

Entonces el radio es $r = 2.07 \text{ m}$

Filtro lento de arena

La filtración lenta con arena reduce las bacterias, la nubosidad y los niveles orgánicos, reduciendo así la necesidad de desinfección y consecuentemente la presencia de subproductos de desinfección en el agua final.

Fórmula de área superficial

$$\text{Área superficial (As)} = \frac{Qd}{N \cdot Vf}$$

Donde:

As = Área Superficial (m^2)

Vf = Velocidad de Filtración (m/h)

Qd = Caudal de Diseño (m^3/h)

N = Número de Unidades

Datos

Qd = $0.019 \text{ m}^3/\text{seg} = 0.019 \text{ m}^3/\text{seg} \cdot 3600 \text{ seg} = 68.4 \text{ m}^3/\text{h}$

Vf = 0.3 m/h

N = 2

As = ?

$$As = \frac{68.4 \text{ m}^3/\text{h}}{2 \cdot 0.3 \text{ m/h}}$$

$$As = 114 \text{ m}^2$$

El área superficial del filtro es de 114 m^2

Coefficiente de mínimo costo (K):

$$K = \frac{(2 \cdot N)}{(N+1)}$$

$$K = \frac{(2*2)}{(2+1)}$$

$$K = \frac{(4)}{(3)}$$

$$K = 1.33$$

El coeficiente de costo es de 1.33

Longitud de unidad:

Fórmula:

$$L = (As * K)^{\frac{1}{2}}$$

En donde :

As = Área Superficial

K = Coeficiente de Costo

$$L = (114m^2 * 1.33)^{\frac{1}{2}}$$

$$L = (151.62m)^{\frac{1}{2}}$$

$$L = 12.31 \text{ m}$$

La longitud del tanque es de 12.31 m.

Ancho de unidad:

Fórmula

$$b = (As * K)^{\frac{1}{2}}$$

En donde :

As = Área Superficial

K = Coeficiente de Costo

$$b = (114 \text{ m}^2 * 1.33)^{\frac{1}{2}}$$

$$b = (151.62 \text{ m})^{\frac{1}{2}}$$

$$b = 12.31 \text{ m}$$

El ancho del filtro es de 12.31 m

Velocidad de filtración real (VR):**Fórmula**

$$VR = \frac{Qd}{(2*L*b)}$$

En donde :

VR = Velocidad de filtración real

Qd = Caudal de Diseño (m/h)

2 = Constante

L = Largo del filtro

B = Ancho del filtro

Datos:

VR =?

Qd = 68.4m/h

2 = contante

L = 12.31 m

B = 12.31 m

$$VR = \frac{68.4m/h}{(2*12.31m*12.31m)}$$

$$VR = \frac{68.4m/h}{(303.07m)}$$

$$VR = 0.22 \text{ m/h}$$

La velocidad de filtración real no debe sobrepasar 0.30 m/h y tenemos como resultado 0.22m/h, por ello se cumple y el diseño es el adecuado.

Altura del tanque

El tanque deberá contener en primer lugar 0.30 m de grava, 1 m de arena, 0.10 m de limo y 0.10 m de la lámina de agua.

Cámara de cloración**Fórmula del volumen resultante**

$$V_r = \frac{Q * t * 60}{1000}$$

En donde:

V_r = Volumen resultante (m³)

Q = Caudal (lt/seg)

T = Tiempo de contacto mínimo requerido (15 min)

60 = Constante

1000 = Constante

$$V_r = \frac{19 \text{ lt/seg} * 15 \text{ min} * 60 \text{ seg}}{1000 \text{ m}^3}$$

$$V_r = \frac{17100 \text{ lt}}{1000 \text{ m}^3}$$

$$V_r = 17.1 \text{ m}^3$$

El volumen de la cámara de cloración es de 17.1 m³

Volumen total**Fórmula:**

$$V_t = h * L * a$$

En donde :

h = Altura resultante del tirante de agua (m)

L = Largo escogido (m)

a = Ancho escogido (m)

Aplicando la fórmula:

$$V_t = 3 \text{ m} * 2 \text{ m} * 2.85 \text{ m}$$

$$V_t = 17.1 \text{ m}^3$$

Fórmula del área de la cámara

$$A = h * b$$

En donde :

A = Área de la cámara (m^2)

h = Altura resultante del tirante de agua (m)

b = Ancho escogido (m)

Aplicando la fórmula:

$$A = 3 \text{ m} * 2.85 \text{ m}$$

$$A = 8.55 \text{ m}^2$$

El área de la cámara es de 8.55 m^2

Para la cloración en un tiempo de 15 min se va a utilizar una bomba dosificadora de cloro.

Dosificación del cloro para el proceso de desinfección

Fórmula:

$$\text{Cl/día} = \frac{Q * D}{C} / 1000$$

En donde:**Q:** Caudal (l/seg)**D:** Dosis de cloro libre (mg/l)**C:** Concentración de cloro en hipoclorito**Cl/día :** Cantidad diaria de cloro (Kg/día)**86.4 =** Constante**1000=** Constante**Datos****Q:** 19 l/seg**D:** 0.5 mg/l**C:** 0.6**Cl/día:** ?

$$\text{Cl/día} = \frac{19 \frac{\text{l}}{\text{seg}} * 0.5 \text{ mg/l}}{0.6} * 86.4/1000$$

$$\frac{\text{Cl}}{\text{día}} = 15.83 * 86.4 /1000$$

$$\text{Cl/día} = 1.37 \text{ Kg/día}$$

DESARROLLO DE LA PROPUESTA

Para tratar de aumentar la eficiencia de la planta se ha diseñado varias medidas de remediación. Entre ellas se encuentra el pretratamiento, el mismo que consta de un canal de aducción con una altura de 0.18 m, el ancho de 0.20 m y una área total de 0.036 m. Este servirá para la conducción del agua residual a las unidades de tratamientos., **Véase en el anexo 5**

Pre tratamiento

Rejillas

Las rejillas tienen unas ciertas características según Russell (2012) afirma:

Las rejillas se utilizan para proteger bombas, válvulas, tuberías y otros elementos, contra posibles daños y obturaciones ocasionados por objetos de gran tamaño como trapos y palos. Las rejillas de limpieza manual se usan con bastante frecuencia en planta de tratamiento pequeñas; los sólidos removidos por las rejillas se colocan sobre una bandeja perforada para su deshidratación. Las rejillas de limpieza mecánica emplean cadenas sin fin, cables o mecanismos con ruedas dentadas recíprocantes, que mueven un rastrillo empleado para remover los residuos acumulados por la rejilla. (p. 246)

Como medida de remediación para los sólidos gruesos y bastos se diseñó la rejilla con las siguientes dimensiones: La profundidad de la rejilla en el canal es de 0.38 m. El área de la rejilla es de 0.09 m². El número de barrotes cálculo es de 10.5 aproximando son 11 barrotes. Tenemos una pérdida de carga de = 0.032 m/s., **Véase en el anexo 5**

Tamiz

Hernández y Galán (s.f.) afirman que: Este tratamiento elimina residuos sólidos, tiene una separación libre entre barras hasta de 0.2 mm, normalmente se utiliza 1 mm. Con limpieza

automática, que permita sustituir en muchos casos los desbastes, la eliminación de arenas gruesas y hasta porcentajes del 30% de grasas y sobrantes. El proceso es estrictamente físico.

En este tratamiento se diseñó un tamiz, además cabe recalcar que tiene una remoción entre 5% a 25% en sólidos en suspensión. Para nuestro caudal máximo de $0.019 \text{ m}^3/\text{seg}$, el mismo que al transformar nos da $68.40 \text{ m}^3/\text{h}$, se propone un tamiz estático de 1.36 mm de abertura por metro lineal. **Véase en el anexo 5**

Tratamiento primario

Sedimentación

La principal función del sedimentador según Russell (2012) afirma:

El objetivo del tratamiento por sedimentación es el de remover rápidamente los residuos sólidos sedimentables y material flotante para así disminuir la concentración de sólidos suspendidos. La sedimentación primaria se emplea como parte del pretratamiento dentro del procesamiento integral de las aguas residuales. Los sedimentadores primarios, diseñados y operados pacientemente, remueven entre 50% y 70% de sólidos suspendidos y entre 25% y 40% de DBO_5 . (p. 300)

El sedimentador que va ayudara los solios en suspensión por lo que se diseñó con: la velocidad de sedimentación es de $8,64 \times 10^{-5} \text{ m}$. El área del sedimentado es de 337.5 m^2 . La velocidad de asentamiento es de 5.62×10^{-5} ., **Véase en el anexo 5**

Sólidos en Suspensión Totales en 50%

Para determinar la remoción esperada en primer lugar se realiza una regla de tres simple, el 100% es equivalente al parámetro de los análisis de entrada., véase en la tabla N° 9,

posteriormente se toma el 50% que es la remoción esperada de Sólidos en Suspensión Totales en el sedimentador.

Datos

100% 324 mg/l

50% X =

$$\text{SST} = \frac{50\% * 324\text{mg/l}}{100\%}$$

$$\text{SST} = \frac{16200\text{mg/l}}{100}$$

$$\text{SST} = 162 \text{ mg/l}$$

Fórmula de la Remoción Esperada

$$\text{RE} = \text{RUT} - \text{LPFR}$$

En donde:

RE = Remoción Esperada

RUT = Remoción de la Unidad de Tratamiento

LPFR = Límite Permisible Fuera del Rango

$$\text{RE} = 324 \text{ mg/l} - 162 \text{ mg/l}$$

$$\text{RE} = 162 \text{ mg/l}$$

Los sólidos suspendidos totales en el sedimentador tienen una remoción esperada de 162mg/l, no cumpliendo lo que está estipulado en el Acuerdo Ministerial 097, tabla 09, que es 130mg/l. Por ello es de vital importancia diseñar otra unidad de tratamiento.

DBO5 en 25%

Para determinar la remoción esperada en primer lugar se realiza una regla de tres simple, el 100% es equivalente al parámetro de los análisis de entrada., véase en la tabla N° 9, posteriormente se toma el 25% que es la remoción esperada de DBO5 en el sedimentador.

Datos

100% 316.74 mg/l

25% **X** =

$$\mathbf{DBO5} = \frac{25\% * 317.74\text{mg/l}}{100\%}$$

$$\mathbf{DBO5} = \frac{7918.5\text{mg/l}}{100}$$

$$\mathbf{DBO5} = 79.18 \text{ mg/l}$$

Fórmula de la Remoción Esperada

$$\mathbf{RE = LPFR - RUT}$$

En donde:

RE = Remoción Esperada

RUT = Remoción de la Unidad de Tratamiento

LPFR = Límite Permisible Fuera del Rango

$$\mathbf{RE = 316.74 \text{ mg/l} - 79.18 \text{ mg/l}}$$

$$\mathbf{RE = 237.56 \text{ mg/l}}$$

El DBO5 en el sedimentador tiene una remoción esperada de 237.56 mg/l, no cumpliendo lo que está estipulado en el Acuerdo Ministerial 097, tabla 09, que es 100 mg/l. Por ello es de vital importancia diseñar otra unidad de tratamiento.

Tratamiento Secundario

Según Comisión Nacional del Agua (CMA, 2007), El proceso de lodos activados tiene como objetivo la remoción de materia orgánica, en terminas de DBO5, de las aguas residuales. Esto se hace por microorganismos, de la DBO5 en CO2 y H2O y en nuevas células de microorganismos. Estos se separan por sedimentación, una parte son recirculados y el resto remueve la materia orgánica. La combinación de microorganismos y agua residual se conoce como lodo activado (pp. 42-43).

El tanque aireador es necesario según la Comisión Nacional del Agua. (CNA, 2007): “El oxígeno requerido para el funcionamiento del proceso se suministra por medio de aireadores mecánicos o por medio de difusores. Los aireadores mecánicos pueden ser con turbina sumergida o superficiales de alta o de baja velocidad” (p. 43).

Tanque aireador

Es muy recomendable según la Comisión Nacional del Agua. (CNA, 2007): “La eficiencia del proceso por su remoción de DBO5 es 85 a 95%, sólidos en suspensión de 70 % a 95% y la remoción de N-NH3: 10 a 20%”(p. 45).

Esta medida ayudará a dar oxígeno al agua por lo que se diseñó mediante el volumen es 27 m^3 . Entonces el área es 13.5 m^2 y el radio es $r = 2.07 \text{ m}$., Véase en el anexo 5

Sólidos en Suspensión Totales en 70%

Para determinar la remoción esperada en primer lugar se realiza una regla de tres simple, el 100% es equivalente al parámetro de los análisis de entrada., véase en la tabla N° 9,

posteriormente se toma el 70% que es la remoción esperada de Sólidos en Suspensión Totales en el tanque aireador.

Datos

100% 162mg/l

70% X =

$$SST = \frac{70\% * 162\text{mg/l}}{100\%}$$

$$SST = \frac{11340\text{mg/l}}{100}$$

$$SST = 113.4 \text{ mg/l}$$

Fórmula de la Remoción Esperada

$$RE = LPFR - RUT$$

En donde:

RE = Remoción Esperada

RUT = Remoción de la Unidad de Tratamiento

LPFR = Límite Permisible Fuera del Rango

$$RE = 162\text{mg/l} - 113.4 \text{ mg/l}$$

$$RE = 48.6 \text{ mg/l}$$

Debido a que el sedimentador no cumplió con el límite permisible, es necesario para disminuir los sólidos en suspensión totales el diseño del tanque aireador, mediante el proceso de remoción se espera tener 48.6 mg/l, cumpliendo lo que está estipulado en el Acuerdo Ministerial 097, tabla 09, que es 130 mg/l.

DBO5 en 85%

Para determinar la remoción esperada en primer lugar se realiza una regla de tres simple, el 100% es equivalente al parámetro de los análisis de entrada., véase en la tabla N° 9, posteriormente se toma el 85% que es la remoción esperada de DBO5 en el tanque aireador.

Datos

100% 237.56 mg/l

85% X =

$$\text{DBO5} = \frac{85\% * 237.56\text{mg/l}}{100\%}$$

$$\text{DBO5} = \frac{20192.6\text{mg/l}}{100}$$

$$\text{DBO5} = 202 \text{ mg/l}$$

Fórmula de la Remoción Esperada

$$\text{RE} = \text{LPFR} - \text{RUT}$$

En donde:**RE** = Remoción Esperada**RUT** = Remoción de la Unidad de Tratamiento**LPFR** = Límite Permisible Fuera del Rango

$$\text{RE} = 237.56 \text{ mg/l} - 202 \text{ mg/l}$$

$$\text{RE} = 35.56 \text{ mg/l}$$

Debido a que el sedimentador no cumplió con el límite permisible, es necesario para disminuir el DBO5 el diseño del tanque aireador mediante el proceso de remoción se espera tener 35.56 mg/l, cumpliendo lo que está estipulado en el Acuerdo Ministerial 097, tabla 09, que es 100 mg/l.

DQO

Según Lozano Rivas (2012) Afirma: “La remoción de DQO (mg/L) es 1,5 x DBO removida”. Por ello se tomó la remoción final del DBO5.

Fórmula

$$\text{DBO5 removido} * 1.5$$

$$35.56 \text{ mg/l} * 1.5$$

$$\mathbf{53.34 \text{ mg/l}}$$

El DQO en las unidades de tratamiento tiene una remoción esperada de 53.34 mg/l, cumpliendo lo que está estipulado en el Acuerdo Ministerial 097, tabla 09, que es 200 mg/l.

Metales Pesados**Nitrógeno Amoniacal en 10%**

Para determinar la remoción esperada en primer lugar se realiza una regla de tres simple, el 100% es equivalente al parámetro de los análisis de entrada., véase en la tabla N° 8, posteriormente se toma el 10% que es la remoción esperada del nitrógeno amoniacal en el tanque aireador.

Datos

100% 30.58 mg/l

10% X =

$$\text{NH}_3 - \text{N} = \frac{10\% * 30.8 \text{ mg/l}}{100\%}$$

$$\text{NH}_3 - \text{N} = \frac{308 \text{ mg/l}}{100}$$

$$\mathbf{\text{NH}_3 - \text{N} = 3.08 \text{ mg/l}}$$

Fórmula de la Remoción Esperada

$$\mathbf{\text{RE} = \text{LPFR} - \text{RUT}}$$

En donde:

RE = Remoción Esperada

RUT = Remoción de la Unidad de Tratamiento

LPFR = Límite Permisible Fuera del Rango

$$RE = 30.58 \text{ mg/l} - 3.08 \text{ mg/l}$$

$$RE = 27.5 \text{ mg/l}$$

El nitrógeno amoniacal en el tanque aireador mediante el proceso de remoción esperado es 27.5 mg/l, cumpliendo lo que está estipulado en el acuerdo ministerial 097, tabla 09, que es 30 mg/l.

Nitrógeno Total Kjeldahl en 10%

Para determinar la remoción esperada en primer lugar se realiza una regla de tres simple, el 100% es equivalente al parámetro de los análisis de entrada., véase en la tabla N° 8, posteriormente se toma el 10% que es la remoción esperada del nitrógeno total Kjeldahl en el tanque aireador.

Datos

100% 50.78 mg/l

10% X =

$$NT = \frac{10\% * 50.78 \text{ mg/l}}{100\%}$$

$$NT = \frac{507.8 \text{ mg/l}}{100}$$

$$NT = 5.07 \text{ mg/l}$$

Fórmula de la Remoción Esperada

$$RE = LPFR - RUT$$

En donde:

RE = Remoción Esperada

RUT = Remoción de la Unidad de Tratamiento

LPFR = Límite Permisible Fuera del Rango

$$RE = 50.78 \text{ mg/l} - 5.07 \text{ mg/l}$$

$$RE = 45.71 \text{ mg/l}$$

El nitrógeno total Kjeldahl en el tanque aireador mediante durante proceso de remoción esperado es 45.71 mg/l, cumpliendo lo que está estipulado en el acuerdo ministerial 097, tabla 09, que es 50 mg/l.

Filtro Lento de Arena

Según el Centro Nacional de los Servicios de Medio Ambiente (NESC, 1995) afirma: Los filtros lentos de arena son simples, fiables, baratos de construir, pero requieren operadores altamente cualificados. Consiste en filtrar el agua no tratada lentamente a través de una cama porosa de arena, el agua entra a la superficie del filtro y luego drena por el fondo. El tanque contiene una cama de arena fina, una capa de grava que soporta la arena, un sistema de subdrenajes para recoger el agua filtrada y un regulador de flujo para controlar la velocidad de filtración. No se añade químicos (p. 01).

Es de gran utilidad para filtrar el agua por lo que sus dimensiones consta de una área superficial del filtro es de 114m².El coeficiente de costo es de 1.33. La longitud del tanque es de 12.31 m. El ancho del filtro es de 12.31 m. La velocidad de filtración real no debe sobrepasar 0.30 m/h y tenemos como resultado 0.22 m/h, por ello se cumple y el diseño es el adecuado., **Véase en el anexo 5**

Agentes Patógenos (Coliformes fecales) en 90%

Para determinar la remoción esperada en primer lugar se realiza una regla de tres simple, el 100% es equivalente al parámetro de los análisis de entrada., véase en la tabla N° 8, posteriormente se toma el 90% que es la remoción esperada del coliformes fecales en el Filtro Lento de Arena.

Datos

100% 160000 NMP/100 ml

90% X =

$$CF = \frac{90\% * 160000 \text{ NMP/100ml}}{100\%}$$

$$CF = \frac{14400000 \text{ NMP/100ml}}{100}$$

$$CF = 144000 \text{ NMP/100 ml}$$

Fórmula de la Remoción Esperada

$$RE = LPFR - RUT$$

En donde:**RE** = Remoción Esperada**RUT** = Remoción de la Unidad de Tratamiento**LPFR** = Límite Permisible Fuera del Rango

$$RE = 160000 \text{ NMP/100ml} - 144000 \text{ NMP/100ml}$$

$$RE = 16000 \text{ NMP/100 ml}$$

Los coliformes fecales en el Filtro Lento de Arena durante el proceso de remoción que se espera es 16000 NMP/100ml, no cumpliendo lo que está estipulado en el acuerdo ministerial 097, tabla 09, que es 2000 NMP/100ml. Por ello es de vital importancia diseñar otra unidad de tratamiento.

Tratamiento terciario

Cloración

En esta medida de remediación según la Comisión Nacional del Agua. (CNA, 2007): “El proceso incluye la adición de cloro o hipoclorito al agua residual. Cuando se usa cloro, este se combina con agua para formar ácido hipocloroso (HOCl) y ácido clorhídrico (HCl)” (p. 88).

Cámara de cloración

Esta medida ayudará a reducir microorganismo patógeno, en este caso los coliformes fecales que permanecen en el agua tratada debido al tratamiento biológico por aeración. . De esta manera el agua tratada puede ser descargada directamente al río Patoa y consta de: un volumen de la cámara de cloración es de 17.1 m³. El área de la cámara es de 8.55m². Para la cloración en un tiempo de 15 min se va a utilizar una bomba dosificadora de cloro que se le debe inyectar 1.37 Kg/día cloro al día., Véase en el anexo 5

Agentes Patógenos (Coliformes fecales) en 85%

Para determinar la remoción esperada en primer lugar se realiza una regla de tres simple, el 100% es equivalente al parámetro de los análisis de entrada., véase en la tabla N° 8, posteriormente se toma el 85% que es la remoción esperada del coliformes fecales en la cámara de cloración.

Datos

100% 16000 NMP/100 ml

85% X =

$$CF = \frac{99\% * 16000 \text{ NMP}/100\text{ml}}{100\%}$$

$$CF = \frac{1584000 \text{ NMP}/100\text{ml}}{100}$$

$$CF = 15849 \text{ NMP}/100 \text{ ml}$$

Fórmula de la Remoción Esperada

$$RE = LPFR - RUT$$

En donde:

RE = Remoción Esperada

RUT = Remoción de la Unidad de Tratamiento

LPFR = Límite Permisible Fuera del Rango

$$RE = 16000 \text{ NMP}/100 \text{ ml} - 15840 \text{ NMP}/100 \text{ ml}$$

$$RE = 160 \text{ NMP}/100 \text{ ml}$$

Los coliformes fecales en la cámara de cloración durante el proceso de remoción que se espera es 160 NMP/100 ml, cumpliendo lo que está estipulado en el acuerdo ministerial 097, tabla 09, que es 2000 NMP/100ml.

Factibilidad de la propuesta

Tabla 12 Remoción esperada en la planta de tratamiento

Parámetro / Unidad de tratamiento	Sedimentador	Tanque Aireador	Filtro Lento de Arena	Cámara de Cloración	Remoción esperada Total	Límite permisible	Observación
Sólidos Suspendidos	162 mg/l	48.6 mg/l			48.6 mg/l	130 mg/l	CUMPLE
DBO5	237.56 mg/l	35.56 mg/l			35.56 mg/l	100 mg/l	CUMPLE
DQO		53.34 mg/l			53.34 mg/l	200 mg/l	CUMPLE
Nitrógeno Amoniacal		27.5 mg/l			27.5 mg/l	30 mg/l	CUMPLE
Nitrógeno Total		45.71 mg/l			45.71 mg/l	50 mg/l	CUMPLE
Coliformes Fecales			16000 NMP/100ml	160 NMP/100ml	160 NMP/100ml	2000 NMP/100ml	CUMPLE

Elaborado por: Jerson Figueroa (2016)

Eficiencia General Esperada

La eficiencia esperada según el diseño de las medidas de remediación para mitigar la contaminación al recurso hídrico, se lo realizo mediante los análisis de entrada de la tabla 9 y también la remoción esperada de la tabla 12.

$$\% \text{ EFE} = \frac{\text{FZ}-\text{FA}}{\text{FZ}} * 100 =$$

En donde:

EFE: Grado de eficiencia esperada en porcentaje

FZ: Sumatoria de las cargas que ingresan a la planta

FE: Sumatoria de las cargas esperadas en la salida de la planta

Cálculo de la eficiencia del DBO5:

$$\begin{aligned} \% \text{EFE} &= \frac{\text{FZ}-\text{FE}}{\text{FZ}} * 100 = \\ \% \text{EFE} &= \frac{316.74 \text{ mg/l}-35.56 \text{ mg/l}}{316.74 \text{ mg/l}} * 100 \\ \text{EFE} &= \mathbf{88.77 \%} \end{aligned}$$

La eficiencia esperada en la planta de tratamiento según el diseño de las medidas de remediación con relación a la remoción esperada en este parámetro es de 88.77 %. Debido a que el DBO5 en las unidades de tratamiento disminuye, tiende a ser un valor positivo el porcentaje.

Cálculo de la eficiencia del nitrógeno amoniacal:

$$\begin{aligned} \% \text{EFE} &= \frac{\text{FZ}-\text{FA}}{\text{FZ}} * 100 = \% \\ \% \text{EFE} &= \frac{30.58 \text{ mg/l}-27.5 \text{ mg/l}}{30.58 \text{ mg/l}} * 100 \\ \text{EFE} &= \mathbf{10 \%} \end{aligned}$$

La eficiencia esperada en la planta de tratamiento según el diseño de las medidas de remediación con relación a la remoción esperada en este parámetro es de 10 %. Debido a que el nitrógeno amoniacal en las unidades de tratamiento disminuye, tiende a ser un valor positivo el porcentaje.

Cálculo de la eficiencia del nitrógeno total Kjeldahl:

$$\begin{aligned} \% \text{EFE} &= \frac{\text{FZ}-\text{FA}}{\text{FZ}} * 100 = \\ \% \text{EFE} &= \frac{50.78\text{mg/l}-45.71 \text{ mg/l}}{50.78\text{mg/l}} * 100 \\ \text{EFE} &= 10\% \end{aligned}$$

La eficiencia esperada en la planta de tratamiento según el diseño de las medidas de remediación con relación a la remoción esperada en este parámetro es 10%. Debido a que el nitrógeno Total Kjeldahl en las unidades de tratamiento disminuye, tiende a ser un valor positivo el porcentaje.

Cálculo de la eficiencia de los Coliformes fecales:

$$\begin{aligned} \% \text{ EFE} &= \frac{\text{FZ}-\text{FA}}{\text{FZ}} * 100 = \\ \% \text{ EFE} &= \frac{160000 - 160}{160000} * 100 \\ \text{EFE} &= 99.9\% \end{aligned}$$

La eficiencia esperada en la planta de tratamiento según el diseño de las medidas de remediación con relación a la remoción esperada en este parámetro es 42.50%. Debido a que el Coliformes fecales en las unidades de tratamiento disminuye, tiende a ser un valor positivo el porcentaje.

Cálculo de la eficiencia sólidos suspendidos totales:

$$\begin{aligned} \% \text{ EFE} &= \frac{\text{FZ}-\text{FA}}{\text{FZ}} * 100 = \\ \% \text{ EFE} &= \frac{324\text{mg/l}-48.6 \text{ mg /l}}{324\text{mg/l}} * 100 \\ \text{EFE} &= 85\% \end{aligned}$$

La eficiencia esperada en la planta de tratamiento según el diseño de las medidas de remediación con relación a la remoción esperada en este parámetro es 35.18%. Debido a que los sólidos suspendidos totales en las unidades de tratamiento disminuye, tiende a ser un valor positivo el porcentaje.

Cálculo de la eficiencia DQO:

$$\% \text{ EFE} = \frac{\text{FZ}-\text{FA}}{\text{FZ}} * 100 =$$

$$\% \text{ EFE} = \frac{778 \text{ mg/l}-53.34 \text{ mg/l}}{778 \text{ mg/l}} * 100$$

$$\text{EFE} = 93.14\%$$

La eficiencia esperada en la planta de tratamiento según el diseño de las medidas de remediación con relación a la remoción esperada en este parámetro es 22.87%. Debido a que el DQO en las unidades de tratamiento disminuye, tiende a ser un valor positivo el porcentaje.

Promedio general

Para realizar el promedio general es necesario la suma de todos los parámetros en porcentajes obtenidos

Sólidos en Suspensión Total + DBO5 + DQO + Nitrógeno Amoniacal + Nitrógeno Total Kjeldahl + Coliformes fecales

$$\text{EFE} = [85 + 88.77 + 93.14 + 10 + 10 + 99.9]\%$$

$$\text{Sumatoria} = 386.81\%$$

$$\text{Promedio} = 386.81 / 6 = 64\%$$

La eficiencia esperada es de 64% demostrando que es factible la propuesta.

Comparación de la eficiencia

La planta de tratamiento de Patoa de Izurieta actualmente tiene una eficiencia de 3% y con las nuevas medidas de remediación la eficiencia esperada es de 64%, aumentando la eficiencia en 61% y demostrando teóricamente que el rediseño es factible y de vital importancia para mitigar los impactos generados

12. IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONÓMICOS):**Impactos técnicos**

La planta de tratamiento de aguas residuales Patoa de Izurieta contiene en su estructura: cribado o rejillas, desarenador - desgrasador, tanque digestor primario, tanque digestor secundario, tanque de bombeo, válvulas y tapas de hierro. (Anexo 3). El área tiene un ancho de 10m y un largo de 58m.

Debido a la deficiencia de estas unidades de tratamientos actuales se ha diseñado varias medidas de remediación que ayudara a remover y a cumplir con los parámetros establecidos en el acuerdo ministerial 097, entre ellas podemos mencionar un Canal de Aducción donde que el flujo ira a las unidades de tratamiento, el rediseño de las Rejillas o Cribado los mismo que cumplirán la función de retener solidos gruesos, de la misma manera del Sedimentador, además se realizó un Tanque Aireador, un Filtro Lento de Arena y una Cámara de Cloración. Mediante esto se espera cumplir con los parámetros establecidos según el acuerdo ministerial 097, tabla N° 9.

En la tabla 12 muestra los resultados esperados por las medidas de remediación, es así, como cumpliría con todos los parámetros estipulados en el acuerdo ministerial 097, tabla 9.

Impactos ambientales.

La planta Patoa de Izurieta genera malos olores causando una contaminación al aire, desechos orgánicos que en este caso son los lodos, desechos sólidos, estos dos desechos causan contaminación al suelo y las aguas residuales al no tener un adecuado tratamiento causa la principal contaminación directamente el cuerpo receptor.

Con un mantenimiento adecuado por EPAPAP, que debe ser quincenalmente y la implantación de las medidas de remediación se espera operar de mejor manera la planta de tratamiento y así mitigar estos impactos generados. Además las descargas de estas aguas residuales serán aptas y por ende el Rio Patoa no tendrá contaminación.

Impactos Económicos

El principal impacto al mitigar esta contaminación generada por la planta Patoa de Izurieta es evitar sanciones por el Ministerio del Ambiente del Ecuador, según el acuerdo ministerial 061.

Mediante las medidas de remediación se pensó en el costo beneficio, ya que las unidades de tratamiento diseñadas son las adecuadas para aumentar la eficiencia de la planta Patoa de Izurieta.

Impactos sociales.

Las comunidades aledañas a la planta serán benefactoras del proyecto, debido a que existe una gran posibilidad de aumentar la calidad de vida, de esta forma también el agua tratada podrán utilizar para riego de los cultivos.

13. PRESUPUESTO PARA LA PROPUESTA DEL PROYECTO

Medidas de remediación	2016
	Precio Unitario
Cribado o Rejillas	\$ 5000
Tamiz	\$ 7500
Sedimentador	\$ 12000
Tanque Aireador	\$ 50000
Filtro Lento de Arena	\$ 15000
Cámara de Cloración	\$ 60000
Sub Total	\$ 149500
10%	\$ 14950
Total	\$ 164450

14. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

14.1 Conclusiones

Se realizó la caracterización de aguas residuales, mediante la recolección, envasado, etiquetado, almacenamiento y transporte hacia el laboratorio acreditado por el SAE, en donde se determinó el muestreo de la entrada y salida, con los siguientes criterios, los parámetros físicos fueron potencial de hidrogeno, temperatura, sólidos suspendidos totales, solidos totales, además los parámetros químicos de mayor importancia: Demanda Bioquímica de Oxígeno, Demanda Química de Oxígeno, sulfatos, nitrógeno total Kjeldalh, nitrógeno amoniacal, aceites y grasas, por último los parámetros biológicos: coliformes fecales, coliformes totales, con el fin de determinar el cumplimiento con los requerimientos para los que fue diseñada e implementada.

Tomando en cuenta los análisis de salida, se determinó que existe algunos parámetros que no cumplen con el Acuerdo Ministerial 097, tabla N° 09, con una diferencia del límite permisible en: los parámetros químicos: (400 mg/l) Demanda Química de Oxígeno, (104.38 mg/l) Demanda Bioquímica de Oxígeno, (28.22 mg/l) nitrógeno total Kjeldalh, (29.65 mg/l) nitrógeno amoniacal, los parámetros biológicos fueron (90000 NMP/100 ml) coliformes fecales y los parameras físicos como (80 mg/l) sólidos suspendidos totales, mientras lo que cumplen y manteniéndose en el límite permisible y con un resultado a favor en los parámetros físicos: potencial de hidrogeno, (8,2 °C) temperatura, (850 mg/l) solidos totales, además los parámetros químicos se tomó en cuenta (971.2 mg/l) sulfatos, (10 mg/l) aceites y grasas.

A través de la formula expuesta de la eficiencia se logró determinar que la planta de tratamiento no tiene una eficiencia adecuada con un promedio general de 3%, debido a que los parámetros analizados excedían los límites permisibles y las unidades de tratamiento no cumplen su función de remediar el agua.

Con el diseño de las medidas de remediación en este caso un Canal de Aducción el que ayudará a la conducción del agua residual, el rediseño de las Rejillas o Cribado retendrá sólidos de mayor dimensión y evitar daños en equipos y válvulas, de la misma manera el Sedimentador que su principal función es separar el material en suspensión, además se realizó un Tanque Aireador que es un tratamiento secundario para reducir varios parámetros, un Filtro Lento de Arena que ayudará a clarificar el agua y una Cámara de Cloración para la desinfección y realizar una descarga directa. De esta forma si se aplicara el rediseño propuesto mejorará la calidad de agua y cumplirá con los parámetros establecidos según el Acuerdo Ministerial 097, tabla 9.

De acuerdo a las medidas de remediación propuestas para mitigar los impactos ambientales y aumentar la eficiencia de la planta de tratamiento de Patoa de Izurieta se espera una remoción en los parámetros químicos: (53.34 mg/l) Demanda Química de Oxígeno, (35.56 mg/l) Demanda Bioquímica de Oxígeno, (45.71 mg/l) nitrógeno total Kjeldalh, (27.5 mg/l) nitrógeno amoniacal, último los parámetros biológicos fueron (160 NMP/100 ml) coliformes fecales, (105 mg/l) y los parámetros físicos como (48.6 mg/l) sólidos suspendidos totales, cumplan con el Acuerdo Ministerial 097, tabla N° 09 y de la misma manera una descarga directa sin problemas.

La planta de tratamiento de Patoa de Izurieta actualmente tiene una eficiencia de 3% y con las nuevas medidas de remediación la eficiencia esperada es de 64%, aumentando la eficiencia en 61% demostrando teóricamente que el rediseño es de vital importancia para mitigar los impactos generados y las medidas de remediación son factibles.

14.2 Recomendaciones

Es recomendable en el muestreo de agua utilizar el protocolo de la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2169:98 y el Equipo de Protección Personal (EPP), de esta manera se evitara errores en el resultado, además es de vital importancia realizar monitoreos de agua semestrales como se encuentra estipulado en el Acuerdo Ministerial 061.

El personal de la Empresa Pública de Agua Potable y Alcantarillado de Pujilí (EPAPAP), debe ser capacitado para dar un adecuado mantenimiento, tanto en limpieza como en equipos, por ello es menester realizar mantenimientos periódicos en cada unidad de tratamiento con el fin de optimizar la eficiencia de estos.

Mediante este proyecto de investigación el GAD Municipal del cantón Pujilí tendrá una alternativa técnica para mitigar los impactos generados por la planta Patoa de Izurieta, evitará considerables sanciones económicas por el Ministerio del Ambiente del Ecuador (MAE) y además ser un ente pionero en la preservación del recurso hídrico, por ello es necesario implementar las medidas de remediación de acuerdo al estudio realizado.

Para continuar con la investigación es necesario realiza un estudio de gestión de residuos sólidos resultantes del mantenimiento de las unidades de tratamiento como es el caso de los lodos, que se los puede utilizar en una compostera para desarrollar abono orgánico, se deberá desarrollar en el relleno sanitario, esto servirá para la reutilización y aprovechamiento ayudando mantener el cuidado del medio ambiente.

15. BIBLIOGRAFÍA

Arboleda Valencia, J. (1992). *Teoría y práctica de la Purificación del agua*. 12 – 13. Recuperado de <http://cidta.usal.es/cursos/ETAP/modulos/libros/teoria.pdf>

Asociación Alemana de Saneamiento (ATV). (1998). *Determinación del grado de eficiencia plantas de tratamiento de residuales -hoja técnica m 755-: Código de regulaciones con respecto gestión de aguas residuales desechos*. Alemania: ANDESAPA/CAPRE

Ayala, R. M., y Gonzales, G. (2008). *Apoyo didáctico en la enseñanza- Aprendizaje de la asignatura de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales. Proyecto de grado previo para la obtención de Diploma Académico de Licenciatura en Ingeniería Civil*. Universidad Mayor de San Simón. Cochabamba – Bolivia.

Centro de las nuevas tecnologías del agua. (2008). *Manual de depuración de aguas residuales urbanas*. Centroamérica. Ideasmares.

Centro Nacional de los Servicios de Medio Ambiente, National Enviroment Services Center (1995). *Tecnología en breve: Filtro Lento de Arena*. Morgantown, EE.UU. : Autor

Coa, R. (2016). *Medición de caudal por el método de vertedero*. Academia. Recuperado de https://www.academia.edu/7453252/Medici%C3%B3n_de_caudal_por_el_m%C3%A9todo_de_vertedero

Comisión Nacional del Agua (CNA). (2007). *Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento: Sistemas alternativos de tratamiento de aguas residuales y lodos producidos*. México: Autor.

Hernández, A. y Galán, P. (s.f.). *Pretratamiento*. Recuperado de <http://cidta.usal.es/cursos/ETAP/modulos/libros/pretratamiento.pdf>

Mackenzie, L. (2005). *Ingeniería y ciencias ambientales de Mackenzie*. México D. F.: McGraw-Hill Interamericana editores, S. A.

Organización panamericana de la salud (2005). *Guía para diseño de sistemas de tratamiento de filtración en múltiples etapas*. Lima, Perú: Autor

Organización panamericana de la salud. (2015). *Guía para el diseño de desarenadores y sedimentadores*. Perú: Lima. Recuperado de <http://www.bvsde.paho.org/bvsatp/e/tecnoapro/documentos/agua/158esp-diseno-desare.pdf>

- Rivas, L. (2102). *Lección 8. Desbaste*. Recuperado de http://datateca.unad.edu.co/contenidos/358039/ContenidoLinea/leccion_8_desbaste.html
- Rivas, L. (2102). *Lección 9. Desarenador*. Recuperado de http://datateca.unad.edu.co/contenidos/358039/ContenidoLinea/leccion_9_desarenador.htm
- Rivas, L. (2102). *Diseño de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales: Módulo didáctico*. Bogotá: Universidad Nacional Abierta y a Distancia – UNAD.
- Romero Rojas, J. (2004). *Tratamiento de aguas residuales: Teoría y principios de diseño*. (3ra Ed). Colombia: Escuela Colombiana de Ingeniería.
- Russell, D. L. (2012). *Tratamiento de aguas residuales*. Barcelona, España: Reverté.
- Silva Salazar, M. (2015). *Potabilización: Procesos y diseños de Plantas*. Ecuador: Quito. Edicumbre.
- Tchobanoglous. G. (1999). *Ingeniería de aguas residuales: Redes de alcantarillado y bombeo*. (1ra Ed). España, Madrid: McGraw-Hill Interamericana, S. A.
- Vargas L. (2004). *Tratamiento de agua para consumo humano. Plantas de filtración rápida*. 38. Recuperado de <http://bibliotecavirtual.minam.gob.pe/biam/bitstream/id/5657/BIV00012.pdf>

16. ANEXOS

Anexo 1 Hojas de vida

16.1 Hoja de Vida del postulante

DATOS PERSONALES

Nombres: Jerson Stalin
Apellidos: Figueroa Robalino
Estado Civil: Soltero
Cédula de Identidad: 050386939-8
Dir. Domiciliaria: Latacunga, Poalo (Centro)
Teléfono: 0998500990
Correo Electrónico: jerson.figueroa8@utc.edu.ec

**FORMACIÓN ACADÉMICA**

Instrucción Primaria : Escuela Fiscal Gabriel García Moreno
Instrucción Secundaria: Unidad Educativa San José La Salle
Instrucción Superior : Universidad Técnica de Cotopaxi

TÍTULOS OBTENIDOS

Título de bachiller especialidad en:

Ciencias Químico Biológicas

Asistente en Farmacia

Título universitario por obtener:

Ingeniero en Medio Ambiente

16.2 Hoja de vida del director**DATOS PERSONALES**

Apellidos: Lara Landázuri
Nombres: Renán Arturo
Estado Civil: Casado
Cedula de Ciudadanía: 0400488011
Dirección Domiciliaria: La Matriz– Latacunga.
Números Telefónicos: 0984795339
E-mail: renan.lara@utc.edu.ec

**FORMACIÓN ACADÉMICA****Tercer Nivel:**

Ingeniero Hidrólogo

Cuarto Nivel:

Magister en Gestión de la Producción

Diploma Superior en Didáctica de la Educación Superior

CARGOS DESEMPEÑADOS

- Actividades de diseño de ingeniería y consultoría de ingeniería para proyectos de ingeniería civil, hidráulica y de tráfico.
- UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI - Carrera Ingeniería de Medio Ambiente –
Docente
- UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI - Carrera Ingeniería de Medio Ambiente –
Coordinador de la Carrera

16.3 Hoja de vida del lector 1 del tribunal**DATOS PERSONALES**

Apellidos:	Clavijo Cevallos	
Nombres:	Manuel Patricio	
Estado Civil:	Casado	
Cedula de Ciudadanía:	0501444582	
Lugar y Fecha de Nacimiento:	Salcedo, 24 de Septiembre de 1965	
Dirección Domiciliaria:	Ciudadela Las Acacias – Ficoa – Ambato.	
Números Telefónicos:	032824577 – 0992050541 - 0998852007	
E-mail:	patricio_clavijo2005@yahoo.com manuel.clavijo@utc.edu.ec	

FORMACIÓN ACADÉMICA**Tercer Nivel:**

Licenciado en Ciencias de la Educación Especialidad Biología y Química

Cuarto Nivel:

Master en Ciencias de la Educación Mención Planeamiento de Instituciones de Educación Superior

Cuarto Nivel:

Diplomado Superior en Nuevas Tecnologías de la Información y Comunicación y Su Aplicación en la Práctica Docente Ecuatoriana

CARGOS DESEMPEÑADOS

- Gerente de Producción y Comercialización del Grupo Camaronero CEGAL, Prov. Del Oro. Enero 1999 - 2001
- Docente de la Universidad Técnica de Cotopaxi – Desde abril 2001 – 2013.
- Docente del Colegio “HUAMBALO” – Prov. del Tungurahua. Abril 2001- 2012.
- Vicerrector del Colegio “HUAMBALO” – Prov. del Tungurahua. Agosto 2003 – 2009.
- Primer Vocal de Consejo Directivo del Colegio Nacional “HUAMBALO” 2003-2005, 2007-2009.

16.4 Hoja de vida del lector 2 del tribunal**DATOS PERSONALES**

Apellidos: Tapia Borja
Nombres: Alexandra Isabel
Estado Civil: Soltera
Cedula de Ciudadanía: 0502661754
Dirección Domiciliaria: Juan Montalvo – Latacunga.
Números Telefónicos: 32292123– 0992910139
E-mail: linze400@hotmail.com
alexandra.tapia @utc.edu.ec

**FORMACIÓN ACADÉMICA****Tecnología:**

Tecnóloga Química Industrial

Tercer Nivel:

Ingeniera Química

Cuarto Nivel:

Magister de Seguridad Industrial Mención Prevención de Riesgos y Salud Ocupacional

CARGOS DESEMPEÑADOS

- EMPRESA ETERNIT - Control de Calidad - Asistente de Control de Calidad
- COLEGIO MILITAR MIGUEL ITURRALDE – Docente de Química
- CENTRO EDUCATIVO CEC - Docente de Química
- UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI - Carrera Ingeniería de Medio Ambiente -
Docente

16.5 Hoja de vida del lector 3 del tribunal**DATOS PERSONALES**

Apellidos:	Córdova Yanchapanta	
Nombres:	Vicente de la Dolorosa	
Cedula de Ciudadanía:	1801634922	
Dirección Domiciliaria:	23 de julio 0202 y Luis cordero, Machachi, Pichincha.	
Números Telefónicos:	0999731878	
E-mail:	vdcordova@gmail.com vicente.cordova @utc.edu.ec	

FORMACIÓN ACADÉMICA**Tercer Nivel:**

Ingeniero Agrónomo

Cuarto Nivel:

Master of Science

Doctor Of Science Ed. Diss: Regional Scale Carbon Flux Estimation Using Modis Imagery

CARGOS DESEMPEÑADOS

Director Técnico de Investigación científica - SENESCYT -

Director Del Departamento De Desarrollo Económico Local - Gobierno municipal autónomo
Descentralizado de Santiago de Píllaro.

Autor y Codirector - Instituto Espacial Ecuatoriano - Universidad Técnica de Cotopaxi

Posdoc Research Associate - Indiana University, USA

Posdoc Research Associate - Texas Tech University, USA

Docente en la maestría en Gestión de la Producción - Universidad Técnica de Cotopaxi

Docente en la maestria en Seguridad y Prevención de Riesgos del Trabajo - UTC

Anexo 2 Análisis de laboratorio de agua (entrada y salida)



CORPLAB

Rigoberto Heredia Oca 157 y Huachi
Quito Ecuador
T + 59 3 2341 4080
ABN 84 0009 936 029
www.corplab.net
www.alsglobal.net

PROTOCOLO N°: 352225	RL-05
SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN	Rev. 01.02
	Página 1 de 3

NOMBRE DEL CLIENTE: SR. IRSON HUIRCA
PROCEDIMIENTO MUESTREO: FOS-01.00 "MUESTREO DE AGUAS", SM 1090 A, B y C
NOMBRE DEL PROYECTO: MONITOREO DE AGUA
DIRECCIÓN DEL PROYECTO: CANTON FUJILI
MUESTREO REALIZADO POR: CORPLABEC S.A. / TÉCNICO SANTIAGO MONTALVÁN - TÉCNICO RAUL CHINGAL
FECHA DE EMISIÓN DE INFORME: 23 DE MARZO DEL 2016
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS: MARZO 06 DEL 2016 / 16:30 / Nº DE CADENA DE DECISIONES: 0011637
LUGAR DE ANÁLISIS: CORPLABEC S.A. / QUITO - RIGOBERTO HEREDIA OCA 157 Y HUACHI
FECHA DE VALIDACIÓN: MARZO DEL 06 AL 23 DE 2016

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA

SUELO		AGUA				
CÓDIGO DE LABORATORIO	CÓDIGO DE MUESTREO	REFERENCIA	FECHA DE MUESTREO	HORA DE MUESTREO	COORDENADAS UTM WGS 84	OBSERVACIONES
30613-0	A13	Ingreso PTAR Pisos de Izabela	06/03/2016	16:30	17N0758249 9864401 ± 5m	Sin otras Observación

REFERENCIAS Y OBSERVACIONES:

Laboratorio de Ensayo ALS CORPLAB acreditado por el SAE con Acreditación N° GAE LE 20 05-605.
Los ítems marcados con (*) no están incluidos en el alcance de acreditación del SAE.

SM - Standard Methods

EPA - Environmental Protection Agency

Los resultados solo se refieren a las muestras analizadas. ALS CORPLAB declina toda responsabilidad por el uso de los resultados aquí presentados.

"Si las condiciones de muestreo fueron controladas según los Procedimientos Correspondientes establecidos por ALS Corplab, éstos no inciden en los resultados que se describen en el presente informe".

Este informe no puede ser reproducido parcialmente, sin la autorización escrita de ALS Corplab.

Si la firma del Responsable Técnico y el sello de ALS Corplab, este informe no es válido.




Rigoberto Heredia Oca
Gerente Técnico ALS Corplab



CORPLAB

Rigoberto Heredia Oe6 157 y Huachi
Quito Ecuador
T + 59 3 2341 4080
ABN 84 0009 936 029
www.corplab.net
www.alsglobal.net

PROTOCOLO N°: 352219/2015-1.0	RU-40
SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN	Revision: 05
	Página 2 de 3

RESULTADOS OBTENIDOS

PARAMETROS ANALIZADOS	METROLOGÍA DE REFERENCIA	MÉTODO INTERNO CORPLAB	UNIDAD	3098-E	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE	CRITERIO DE RESULTADOS
				A13		
CAUDAL ⁽¹⁾	FLOTADOR/VOLUMETRICO/MCL/NETE	FOS-28.00	m³	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA
DEMANDA BIQUÍMICA DE OXÍGENO	Standard Methods Ed-22-2012, 5210B	PA - 45.00	mg/l	316,74	100	NO CUMPLE
NITRÓGENO AMONÍACAL	Standard Methods Ed. 22, 2012, 6200 A & D	PA - 33.00	mg/l	30,58 ⁽²⁾	30,0	NO CUMPLE
NITRÓGENO TOTAL KJELDAHL	Standard Methods Ed. 22, 2012, 4500 N-D	PA - 72.00	mg/l	50,78	30,0	NO CUMPLE
ACEITES Y GRASAS GRAVIMETRICO	Standard Methods 22 Ed 19, 2012, 5520 E	PA - 43.00	mg/l	<20,0	30,0	CUMPLE
POTENCIAL DE HIDRÓGENO	Standard Methods Ed-22-2012, 4500 H-B	FOS 28.00	pH	8,03	8 - 9	CUMPLE
TEMPERATURA	Standard Methods Ed-22-2012, 2540B	PA - 47.00	°C	19,3	Condición Natural ± 3	CUMPLE
SULFATOS	EPA 875.4 SO ₄ ²⁻ 1078	PA - 17.00	mg/l	35,3	1000	CUMPLE
COLIFORMES FECALES	Standard Methods 22 Ed 19, 2012, 9221 B, E y F	PA-69.00	NMP/100ml	16000	10000	NO CUMPLE
COLIFORMES TOTALES	Standard Methods 22 Ed 19, 2012, 9221 B, F y I	PA-69.00	NMP/100ml	>18000	NO APLICA	NO APLICA
SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	Standard Methods Ed-22-2012, 2540 D	PA - 15.00	mg/l	350	130	NO CUMPLE
SÓLIDOS TOTALES	Standard Methods Ed-22-2012, 2540B	PA - 14.00	mg/l	630	1000	CUMPLE
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO	Standard Methods Ed. 22, 2012, 5220 D	PA - 32.00	mg/l	778	200	NO CUMPLE



Acreditación N° OAE LE 20 05-005
LABORATORIO DE ENSAYOS

REFERENCIAS Y OBSERVACIONES:

La información (1), (2) que se indica a continuación, están FUERA del alcance de acreditación del SAE.

- (1) Acuerdo Ministerial N° 026, TUC 2004, Litem VI, Anexo 1, Norma de calidad ambiental y descarga de efluentes: reúso de agua, ítem 72, Límite de descarga a un cuerpo de agua dulce
- (2) Criterio de aceptación
- (3) Los valores reportados se encuentran fuera del rango de acreditación del SAE para Nitrógeno Amónico de 0,25 a 25 mg/l





CORPLAB

Rigoberto Heredia Oe6 157 y Huachi
 Quito Ecuador
 T + 59 3 2341 4080
 ABN 84 0009 936 029
 www.corplab.net
 www.alsglobal.net

PROTOCOLO N°: 352225	RU-49
	Revisión: 06
SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN	Página 1 de 3

NOMBRE DEL CLIENTE: SR. ERSON FIGUEROA
PROCEDIMIENTO MUESTREO: POS-04.00 "MUESTREO DE AGUAS", SM 1060 A, B y C
NOMBRE DEL PROYECTO: MONITOREO DE AGUA
DIRECCION DEL PROYECTO: CANTÓN PUJILÍ
MUESTREO REALIZADO POR: CORPLABEC S.A. / TÉCNICO SANTIAGO MONTALVÁN - TÉCNICO RAÚL CHINGAL
FECHA DE EMISIÓN DE INFORME: 23 DE MARZO DEL 2016
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS: MARZO 06 DEL 2016 / 16:30 / N° DE CADENA DE CUSTODIA: 0011632
LUGAR DE ANÁLISIS: CORPLABEC S.A. / QUITO - RIGOBERTO HEREDIA OES-157 Y HUACHI
FECHA DE ANÁLISIS: MARZO 06 AL 23 DE 2016

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA

MATRIZ		AGUA				
CÓDIGO DE LABORATORIO	CÓDIGO DE MUESTREO	REFERENCIA	FECHA DE MUESTREO	HORA DE MUESTREO	COORDENADAS UTM WGS 84	OBSERVACIONES
30253-6	A14	Salida PTAR Falco de Izabela	16/03/2016	12:45	17MG756299 8944343 - 3m	Ninguna Observación

REFERENCIAS Y OBSERVACIONES:

Laboratorio de Ensayo ALS CORPLAB acreditado por el SAE con Acreditación N° OAE LE 20-05-005.

Los ítems marcados con (*) no están incluidos en el alcance de acreditación del SAE.

SM - Standard Methods

EPA - Environmental Protection Agency

Los resultados solo se refieren a las muestras analizadas. ALS CORPLAB declina toda responsabilidad por el uso de los resultados aquí presentados.

"Si las condiciones de muestreo fueron controladas según los Procedimientos Correspondientes establecidos por ALS Corplab, éstas no inciden en los resultados que se describen en el presente informe"

Este informe no podrá ser reproducido parcialmente, sin la autorización escrita de ALS Corplab.

Sin la firma del Responsable Técnico y el sello de ALS Corplab, este informe no es válido.



Químico Miguel Mélica
 Gerencia Técnica ALS Corplab



CORPLAB

Rigoberto Heredia 0e6 157 y Huachi
 Quito Ecuador
 T + 59 3 2341 4080
 ABN 84 0009 936 029
 www.corplab.net
 www.alsglobal.net

PROTOCOLO N°: 352225	RU-48
SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN	Revisión: 08
	Página 2 de 3

RESULTADOS OBTENIDOS

PARÁMETROS ANALIZADOS	METODOLOGÍA DE REFERENCIA	MÉTODO INTERNO CORPLAB	UNIDAD	30941-4	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE	% CUMPLIMIENTO DE RESULTADOS
				A14		
CAUDAL (l/s)	FLOTADOR VOLUMÉTRICO VOLVETE	POS-28.00	l/s	8,83	NO APLICA	NO APLICA
DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO	Standard Methods Ed-22-2012, 5210B	PA - 45.00	mg/l	204,35	100	NO CUMPLE
NITRÓGENO AMONIACAL	Standard Methods Ed. 22, 2012, 5220 A & D	PA - 30.00	mg/l	50,65 ^A	30.0	NO CUMPLE
NITRÓGENO TOTAL KJELDAHL	Standard Methods Ed. 22, 2012 4500 N-C	PA - 72.00	mg/l	78,22	50.0	NO CUMPLE
ACEITES Y GRASAS GRAVIMÉTRICO	Standard Methods 22 Edition, 2012, 5520 B	PA - 43.00	mg/l	<20,0	30.0	CUMPLE
POTENCIAL DE HIDRÓGENO	Standard Methods Ed. 22 2012, 4500 H B	POS 25.00	U pH	7,05	6 - 9	CUMPLE
TEMPERATURA	Standard Methods Ed-22-2012, 2550 D	PA - 47.00	°C	18,8	Condicion Natural ± 3	CUMPLE
SULFATOS	EPA 875 4 SO ₄ ²⁻ ; 1978	PA - 17.00	mg/l	28,5	1000	CUMPLE
COLIFORMES FECALES	Standard Methods 22 Edition, 2012, 9221 B, E y F	PA-66.00	NMP/100ml	62000	10000	NO CUMPLE
COLIFORMES TOTALES	Standard Methods 22 Edition, 2012, 9221 B, E y F	PA-66.00	NMP/100ml	>160000	NO APLICA	NO APLICA
SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	Standard Methods Ed-22-2012 2540 D	PA - 16.00	mg/l	210	130	NO CUMPLE
SÓLIDOS TOTALES	Standard Methods Ed-22-2012, 2540 B	PA - 14.00	mg/l	750	1000	CUMPLE
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO	Standard Methods Ed. 22, 2012, 5220 D	PA - 32.00	mg/l	890	200	NO CUMPLE



Acreditación N° CAE LE JC 03-002
 LABORATORIO DE ENSAYOS

REFERENCIAS Y OBSERVACIONES:

La información (1), (2) que se incluye a continuación, están FUERA del alcance de acreditación del SAE.

⁽¹⁾ Acuerdo Ministerial N° 028, Tul. SIAA, Libro VI, Anexo 1, Norma de calidad ambiental y descarga de efluentes: recurso agua. Talle 10. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce

⁽²⁾ Criterio de resultados

⁽³⁾ Los valores reportados se encuentran fuera del rango de acreditación del SAE para Nitrógeno Amónico de 0.25 a 25 mg/l



Anexo 3 Planos de la planta de tratamiento existente

PLANTA DE TRATAMIENTO ANAEROBIA PARA AGUAS SERVIDAS ZONA CENTRO
Esc: 1:100

ESQUEMA DEL PROCESO

ESCALA 1 : 100

PROYECTO SISTEMA Y ADQUISICION DEPARTAMENTAL DE LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO DE LAS AGUAS SERVIDAS LA ZONA DE PUERTO (ZONA CENTRO Y SUR DE COLOMBIA)			
CONTIENE: PLANTA DE TRATAMIENTO ANAEROBIA PARA ZONA CENTRO ESTACION DE DESARENADOR			
ESCALA: 1:100	FECHA: ABRIL/2008	LAMINA 6 DE 13	
ELABORADO POR: JUAN CARLOS PEREZ	REVISADO POR: JUAN CARLOS PEREZ	REVISADO POR: JUAN CARLOS PEREZ	
COMITENTE: S.A. SANEAMIENTO	REVISADO: 20/04/2008	ALCALDE: J. CARLOS PEREZ	

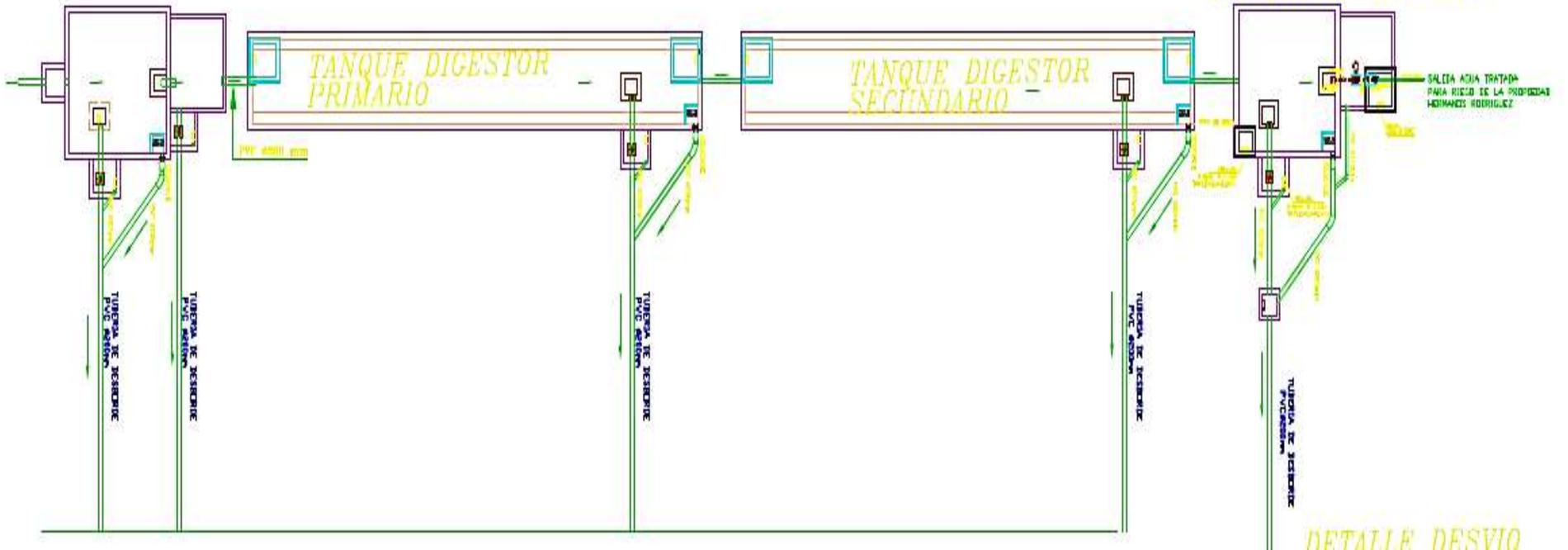
DESARENADOR
DESGRASADOR

TANQUE DIGESTOR
PRIMARIO

TANQUE DIGESTOR
SECUNDARIO

TANQUE DE BOMBEO

SALIDA AGUA TRATADA
PARA RIEGO DE LA PROPIEDAD
HERNANDEZ RODRIGUEZ



Anexo 4 Fotografías



Medición de temperatura y PH



Muestreo de agua residual



Envasado y etiquetado



Almacenamiento y transporte



Inspección de la estructura existente



Medición de la estructura existente



Aforo mediante vertedero 90°



Estado de las unidades de tratamiento



Recolección de área y coordenadas



Estado de las unidades de tratamiento

Anexo 5 Diseño de medidas de remediación esquemáticamente

