



# **UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES  
CARRERA DE INGENIERÍA EN MEDIO AMBIENTE**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**“EVALUACION DE LA EFICIENCIA EN EL FUNCIONAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DEL SISTEMA DE AGUAS RESIDUALES EN EL BARRIO SAN JOSE CANTON EL CHACO PROVINCIA DE NAPO, 2018-2019”**

**Proyecto de investigación previo a la obtención del Título de  
Ingenieros en Medio Ambiente**

**Autora:**

Angélica Germania Morales Aigaje

**Tutor:**

Ing. Renán Arturo Lara Landázuri

**LATACUNGA – ECUADOR**

**Febrero – 2019**

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

“yo, MORALES AIGAJE ANGELICA GERMANIA declaro ser la autora del presente proyecto de investigación: **“EVALUACION DE LA EFICIENCIA EN EL FUNCIONAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DEL SISTEMA DE AGUAS RESIDUALES EN EL BARRIO SAN JOSE CANTON EL CHACO PROVINCIA DE NAPO, 2018-2019”** siendo el Msc. Renán Lara Landázuri 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.

---

Morales Aigaje Angélica Germania

150082929-4

## **CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR**

Comparece a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebra Morales Aigaje Angélica Germania, identificada con C.C. N°150082929-4, de estado civil soltera y con domicilio en El Chaco, Santa Rosa - Napo, a quien en lo sucesivo se denominará **LOS CEDENTE**; y, de otra parte, el Ing. MBA. Cristian Fabricio Tinajero Jiménez, en calidad de Rector y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez Barrio El Ejido Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

**ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA. - LA/EL CEDENTE** son personas naturales estudiantes de la carrera de Ingeniería en Medio Ambiente, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado de Proyecto de Investigación la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad según las características que a continuación se detallan:

Historial académico

Inicio de carrera: Septiembre 2013–Febrero 2014

Fecha de finalización: Octubre 2018 – Febrero 2019

Aprobación HCA.- Latacunga, 18 de abril de 2018

Tutor.- Ing. Renán Arturo Lara Landázuri

**Tema: “EVALUACION DE LA EFICIENCIA EN EL FUNCIONAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DEL SISTEMA DE AGUAS RESIDUALES EN EL BARRIO SAN JOSE CANTON EL CHACO PROVINCIA DE NAPO, 2018-2019”**

**CLÁUSULA SEGUNDA. - LA CESIONARIA** es una persona jurídica de derecho público creada por ley, cuya actividad principal está encaminada a la educación superior formando profesionales de tercer y cuarto nivel normada por la legislación ecuatoriana la misma que establece como requisito obligatorio para publicación de trabajos de investigación de grado en su repositorio institucional, hacerlo en formato digital de la presente investigación.

**CLÁUSULA TERCERA.** - Por el presente contrato, **LA/EL CEDENTE** autoriza a **LA CESIONARIA** a explotar el trabajo de grado en forma exclusiva dentro del territorio de la República del Ecuador.

**CLÁUSULA CUARTA. - OBJETO DEL CONTRATO:** Por el presente contrato **LA/EL CEDENTE**, transfiere definitivamente a **LA CESIONARIA** y en forma exclusiva los siguientes derechos patrimoniales; pudiendo a partir de la firma del contrato, realizar, autorizar o prohibir:

- a) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.
- b) La publicación del trabajo de grado.
- c) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.
- d) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.
- f) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial.

**CLÁUSULA QUINTA.** - El presente contrato se lo realiza a título gratuito por lo que **LA CESIONARIA** no se halla obligada a reconocer pago alguno en igual sentido **LA/EL CEDENTE** declara que no existe obligación pendiente a su favor.

**CLÁUSULA SEXTA.** - El presente contrato tendrá una duración indefinida, contados a partir de la firma del presente instrumento por ambas partes.

**CLÁUSULA SÉPTIMA. - CLÁUSULA DE EXCLUSIVIDAD.** - Por medio del presente contrato, se cede en favor de **LA CESIONARIA** el derecho a explotar la obra en forma exclusiva, dentro del marco establecido en la cláusula cuarta, lo que implica que ninguna otra persona incluyendo **LA/EL CEDENTE** podrá utilizarla.

**CLÁUSULA OCTAVA. - LICENCIA A FAVOR DE TERCEROS.** - **LA CESIONARIA** podrá licenciar la investigación a terceras personas siempre que cuente con el consentimiento de **LA/EL CEDENTE** en forma escrita.

**CLÁUSULA NOVENA.** - El incumplimiento de la obligación asumida por las partes en las cláusula cuarta, constituirá causal de resolución del presente contrato. En consecuencia, la resolución se producirá de pleno derecho cuando una de las partes comunique, por carta notarial, a la otra que quiere valerse de esta cláusula.

**CLÁUSULA DÉCIMA.** - En todo lo no previsto por las partes en el presente contrato, ambas se someten a lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, Código Civil y demás del sistema jurídico que resulten aplicables.

**CLÁUSULA UNDÉCIMA.** - Las controversias que pudieran suscitarse en torno al presente contrato, serán sometidas a mediación, mediante el Centro de Mediación del Consejo de la Judicatura en la ciudad de Latacunga. La resolución adoptada será definitiva e inapelable, así como de obligatorio cumplimiento y ejecución para las partes y, en su caso, para la sociedad. El costo de tasas judiciales por tal concepto será cubierto por parte del estudiante que lo solicitare.

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 19 días del mes de febrero del 2019.

---

Morales Aigaje Angélica Germania

150082929-4

**EL CEDENTE**

---

Ing. MBA. Cristian Tinajero Jiménez

**EL CESIONARIO**

## **AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

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

**“EVALUACION DE LA EFICIENCIA EN EL FUNCIONAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DEL SISTEMA DE AGUAS RESIDUALES EN EL BARRIO SAN JOSE CANTON EL CHACO PROVINCIA DE NAPO, 2018-2019”**,

de Morales Aigaje Angélica Germania, de la carrera de Ingeniería en 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 Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, febrero, 2018

El Tutor,

.....  
Ing. Renán Arturo Lara Landázuri

C.C.II 0400488011

## APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

### UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI FACULTAD CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES CARRERA DE INGENIERIA EN MEDIO AMBIENTE

Latacunga 25 de febrero de 2019

Estimado(a)

Msc. Patricio Clavijo

Director de Carrera

Presente.

De mi consideración.

Reciba un cordial saludo a la vez deseándole éxitos en sus funciones, cumpliendo con el Reglamento de Titulación de la Universidad Técnica de Cotopaxi, en calidad de Lectores de Tribunal de Proyecto de Investigación con el Título “**EVALUACION DE LA EFICIENCIA EN EL FUNCIONAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DEL SISTEMA DE AGUAS RESIDUALES EN EL BARRIO SAN JOSE CANTON EL CHACO PROVINCIA DE NAPO, 2018-2019**”, propuesto por la estudiante **MORALES AIGAJE ANGELICA GERMANIA** de la Carrera de INGENIERIA EN MEDIO AMBIENTE, me permito indicar que la estudiante ha incluido todas las observaciones y realizado las correcciones señaladas por el Tribunal de Lectores , por lo cual presentamos el Aval de aprobación del Proyecto de Investigación, en virtud de lo cual la postulante puede presentarse a la Sustentación Final de su Proyecto de Investigación. Particular que pongo en su conocimiento para los fines legales pertinentes.

Atentamente,

---

**Lector 1**

**Nombre:** MSc. Patricio Clavijo

**CC:** 050144458-2

---

**Lector 2**

**Nombre:** Dr. Polivio Moreno

**CC:** 050104764-1

---

**Lector 3**

**Nombre:** Msc.Vinicio Mogro

**CC:** 050165751-4

## **AGRADECIMIENTO**

Primeramente agradezco a Dios por haberme permitido culminar unas de mis principales metas, a mis padres que me han sabido guiar a lo largo de mi existencia y con valores forjados de una persona de bien, por ese apoyo y fortaleza que me han sabido brindar en aquellos momentos de dificultad y de debilidad, a mis docentes, familia y amigos de carrera universitaria, Nelly Catota y Mayra Saca. Y por último agradecer a una persona muy especial, Eddy Aigaje quien ha sido una motivación y apoyo para no rendirme en el transcurso de esta etapa de mi vida.

ANGÉLICA.

## **DEDICATORIA:**

Este proyecto investigativo se lo quiero dedicar principalmente a Dios por darme fuerzas y permitirme llegar hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

A mis padres Ernesto Morales y Gladys Aigaje, por ser una de las personas más importantes en mi vida, por demostrarme siempre su cariño y apoyo incondicional sin importar las circunstancias, por enseñarme siempre buenos valores que me permitan ser una persona diferente. A mi familia que estuvieron pendientes de mis logros y progresos en mi etapa profesional.

ANGÉLICA.

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

## FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

### TITULO: “EVALUACION DE LA EFICIENCIA EN EL FUNCIONAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DEL SISTEMA DE AGUAS RESIDUALES EN EL BARRIO SAN JOSE CANTON EL CHACO PROVINCIA DE NAPO, 2018”

**Autora:** Morales Aigaje Angélica Germania

#### RESUMEN

Las aguas residuales provenientes del Barrio San José del cantón El Chaco Provincia de Napo presentan concentraciones superiores, en la muestra de la Tubería de entrada a la planta (E) en los siguientes parámetros: DQO, DBO, Nitritos y Nitratos en la muestra pozo de salida (S): DQO, DBO, Nitritos y Nitratos no cumple los límites máximos permisibles de acuerdo al TULSMA Libro VI, Anexo 1, Tabla 10. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce. Las descargas de las aguas residuales sin ningún tratamiento a cuerpos de agua dulce o cauces de aguas naturales pueden ocasionar diversos impactos ambientales que afectan a la salud de las poblaciones aledañas. La presente investigación plantea una propuesta, con la elaboración de un rediseño para dicha planta cuyo punto de partida son los resultados de los análisis de laboratorio. El proceso de mitigación de los impactos será con la implementación de: cribado, sedimentador y aireador. Se realizó los cálculos tomando en cuenta el caudal de diseño para una población futura, el mismo que fue determinado con el respectivo cálculo y expresado como  $0,023\text{m}^3/\text{s}$ . Se estableció las características de cada uno de los procesos como: en el cribado: área de la rejilla ( $0.31\text{m}^2$ ), número de barrotes (5), el sedimentador primario, calificado el actual ya que está dentro de los límites considerables para su funcionamiento, el volumen del aireador de lodos activados de  $813,80\text{m}^3$  para luego conocer las siguientes características, Tiempo de retención hidráulica (9,82h) carga másica, ( $0,43\text{ kg DQO/kg SSLM.d}$ ) caudal de purga ( $18.98\text{ m}^3/\text{d}$ ), caudal de recirculación ( $580,04\text{ m}^3/\text{d}$ ), tasa de recirculación 29%, relación alimento/microorganismos (F/M) (0,4), el sedimentador de diámetro de  $D= 15\text{m}$ , tomando como referencia la propuesta expuesta se logrará cumplir con la normativa establecida en nuestro país para los contaminantes evaluados.

**TOPIC: “EVALUATION OF THE EFFICIENCY IN THE FUNCTIONING THE PLANT'S TREATMENT IN THE WASTEWATER SISTEM IN THE SAN JOSE NEIGHBORHOOD EL CHACO CANTON NAPO PROVINCE, 2018”**

**Author:** Morales Aigaje Angélica Germania

**ABSTRACT**

Wastewater from the San José neighborhood of El Chaco, Napo province has higher concentrations, at sample of the inlet pipe to the plant at the following parameters: chemical oxygen demand, biochemical demand of oxygen, Nitrites and Nitrates in the sample well output chemical oxygen demand, biochemical demand of oxygen, Nitrites and Nitrates do not meet the maximum permissible limits according to the TULSMA book VI, annex 1, Table10. Discharge limits to a body of fresh water. Discharges of wastewater without any treatment to bodies of fresh water or natural water channels can cause various environmental impacts that affect the health of surrounding populations. The present Research proposes a solution to this problem, with the elaboration of a redesign for said plant whose starting point is the results of the laboratory analysis.

The mitigation process of the impacts will be with the implementation of: creeping, settler and aerating. It was the different calculations taking into account the design flow for a future population, the same that was determined with the respective calculation and expressed as 0,023m<sup>3</sup>/s. The characteristics of each one of the processes were established as: creeping; Grid area (0.31m<sup>2</sup>), bars number (5), the primary settler, qualified the current one since it is within the considerable limits for its operation, the volume of activated sludge aerator of 813,80m<sup>3</sup> to later know the following characteristics, Hydraulic retention time (9,82h) Mass load, (0,43 kg DQO/kg SSLM.d) purge flow (18.98 m<sup>3</sup>/d), recirculation flow (580,04 m<sup>3</sup>/d), recirculation rate 29%, food / microorganisms ratio (F/M) (0,4), the diameter settler of D= 15m, Taking the proposed proposal as a reference, it will be possible to comply with established regulations in the country for the evaluated pollutants.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

DECLARACIÓN DE AUTORÍA .....	I
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR.....	II
AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	V
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN .....	VI
AGRADECIMIENTO.....	VII
DEDICATORIA:.....	VIII
RESUMEN .....	IX
ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	XI
ÍNDICE DE TABLAS .....	XV
ÍNDICE DE IMÁGENES .....	XVI
<b>1. INFORMACIÓN GENERAL .....</b>	<b>1</b>
<b>2. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>2</b>
<b>3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO: .....</b>	<b>3</b>
<b>4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO .....</b>	<b>4</b>
<b>5. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN:.....</b>	<b>5</b>
<b>6. OBJETIVOS:.....</b>	<b>6</b>
6.1 OBJETIVO GENERAL .....	6
6.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	6
<b>7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS:.....</b>	<b>7</b>
<b>8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA .....</b>	<b>8</b>
8.1 PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES. ....	9
8.1.1 Características físicas .....	9
8.1.2 Características químicas. ....	10
8.1.3 Características Biológicas. ....	11

8.2	SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES .....	13
8.3	COMPONENTES DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO .....	13
8.4	PRETRATAMIENTO .....	14
8.4.1	<i>Cribado o Rejillas</i> .....	14
8.4.2	<i>Clasificación</i> .....	14
8.4.3	<i>Criterios de diseño</i> .....	14
8.5	TAMIZADO .....	15
8.5	TRATAMIENTO PRIMARIO.....	15
8.6.1	<i>Sedimentadores</i> .....	15
8.6.2	<i>Tanques circulares</i> .....	15
8.7	TRATAMIENTO SECUNDARIO .....	16
8.7.1	<i>Aireadores</i> .....	16
8.7.2	<i>Sistema Anaerobio de aguas residuales</i> .....	16
8.8	TRATAMIENTO Terciario .....	16
8.9	HUMEDALES ARTIFICIALES: .....	16
8.9.1	<i>Componentes de un humedal artificial</i> .....	17
8.10	FILTROS VERDES.....	18
8.11	FILTROS INTERMITENTES .....	18
<b>9.</b>	<b>PREGUNTA CIENTIFICA: .....</b>	<b>19</b>
<b>10.</b>	<b>METODOLOGÍAS (TÉCNICAS E INSTRUMENTOS).....</b>	<b>19</b>
10.1	MEDIO FÍSICO.....	20
10.1.1	<i>Hidrografía</i> .....	20
10.1.2	<i>Clima</i> .....	20
10.1.3	<i>Suelos</i> .....	21
10.1.4	<i>Concesiones de las Fuentes Hídricas</i> .....	21
10.1.5	<i>Agua Potable.</i> .....	22
10.1.6	<i>Alcantarillado</i> .....	22
10.1.6	<i>Caudales</i> .....	23
10.2	FASE DE CAMPO.....	23
Imagen 2.	<i>Planta de tratamiento San José</i> .....	23
10.4	MÉTODOS .....	24
10.4.1	<i>Método Inductivo:</i> .....	24
10.4.2	<i>Método deductivo:</i> .....	24

10.4.3	<i>Método científico</i> .....	24
10.5	TIPOS DE INVESTIGACIÓN.....	24
10.5.1	<i>Investigación descriptiva</i> .....	24
10.5.2	<i>Investigación bibliográfica</i> : .....	25
10.5.3	<i>Investigación de campo</i> .....	25
10.6	INSTRUMENTOS UTILIZADOS: .....	25
10.7	TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN .....	25
10.7.1	<i>Observación</i> .....	25
10.7.2	<i>Muestreo de agua (análisis físico-químico y microbiológico)</i> :.....	25
10.7.3.1	FASE DE CAMPO: .....	26
10.8	EFICIENCIA EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN SU SITUACIÓN ACTUAL. ....	27
10.9	FORMULAS DEL CÁLCULO DEL CAUDAL DE UN SEGMENTO CIRCULAR:.....	27
10.12	DISEÑO DE MEDIDAS DE REMEDIACIÓN: .....	28
<b>11.</b>	<b>ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS: .....</b>	<b>29</b>
11.1	DETERMINACIÓN DE LA EFICIENCIA EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.....	30
11.1	“PROPUESTA DE REDISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL BARRIO SAN JOSÉ, CANTÓN EL CHACO.” .....	40
11.1.2	<i>Introducción</i> : .....	40
11.1.3	<i>Objetivo de la propuesta</i> .....	40
11.1.4	<i>Desarrollo de la propuesta de repotenciación</i> :.....	40
10.10	MÉTODOS DE OPERACIÓN DE LOS LODOS ACTIVADOS: .....	43
10.11	EL VOLUMEN DEL TANQUE DE AIREACIÓN DE LODOS ACTIVADOS, SE CALCULA CON LA SIGUIENTE EXPRESIÓN: .....	43
11.12	RESULTADO DE LA PROPUESTA .....	45
<b>12.</b>	<b>IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONÓMICOS)</b>	<b>52</b>
<b>13.</b>	<b>PRESUPUESTO PARA LA PROPUESTA DEL PROYECTO: .....</b>	<b>53</b>
<b>14.</b>	<b>RESPUESTA A LA PREGUNTA CIENTÍFICA: .....</b>	<b>53</b>
<b>15.</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES: .....</b>	<b>54</b>
15.1	CONCLUSIONES:.....	54

15.2 RECOMENDACIONES: .....	55
<b>16. BIBLIOGRAFÍA:.....</b>	<b>56</b>
<b>17. ANEXOS: .....</b>	<b>58</b>
ANEXO 1. AVAL DE TRADUCCIÓN DE IDIOMA INGLÉS. ....	58
ANEXO 2. HOJA DE VIDA DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN .....	59
ANEXO 3. HOJA DE VIDA DEL PROPONENTE DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	60
ANEXO 4. TOMA DE MUESTRAS DE AGUA A LA ENTRADA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO SAN JOSÉ .....	61
ANEXO 5. TOMA DE MUESTRAS DE AGUA A LA SALIDA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO SAN JOSÉ.....	62
ANEXO 6. RECONOCIMIENTO DEL ÁREA DE ESTUDIO .....	63
ANEXO 7. TABLA TULSMA LÍMITES DE DESCARGA A UN CUERPO DE AGUA DULCE ...	64
ANEXO 8. RESULTADO DEL ANÁLISIS DE AGUA A LA ENTRADA DE LA PLANTA SAN JOSÉ .....	65
ANEXO 9. RESULTADO DEL ANÁLISIS DE AGUA A LA SALIDA DE LA PLANTA SAN JOSÉ	66
ANEXO 10. LEVANTAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO ACTUAL .....	67

## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO.....	4
TABLA 2. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS .....	7
TABLA 3. CRITERIOS DE DISEÑO DE LAS REJILLAS DE DESBASTE.....	14
TABLA 4. TIPOS DE SUELO DEL CANTÓN EL CHACO .....	21
TABLA 5. REFERENCIAS DE LOS PUNTOS DE MONITOREO .....	24
TABLA 6. PARÁMETROS A ANALIZARSE: .....	27
TABLA 7. PARÁMETROS ANALIZADOS.....	29
TABLA 8. RESULTADOS DE LOS CÁLCULOS .....	50
TABLA 9. PRESUPUESTO PARA LA PROPUESTA DEL PROYECTO.....	53

## ÍNDICE DE IMÁGENES

IMAGEN 1. UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	19
IMAGEN 2. PLANTA DE TRATAMIENTO SAN JOSÉ.....	23
IMAGEN 3. COLIFORMES FECALES/ TOTALES.....	30
IMAGEN 4.POTENCIAL DE HIDRÓGENO.....	31
IMAGEN 5. FOSFATOS (PO <sub>4</sub> ).....	32
IMAGEN 6.SULFATOS (SO <sub>4</sub> ).....	32
IMAGEN 7. NITRATOS (NO <sub>3</sub> ).....	33
IMAGEN 8. NITRITOS (NO <sub>2</sub> ) .....	34
IMAGEN 9. SÓLIDOS SUSPENDIDOS .....	34
IMAGEN 10. SÓLIDOS TOTALES.....	35
IMAGEN 11. DEMANDA QUÍMICA DE OXIGENO (DQO) .....	36
IMAGEN 12. DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGENO (DBO) .....	36
IMAGEN 13. ACEITES Y GRASAS:.....	37
IMAGEN 14. CALCULO DEL CAUDAL: .....	38
IMAGEN 15. CANAL DE ADUCCIÓN.....	46
IMAGEN 16. ESQUEMA DE LA PROPUESTA DE REPOTENCIACIÓN.....	51

## **1. INFORMACIÓN GENERAL**

**Título del Proyecto:**

**“EVALUACION DE LA EFICIENCIA EN EL FUNCIONAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DEL SISTEMA DE AGUAS RESIDUALES EN EL BARRIO SAN JOSE CANTON EL CHACO PROVINCIA DE NAPO, 2018”**

**Fecha de inicio:** Abril 2018

**Fecha de finalización:** Febrero 2019

**Lugar de ejecución:**

Barrio San José- Parroquia El Chaco- Cantón El Chaco- Provincia de Napo- zona 2-  
GAD cantonal de El Chaco

**Facultad que auspicia**

Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales

**Carrera que auspicia:**

Carrera de ingeniería ambiental

**Proyecto de investigación vinculado:**

Ninguno

**Equipo de Trabajo:**

Angélica Germania Morales Aigaje

Ing. Renán Lara (Tutor del proyecto)

MSc. Patricio Clavijo

MSc Polivio Moreno

MSc. Vinicio Mogro

**Área de Conocimiento:**

Ambiente - Tratamiento de Aguas Residuales

**Línea de investigación:** Gestión de calidad y Seguridad Laboral

**Sub líneas de investigación de la Carrera:** Salud, Seguridad y Ambiente

## 2. INTRODUCCIÓN

Ecuador tiene una deuda muy alta en cuanto a los esfuerzos que se realizan para mejorar la calidad del agua, especialmente, del agua que se vierte producto de actividades industriales, domésticas y agropecuarias.

Por lo tanto este proyecto de investigación se enfoca en la planta de tratamiento de aguas residuales ubicada en la Provincia de Napo Cantón El Chaco, Barrio San José donde se pudo evaluar la eficiencia, para ayudar a mitigar los impactos generados mediante una propuesta de repotenciación.

Dicha planta recoge las aguas servidas de 5 sistemas de alcantarillado de cuatro barrios: El Porvenir, San José, los cuales reciben aportaciones de los barrios Central y la Revolución siendo éstas aguas de condición mixta, ya que son mezcladas las aguas servidas con las pluviales y tiene como descarga final la quebrada trapiche yendo directamente al Río Quijos luego de pasar por la planta existente.

Como punto de partida se procedió con los muestreos tanto a la entrada como a la salida de la planta con los respectivos análisis de laboratorio. El protocolo a seguir fue de acuerdo a la normativa existente en el Ecuador se contó con puntos de muestreo, equipo de protección personal de recolección, almacenamiento y transporte. Las muestras fueron enviadas a un laboratorio con requerimientos emitidos por la Sociedad de Acreditación Ecuatoriana (SAE). De esta forma, se identificó los parámetros que no cumplen y que afectan al cuerpo receptor.

Comparando los resultados a la entrada y la salida de la planta de tratamiento se verifico la eficiencia de la planta de tratamiento existente. Por último se analizó los procesos unitarios en la planta y se elaboró la propuesta de repotenciación.

### **3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO:**

Actualmente en el Cantón El Chaco los problemas ambientales existentes en el recurso hídrico generado por las aguas residuales sin tratamiento adecuado ha sido el primer factor amenazante hacia los afluentes del Río Quijos, este río es considerado un potencial de aprovechamiento, tanto para generación hidroeléctrica y alimentación de sistemas de potabilización para la ciudad de Quito, como para actividades de índole turística como el rafting, así también haciéndola ideal para sumergirse en sus acaudaladas aguas.

Aunque El Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón El Chaco ha impulsado al cuidado preservación del medio ambiente con muchos proyectos de saneamiento, esta planta de tratamiento de aguas residuales del Barrio San José construida desde el 2007 no ha podido llenar las diferentes expectativas ambientales en el manejo adecuado de su sistema y diseño. Esto es notorio ya que al momento de fuertes lluvias como sucede casi todo el año en la Región Amazónica produce un rebosamiento en la capacidad de la planta ocasionando inundaciones.

Por todo lo mencionado se vio la necesidad de una evaluación de la eficiencia de dicha planta de tratamiento en el sistema de aguas residuales y mediante esta investigación se pudo realizar una propuesta de repotenciación para mejorar la calidad de agua y diseño de la planta de tratamiento y contribuir con la preservación del cuerpo receptor.

En definitiva este proyecto aportará en un futuro a considerar mejores alternativas de diseño para la construcción de plantas de tratamiento de aguas residuales que garanticen su eficiencia.

#### 4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO

**Tabla 1. Beneficiarios del proyecto**

BENEFICIARIOS	BARRIOS Y PARROQUIAS	SEXO		TOTAL
		M	F	
<b>DIRECTOS</b>	Barrios: El Porvenir La Revolución San José y Central	2.430	2.386	4816
<b>INDIRECTOS</b>	Parroquias:			
	Santa Rosa	685	558	1243
	Gonzalo Díaz de Pineda	299	236	535
<b>TOTAL</b>		3414	3180	6594

**FUENTE:** CENSO NACIONAL DE POBLACIÓN Y VIVIENDA 2010. INEC

**Elaboración:** Angélica Morales

## 5. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN:

De acuerdo al Banco Mundial, más de 300 millones de habitantes de ciudades en Latinoamérica producen 225,000 toneladas de residuos sólidos cada día. Sin embargo, menos del 5% de las aguas de alcantarillado de las ciudades reciben tratamiento.

Con la ausencia de tratamiento, las aguas negras son por lo general vertidas en aguas superficiales, creando un riesgo obvio para la salud humana, la ecología y los animales.

En Ecuador una de las principales preocupaciones es la contaminación del agua y su calidad para el consumo humano. En el 2011 el mismo Gobierno estableció que el tratamiento de aguas residuales estaba apenas en el 1%. Con excepción de Cuenca, el resto del país sigue enviando sus desechos directamente a los ríos, según los expertos consultados por Plan V, casi todos los ríos que pasan por la Sierra están contaminados”. El río Machángara es quizá uno de los retratos más avergonzantes que tiene la capital del país, y lo mismo sucede alrededor de Santo Domingo por la producción agrícola y la presencia de chancheras, varios ríos de la cuenca del Guayas y el río Cutuchi en Latacunga, son claros ejemplos de despreocupación al descargar directamente las aguas residuales sin contar con una planta de tratamiento se sabe que Quito inauguró una planta de tratamiento en Quitumbe, alcanza a tratar 100 litros por segundo, pero Quito produce más de 7.500 y 8.000 litros por segundo en aguas residuales.

Según el Gobierno Autónomo Descentralizado del Municipio de El Chaco, señala: “Una de las mayores problemáticas que tienen a nivel socioeconómico y medio ambiental es no contar con una planta de tratamiento de aguas residuales que sea eficiente y que no cumplen con su función principal de tratar adecuadamente las aguas servidas.

Por ello es necesario realizar la investigación para mejorar del funcionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales del barrio San José, siendo un problema la falta de capacidad para recibir los caudales máximos.

Las principales causas que se puede mencionar son: el sedimentador no está diseñado para recibir aguas mixtas es decir agua residual y pluviales, 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 de las instalaciones. Todas estas causas llevan a efectos como: El elevado riesgo ambiental por contaminantes hídricos, alto riesgo a la salud por vectores, la alteración de la calidad de vida socio ambiental de la comunidad.

## **6. OBJETIVOS:**

### **6.1 Objetivo General**

Evaluar la eficiencia en el funcionamiento de la planta de tratamiento en el sistema Aguas Residuales del Barrio San José- Parroquia El Chaco- Cantón El Chaco- Provincia de Napo durante el periodo 2018- 2019

### **6.2 Objetivos Específicos**

- Realizar análisis de agua a la entrada y salida de la planta de tratamiento para su verificación con la normativa legal vigente TULSMA Libro VI, Anexo 1, Tabla10. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.
- Determinar la eficiencia de la planta de tratamiento de aguas residuales en su situación actual.
- Realizar una propuesta de repotenciación de la planta de tratamiento para una condición futura.

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

**Tabla 2. Actividades y sistema de tareas en relación a los objetivos planteados**

Actividad	Resultado de la actividad	Descripción de la actividad (técnicas e instrumentos)
Toma de muestras de agua a la salida y entrada de la planta de tratamiento de aguas residuales.	Verificación con la normativa legal vigente TULSMA Libro VI, Anexo 1, Tabla10. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce	Se realizó una visita de campo acatándose al protocolo de almacenamiento y transporte de las muestras, luego fue llevado al laboratorio para ser analizados.
Determinación de la eficiencia de la planta de tratamiento de aguas residuales	Con los resultados de los análisis y la verificación de las muestras de agua con la normativa legal vigente se pudo determinar la eficiencia de la planta de tratamiento deficiente con rangos altos de DQO, DBO, Nitritos y Nitratos.	Se obtuvo el porcentaje de la eficiencia de la planta de tratamiento con la siguiente fórmula: $\%EF = \frac{FZ - FA}{FZ} * 100 =$
Propuesta de repotenciación de la planta de tratamiento de aguas residuales	Se realizó la propuesta de repotenciación con la implementación de un aireador	Se realizó el aireador con la siguiente fórmula: $V = \frac{TRC \cdot Y \cdot Q \cdot (S_0 - S)}{X \cdot [1 + (kd \cdot TRC)]}$

## CAPITULO I

### 8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA

(Reynolds, 2002) En Latinoamérica, muchas corrientes son receptoras de descargas directas de residuos domésticos e industriales.

La contaminación del suelo ocurre tanto en áreas urbanas como rurales. Conteniendo 40% de las especies tropicales de plantas y animales del mundo, y 36% de las especies cultivadas de alimentos y productos industriales, la región presenta intenso interés en la preservación y protección del medio ambiente, sin mencionar una preocupación por la salud humana.

Según la OMS (Organización Mundial de la Salud) el agua está contaminada cuando su composición se haya alterado de modo que no reúna las condiciones necesarias para ser utilizada beneficiosamente en el consumo del hombre y de los animales. En los cursos de agua, los microorganismos descomponedores mantienen siempre igual el nivel de concentración de las diferentes sustancias que puedan estar disueltas en el medio. Este proceso se denomina auto depuración del agua. Cuando la cantidad de contaminantes es excesiva, la autodepuración resulta imposible.

(Montero, 2010) Las aguas residuales se pueden definir como aquellas que por uso del hombre, representan un peligro y deben ser desechadas, porque contienen gran cantidad de sustancias y/o microorganismos.

Dentro de este concepto se incluyen aguas con diversos orígenes:

- Aguas residuales domésticas o aguas negras: proceden de las heces y orina humanas, del aseo personal y de la cocina y de la limpieza de la casa. Suelen contener gran cantidad de materia orgánica y microorganismos, así como restos de jabones, detergentes, lejía y grasas.
- Aguas blancas: pueden ser de procedencia atmosférica (lluvia, nieve o hielo) o del riego y limpieza de calles, parques y lugares públicos. En aquellos lugares en que las precipitaciones atmosféricas son muy abundantes, éstas pueden de evacuarse por separado para que no saturen los sistemas de depuración.

- Aguas residuales industriales: proceden de los procesamientos realizados en fábricas y establecimientos industriales y contienen aceites, detergentes, antibióticos, ácidos y grasas y otros productos y subproductos de origen mineral, químico, vegetal o animal.

Su composición es muy variable, dependiendo de las diferentes actividades industriales.

- Aguas residuales agrícolas: procedentes de las labores agrícolas en las zonas rurales.

Estas aguas suelen participar, en cuanto a su origen, de las aguas urbanas que se utilizan, en numerosos lugares, para riego agrícola con o sin un tratamiento previo.

## **8.1 Principales características de las aguas residuales.**

### **8.1.1 Características físicas**

(García & López, 2003) Estas características de las aguas residuales son parámetros importantes para el tipo de tratamiento, así como para la gestión técnica de la calidad ambiental como:

#### **8.1.1.1 Temperatura.**

(García & López, 2003) La temperatura de las aguas residuales es mayor que la de las aguas no contaminadas, debido a la energía liberada en las reacciones bioquímicas, que se presentan en la degradación de la materia orgánica. Las descargas calientes son otra causa de este aumento de temperatura.

#### **8.1.1.2 Turbidez.**

(Guzmán, Villabona, Tejada, & García, 2018) La turbidez tiene una gran importancia sanitaria, ya que refleja una aproximación del contenido de materias coloidales, minerales u orgánicas, por lo que puede ser indicio de contaminación

#### **8.1.1.3 Color.**

(Galvín, 2010) El color es un indicativo de la edad de las aguas residuales. El agua residual reciente suele ser gris; sin embargo, a medida que los compuestos orgánicos son descompuestos por las bacterias, el oxígeno disuelto en el agua residual se reduce y el color cambia a negro. En esta condición, se dice que el agua residual es séptica.

#### **8.1.1.4 Olor.**

(Galvín, 2010) El olor es debido a los gases producidos en la descomposición de la materia orgánica, sobre todo, a la presencia de ácido sulfhídrico y otras sustancias volátiles. El agua residual reciente tiene un olor peculiar algo desagradable, pero más tolerable que el del agua residual séptica.

#### **8.1.1.5 Sólidos Totales:**

(D'angelo, 2016) Las características físicas más importantes del agua residual 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.

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 a entre 103°C y 105°C. No se define como sólida aquella materia que se pierde durante la evaporación debido a su alta presión de vapor. Los sólidos sedimentables se definen como aquellos que sedimentan en el fondo de un recipiente de forma cónica (cono de Imhoff) en el transcurso de un periodo de 60 minutos. Los sólidos sedimentables, expresados en unidades de ml/l, constituyen una medida aproximada de la cantidad que se obtendrá en la decantación primaria del agua residual.

#### **8.1.2 Características químicas.**

(Rojas, 2002) Las características químicas estarán dadas, principalmente, en función de los desechos que ingresan al agua servida.

##### **8.1.1.2 Materia Orgánica.**

(García & López, 2003) La materia orgánica está compuesta en un 90% por carbohidratos, proteínas, grasas y aceites provenientes de excrementos y orina de seres humanos, restos de alimentos y detergentes. Estos contaminantes son biodegradables, es decir, pueden ser transformados en compuestos más simples por la acción de microorganismos naturales presentes en el agua, cuyo desarrollo se ve favorecido por las condiciones de temperatura y nutrientes de las aguas residuales domésticas. La urea, principal constituyente de la orina, es otro importante compuesto orgánico del agua residual. En razón de la rapidez con que se descompone, la urea es raramente hallada en un agua residual que no sea muy reciente.

El agua residual contiene también pequeñas cantidades de moléculas orgánicas sintéticas como agentes tensoactivos, fenoles y pesticidas usados en la agricultura.

#### **8.1.1.3 Materia Inorgánica.**

(García & López, 2003) Se incluyen en este grupo todos los sólidos de origen generalmente mineral, como son sales minerales, arcillas, lodos, arenas y gravas no biodegradables.

#### **8.1.1.4 Gases.**

Las aguas residuales contienen diversos gases con diferente concentración.

Oxígeno disuelto: es el más importante, y es un gas que va siendo consumido por la actividad química y biológica. La presencia de oxígeno disuelto en el agua residual evita la formación de olores desagradables. La cantidad de oxígeno disuelto depende de muchos factores, como temperatura, altitud, movimientos del curso receptor, actividad biológica, actividad química, etc

### **8.1.3 Características Biológicas.**

(Pulido, Miranda, Guavita, & Molano, 2001) Estas características están definidas por la clase de microorganismos presentes en el agua, entre los cuales tenemos:

#### **8.1.1.2 Bacterias.**

Juegan un papel fundamental en la descomposición y estabilización de la materia orgánica.

Pueden clasificarse, en base a su metabolismo, en heterótrofas y autótrofas. Las bacterias autótrofas son aquellas que se nutren de compuestos inorgánicos, tomando la energía necesaria para sus biosíntesis a partir de la luz (bacterias fotosintéticas: familia Thiorhodaceae, Chlorobiaceae) o a partir de ciertas reacciones químicas (bacterias quimiosintéticas: Nitrobacter, Nitrosomonas, Hydrogenomonas, Thiotrix). En el tratamiento biológico de las aguas residuales, las bacterias heterótrofas constituyen el grupo más importante, por su necesidad de compuestos orgánicos para el carbono celular.

Las bacterias autótrofas y heterótrofas pueden dividirse, a su vez, en anaerobias, aerobias, o facultativas, según su necesidad de oxígeno.

### **8.1.1.3 Algas.**

En los estanques de estabilización, son un valioso elemento porque producen oxígeno a través del mecanismo de la fotosíntesis.

Las algas, al igual que sucede con otros microorganismos, requieren compuestos inorgánicos para reproducirse. A parte del anhídrido carbónico, los principales nutrientes necesarios son el nitrógeno y el fósforo. También son muy importantes vestigios de otros elementos (oligoelementos) como hierro, cobre, etc.

### **8.1.1.4 Demanda química de oxígeno (DQO).**

La demanda Bioquímica de Oxígeno según (APHA, 1992) afirma que:

La DQO es una medida aproximada del contenido de materia orgánica biodegradable y no biodegradable de una muestra de agua. En condiciones naturales, dicha materia orgánica puede ser biodegradada lentamente (oxidada) hasta CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O mediante un proceso que puede tardar desde unas pocas semanas hasta unos cuantos cientos de años, dependiendo del tipo de materia orgánica presente y de las condiciones de la oxidación. En las pruebas de DQO se acelera artificialmente la biodegradación que realizan los microorganismos, mediante un proceso de oxidación forzada, utilizando oxidantes químicos y métodos debidamente estandarizados, que tienen por objeto garantizar la reproducibilidad y comparabilidad de las mediciones

### **8.1.1.5 Demanda bioquímica de oxígeno (DBO).**

La demanda Bioquímica de Oxígeno según (APHA, 1992) 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 DBO<sub>5</sub> (p. 36).

### **8.1.1.6 Fundamentos de Aguas Residuales:**

Según (Reynolds, 2002) En general, las aguas residuales consisten de dos componentes, un efluente líquido y un constituyente sólido, conocido como lodo. Típicamente existen dos formas generales de tratar las aguas residuales. Una de ellas consiste en dejar que las aguas residuales se asienten en el fondo de los estanques, permitiendo que el material sólido se deposite en el fondo. Después se trata la corriente superior de residuos con sustancias químicas para reducir el número de contaminantes dañinos presentes. El segundo método más común consiste en utilizar la población bacteriana para degradar la materia orgánica. Este método, conocido como tratamiento de lodos activados, requiere el abastecimiento de oxígeno a los microbios de las aguas residuales para realzar su metabolismo. Los pasos básicos para el tratamiento de aguas residuales incluyen:

1. Pre tratamiento: remoción física de objetos grandes.
2. Deposición primaria: sedimentación por gravedad de las partículas sólidas y contaminantes adheridos.
3. Tratamiento secundario: digestión biológica usando lodos activados o filtros de goteo que fomentan el crecimiento de microorganismos.
4. Tratamiento terciario: tratamiento químico (por ejemplo, precipitación, desinfección). También puede utilizarse para realzar los pasos del tratamiento primario.

## **8.2 Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales**

El objetivo básico del tratamiento de aguas es proteger la salud y promover el bienestar de los individuos miembros de la sociedad

## **8.3 Componentes de la Planta de Tratamiento**

(Maria Grazia, 2011) Pretratamiento ayuda a eliminar sólidos totales para posteriormente pasar al tratamiento primario que consiste en eliminar el agua residual, los contaminantes que flotan, 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.

## 8.4 Pretratamiento

### 8.4.1 Cribado o Rejillas

Ramón, V. (2010) 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.

### 8.4.2 Clasificación

(Rojas, 2002) 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).

### 8.4.3 Criterios de diseño

(Rivas-Lozano, 2012) 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.

**Tabla 3. Criterios de diseño de las rejillas de desbaste**

<b>Parámetro</b>	<b>Valor o rango</b>
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:** (Rivas-Lozano, 2012)

(Rivas-Lozano, 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 componente se obtiene una criba con un buen rendimiento

## **8.5 Tamizado**

El tamizado según (Barañaño P y Tapia L, 2004) 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.

## **8.5 Tratamiento primario**

### **8.6.1 Sedimentadores**

(Rojas, 2002) 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

### **8.6.2 Tanques circulares**

Los sedimentadores circulares según (Rojas, 2002) 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.

## **8.7 Tratamiento Secundario**

### **8.7.1 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 (H<sub>2</sub>S), hierro (Fe) y Manganeseo (Mn), eliminar anhídrido carbónico (CO<sub>2</sub>), gas metano (CH<sub>4</sub>), gas cloro (Cl<sub>2</sub>) y amonio (NH<sub>4</sub>), 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 (Rivas-Lozano, 2012)

### **8.7.2 Sistema Anaerobio de aguas residuales**

(Rojas, 2002) 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 DBO<sub>5</sub>, 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.

## **8.8 Tratamiento terciario**

El tratamiento terciario según (Rivas-Lozano, 2012) afirma:

Puede ser entendido como cualquier práctica adicional a los procesos biológicos secundarios (que remueven materia orgánica biodegradable e inorgánica oxidable), cuyo objetivo es el de eliminar contaminantes orgánicos no biodegradables, organismos patógenos y nutrientes como el nitrógeno y el fósforo

## **8.9 HUMEDALES ARTIFICIALES:**

(Díaz, 2014) Los humedales construidos, se presentan como una tecnología para el tratamiento principal o complementario de aguas residuales, principalmente en los casos donde resulta difícil construir, operar o mantener adecuadamente los sistemas de tratamiento convencionales.

(Rivas-Lozano, 2012) Los humedales artificiales son reactores análogos a los sistemas de lagunaje, pero con la diferencia de enfocar su principio de depuración, en el uso de plantas

acuáticas o semiacuáticas, emergentes. Las especies más usadas son los carrizos, juncos, enneas, entre otras, las cuales presentan una elevada productividad (entre 50 a 70 toneladas de materia seca por hectárea y por año) y son muy resistentes a las condiciones de carencia de oxígeno que se presentan en suelos pantanosos y encharcados.

Los mecanismos de depuración se fundamentan en la eliminación de sólidos en suspensión mediante fenómenos de sedimentación y filtración, que se facilitan por el paso del agua a través del conjunto formado por el soporte de gravas, los tallos y raíces de las plantas acuáticas.

### **8.9.1 Componentes de un humedal artificial**

(Miguel, 2013) Principalmente están compuestos por:

#### **8.9.1.1 Un sustrato o material granular**

Sirve de soporte a la vegetación y permite la fijación de la biopelícula bacteriana que interviene en la mayoría de los procesos de eliminación de contaminantes presentes en las aguas a tratar.

#### **8.9.1.2 La vegetación**

Principalmente compuesta por macrófitas emergentes que contribuyen a la oxigenación del sustrato a nivel de la rizosfera, a la eliminación de nutrientes por absorción/extracción y al desarrollo de la biopelícula bacteriana.

El agua a tratar o influente: circula a través del sustrato y la vegetación.

Los mecanismos por los que este tipo de sistemas son capaces de depurar las aguas residuales se basan en los siguientes principios:

- Eliminación de sólidos en suspensión gracias a fenómenos de filtración que tienen lugar entre el sustrato y las raíces.
- Eliminación de materia orgánica gracias a la acción de los microorganismos (principalmente bacterias). Los microorganismos que se desarrollan pueden ser aerobios (con O<sub>2</sub>) o anaerobios (sin O<sub>2</sub>).
- Eliminación de nitrógeno bien por acción directa de las plantas, bien por procesos de nitrificación-desnitrificación desarrollados por los microorganismos antes mencionados.

- Eliminación de fósforo principalmente debido a los fenómenos de adsorción sobre los componentes del sustrato.
- Eliminación de patógenos mediante la adsorción sobre partículas del sustrato, la toxicidad producida por las raíces de las plantas y la acción depredadora de bacteriófagos y protozoos.

### **8.10 Filtros verdes**

(Rivas-Lozano, 2012 Los filtros verdes se fundamentan en el la geodepuración de las aguas residuales vertidas sobre un terreno con vegetación. En estas áreas no sólo se consigue el tratamiento del vertido de aguas servidas sino también el crecimiento de la vegetación existente.

### **8.11 Filtros intermitentes**

(Rivas-Lozano, 2012 Estos sistemas se fundamentan en la filtración biológica del agua residual, a través de mantos filtrantes que emplean turba o arena, como medio. La turba, es una tierra enriquecida (a manera de humus) que se forma en zonas pantanosas, de alta saturación, que mantiene condiciones anaerobias.

## 9. PREGUNTA CIENTIFICA:

¿La propuesta de repotenciación de la planta de tratamiento en el sistema de aguas residuales del Barrio San José Cantón El Chaco Provincia De Napo, permitirá mejorar la calidad del agua descargada a los afluentes del cuerpo receptor?

## CAPITULO II

### 10. METODOLOGÍAS (TÉCNICAS E INSTRUMENTOS)

#### Imagen 1. Ubicación del área de estudio



**Fuente:** Google Earth 2018

**Elaborado por:** Angélica Morales

El cantón El Chaco está ubicado en la región amazónica (al norte de la provincia de Napo) del Ecuador, pertenece al Valle de Quijos, su principal característica es que se localiza en medio de las Reservas Ecológicas Antisana, Cayambe – Coca, el Parque Nacional Sumaco - Napo - Galeras y el Bosque Protector la Cascada, está a unos 120 kilómetros aproximadamente de la ciudad de Quito.

#### **Extensión**

Tiene una superficie aproximada de 3.472,7 Km<sup>2</sup>.

## **10.1 Medio Físico**

### **10.1.1 Hidrografía**

“El sistema hidrográfico del cantón El Chaco, se encuentra constituido mayoritariamente por los afluentes que drenan la subcuenca de los ríos Coca y Payamino; así como también las subcuencas de los ríos Bueno y el Aguarico.

El más representativo del cantón es el río Quijos, cuyo origen lo constituyen los deshielos de las estribaciones de la cordillera oriental de los Andes; en las faldas del nevado Antisana ubicado en el cantón Quijos de donde proviene su nombre, éste cuenta con condiciones adecuadas para los deportes de kayak y rafting; recibe como afluentes a ríos de importancia como: Sardinas Grande, Sardinas Chico y el río Oyacachi, cuyo origen está ubicado en el Cerro Pucará Chico de la población de Oyacachi de la cual toma su nombre, se lo utiliza para la pesca.

### **10.1.2 Clima**

“El territorio de cantón El Chaco, se encuentra ubicado topográficamente entre las cotas mínimas de los 500msnm y las máximas de 5.000 msnm. Posee un clima variado que va desde el templado frío hasta el muy húmedo sub tropical; con una temperatura promedio de 16 ° C. y una precipitación media anual de 3.350mm. Existe épocas de baja intensidad de lluvias que normalmente se las ubica entre los meses de octubre y febrero, mientras que entre marzo y septiembre las lluvias toman una mayor intensidad. En todas partes las precipitaciones varían entre los 3.500 mm a 7.000 mm en la estación del Reventador localizado a 1.500 msnm, donde la nubosidad es particularmente fuerte. Debido al amplio rango altitudinal que abarca al cantón, incluye varias zonas de vida que van desde las zonas bajas en la región tropical hasta las zonas altas que incluyen a los altos andinos.

La parroquia El Chaco tiene una temperatura que va desde los 5 a los 22°C y una precipitación de 2.000 a 3.500 mm promedio anual. La Parroquia Gonzalo Díaz de Pineda con temperaturas promedios anuales de 5 a 26°C y precipitación de 2.600 a 3.000 mm. La Parroquia Linares con temperaturas promedio de 5 a 19°C anualmente y recibe precipitaciones de 2.300 a 5.000 mm. Las parroquias Oyacachi y Sardinas con temperaturas de 2 a 19°C promedio anual y precipitaciones de 1.100 a 3.200 mm y 1.700 a 2.900 mm respectivamente. La parroquia Sta. Rosa tiene una temperatura promedio de 5 a 22°C anualmente y precipitaciones de 2.300 a 3.800 mm.

### 10.1.3 Suelos

Según las características morfológicas del área de estudio, y de acuerdo a la clasificación del USDA (United States Department of Agriculture) Soil Taxonomy se determina la existencia de las siguientes unidades de suelos para el cantón El Chaco.

**Tabla 4. Tipos de suelo del Cantón El Chaco**

Taxonomía	Orden	Suborden	Parroquias	Área Has	%
BASEE <sub>r</sub>	BASEE <sub>r</sub>	BASEE <sub>r</sub>	Linares, Oyacachi, Gonzalo Díaz de Pineda	16.198,49	4,63
BASEU	BASEU	BASEU	Sardinas y El Chaco	115,66	0,03
BASEW <sub>n</sub>	BASEW <sub>n</sub>	BASEW <sub>n</sub>	Linares, Sardinas, El Chaco, Santa Rosa y Gonzalo Díaz de Pineda	2.647,89	0,76
K	ENTISOL	FLUVENT	Gonzalo Díaz de Pineda	2.262,67	0,65
A1	HISTOSOL	HEMIST	Oyacachi	121,66	0,03
	INCEPTISOL	ANDEPT y TROPEPT	Linares, Sardinas, El Chaco, Santa Rosa, Oyacachi y Gonzalo Díaz de Pineda	328.445,91	93,90
<b>TOTAL</b>				<b>349.792,29</b>	<b>100,00</b>

**Fuente:** SENPLADES (SIN-IGM-SIGAGRO)

**Elaboración:** Equipo Consultor. 2011

### 10.1.4 Concesiones de las Fuentes Hídricas

Es el permiso que otorga la autoridad ambiental competente (SENAGUA) a petición de la parte interesada dependiendo del uso a llevar a cabo. Uno de los factores para otorgar una concesión de aprovechamiento de agua, el factor primordial y de mayor peso está determinado para el de consumo humano, colectivo o comunitario sea urbano o rural; así como, para la utilización de necesidades domésticas individuales, uso agropecuario comunitario, generación de energía, usos industriales y usos recreativos.

Para el cantón El Chaco, según información obtenida en esta institución, se determina la siguiente información de concesiones de fuentes de hídricas:

Según el Inventario Hídrico de la CORBS (2008). En este cantón existen concesiones para los siguientes sistemas:

- Sistema de agua potable El Chaco: una fuente concesionada, pero capta otras dos sin concesión.
- Sistema de agua potable Chontaloma: una fuente concesionada
- Sistema de agua potable Papallacta-EMAAP-Q: dos fuentes concesionadas

- Sistema de riego Cangahua: tiene una concesión en cuatro conjunto para las 4 captaciones existentes.

### **10.1.5 Agua Potable.**

“Se determina que en el cantón El Chaco de acuerdo a los datos del INEC 2010, el nivel de cobertura y acceso al servicio a través de la Red Pública es del 66,59%, y a su vez desagregando este porcentaje a nivel de parroquias, se determina que Gonzalo Días de Pineda no cubre ni la mitad de la población y llega a 41,67% de acceso a agua de red pública y la población seguirá el 46,15% proveyéndose de agua de vertiente o de Río.

A nivel cantonal las parroquias de Sardinas, Santa Rosa, Linares y Gonzalo Días de Pineda tienen problemas de servicio de Agua de la red pública en más de un 25%.”<sup>20</sup>

Es necesario otorgar agua apta para el consumo a toda la población existente, pero también es importante aprender a usarla ya que es un recurso no renovable, porque el estar ubicados en un sector donde predominan las fuentes hídricas no nos da el derecho de desperdiciarla.

### **10.1.6 Alcantarillado**

En el cantón el Chaco La cobertura de alcantarillado y/o eliminación de excretas, según el Censo del INEC 2010 se determina que tiene una cobertura del 54,29% que brinda servicio a una población estimada de 4326 habitantes distribuida en las cuatro parroquias del cantón, pero de este porcentaje de cobertura, las parroquias el Chaco y Oyacachi tienen un mejor servicio de eliminación de excretas que supera el 70%, mientras que la parroquia Gonzalo Díaz de Pineda y Sardinas son las que menor cobertura con menos del 40% cuentan con un sistema de eliminación de excretas.

A su vez hay que aclarar que de las poblaciones que tiene este tipo de servicio mayoritariamente, son las cabeceras. Existe un dato importante que se refleja en una población con un sistema de eliminación de excretas a través de pozo séptico y ciego, que sumados estas dos practicas importantes exclusivamente rurales se tiene que el 25.5 % de la población no está contaminado el medio ambiente.

### 10.1.6 Caudales

Según el Inventario Hídrico de la CORBS (2008), existe un caudal captado de 902,80 l/s, distribuidos de la siguiente manera.

Caudal total captado (l/s) E.

1 Sistemas de agua potable 632,80 E.

2 Sistemas de riego 270,00

TOTAL: 902,80

### 10.2 Fase de campo

### 10.3 Área de estudio:

#### Imagen 2. Planta de tratamiento San José



**Elaborado por:** Angélica Morales

Para poder establecer los puntos de muestreo se realizó la georreferenciación de la planta de tratamiento de aguas residuales San José, posteriormente se ubica los puntos estratégicos a la entrada y salida de la planta para enviarlos a un laboratorio y conocer la eficiencia de la misma.

**Tabla 5. Referencias de los puntos de monitoreo**

<b>COORDENADAS</b>			
<b>PUNTO</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>MSNM</b>
1 entrada	9962671.50	187516.48	1554
2 salida	9962794.54	187576.84	1549

**Elaborado por:** Angélica Morales

## **10.4 Métodos**

### **10.4.1 Método Inductivo:**

Se planificó la observación tratando de obtener conclusiones de carácter universal desde la acumulación de datos particulares tomados en el muestreo, en el área de estudio. (Planta de tratamiento San José).

### **10.4.2 Método deductivo:**

Con este método se procedió al análisis de los datos obtenidos de las muestras de agua tomados a la entrada y salida de la planta de tratamiento de aguas residuales, para comparar los límites máximos permisibles con la normativa legal vigente.

### **10.4.3 Método científico.**

Con los respectivos análisis de laboratorio se pudo conocer que la planta de tratamiento en su descarga no cumple con los parámetros de DBO, DQO, Nitratos y Nitritos.

## **10.5 Tipos de investigación**

La presente propuesta técnica que se realizó está basada en los diferentes tipos de investigación, tiene carácter descriptivo, con apoyo en la investigación bibliográfica y de campo.

### **10.5.1 Investigación descriptiva:**

Se aplicó en hacer referencias a la normativa torno al diagnóstico actual de la planta basados en los análisis de los parámetros físicos y químicos realizados en el laboratorio, con ello se determinó el actual estado del sistema de tratamiento de agua con el único propósito de proponer un rediseño planta para mejorar el tratamiento actual.

### **10.5.2 Investigación bibliográfica:**

Se utilizó la investigación bibliográfica, para fortalecer los conocimientos y criterios técnicos utilizados y se revisó información existente sobre implementación de plantas de tratamiento, su funcionamiento y otros documentos que sirvieron como fuentes de consulta para alimentar esta investigación y analizar las estrategias del re diseño.

### **10.5.3 Investigación de campo.**

Esta investigación fue el más importante puesto que con las visitas In situ se pudo realizar la toma de muestras para su respectivo análisis y verificar el funcionamiento de cada uno de los procesos unitarios existentes en la planta de tratamiento de aguas residuales del barrio San José,

### **10.6 Instrumentos utilizados:**

Los instrumentos utilizados durante la investigación fueron una libreta de campo, cámara fotográfica para almacenar información de las diversas actividades realizadas durante la realización del proyecto.

GPS, instrumento fundamental para georreferenciar el área de estudio.

### **10.7 Técnicas de investigación**

#### **10.7.1 Observación**

Se observó directamente el área de estudio (planta de tratamiento de aguas residuales San José), en la cual se procedió a recolectar información de los procesos unitarios que cuenta la planta y poder obtener el mayor número de datos eficaces para la investigación.

#### **10.7.2 Muestreo de agua (análisis físico-químico y microbiológico):**

Se procedió a extraer una porción representativa de una masa de agua con el propósito de examinar diversas características. Norma técnica ecuatoriana INEN 20169:98 en la cual especifica que los recipientes de muestras para análisis físico – químicos y microbiológicos deberán ser recipientes, jarras o botellas de boca ancha ya sean de plástico o vidrio.

### **10.7.3 Protocolo para la toma de muestras de agua para análisis físico-químico y microbiológico**

#### **10.7.3.1 Fase de campo:**

Con los puntos de muestreo identificados para la toma de muestras de agua en la entrada y la salida de la planta de tratamiento de aguas residuales San José, se aplicó el siguiente protocolo.

- **Llenado del recipiente.**

Se realizó la toma de muestras de aguas, dando cumplimiento a la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 20169:98 Para ello se procedió a llenar las botellas de plástico de 2 litros con el agua de la entrada y salida de la planta de tratamiento de aguas residuales y posteriormente a cerrar completamente de tal forma que no exista aire para evitar la interacción de la fase gaseosa y la agitación durante el transporte hacia el laboratorio.

- **Identificación de las muestras.**

Las muestras de agua fueron identificadas y etiquetadas con su respectiva fecha, hora, punto y lugar de muestreo del cual fue tomada, permitiendo que en el laboratorio no exista margen de error.

- **Técnica de conservación.**

Las muestras obtenidas, se mantuvieron a una temperatura alrededor de 2 °C y 5 °C, conservándolas en un cooler con una cierta cantidad de hielo que permitió alcanzar dicha temperatura, mientras se transportó las muestras al laboratorio.

- **Transporte de las muestras.**

Los recipientes con las muestras de agua, fueron protegidos y sellados para evitar que se deterioren o se pierda cualquier parte de ellos durante el transporte desde la planta de tratamiento del Cantón El Chaco barrio San José hasta la ciudad de Ambato donde se encuentra el laboratorio. Durante la transportación, las muestras fueron guardadas en un ambiente fresco y protegidas de la luz; cada muestra fue colocada en un recipiente individual e impermeable.

#### **10.7.3.2 Fase de laboratorio**

##### **Recepción de las muestras al laboratorio.**

Las muestras fueron transportadas al laboratorio en la ciudad de Ambato y, fueron conservadas y depositadas en refrigeradoras bajo condiciones establecidas en la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 20169:98 previniendo cualquier tipo de contaminación externa y cambio en su contenido.

**Tabla 6. Parámetros a analizarse:**

<b>PARAMETROS A ANALIZAR</b>	<b>UNIDAD</b>
Coliformes Fecales/ Totales	NMP/100ml
Potencial De Hidrogeno	U Ph
Fosfatos (PO4)	mg/L
Sulfatos (SO4)	mg/L
Nitratos (NO3)	mg/L
Nitritos (NO2)	
Solidos Suspendidos Totales	mg/L
Solidos Totales	mg/L
Demanda Química De Oxigeno (DQO)	mg/L
Demanda Bioquímica de Oxigeno (DBO)	mg/L
Aceites y grasas	

**Elaborado por:** Angélica Morales

### **10.8 Eficiencia en la planta de tratamiento de aguas residuales en su situación actual.**

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

**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

### **10.9 Formulas del cálculo del caudal de un segmento circular:**

$$1. AH = r^2 \frac{\pi}{2}$$

$$2. \chi = D \cdot \pi \cdot \frac{180}{360}$$

$$3. \quad RH = \frac{AH}{\chi}$$

$$4. \quad V = \frac{1}{n} \cdot RH^{\frac{2}{3}} \cdot i^{\frac{1}{2}}$$

$$5. \quad Q = AH * v$$

### **10.12 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 consideró calcular el caudal, posteriormente se realizó una inspección in-situ para evaluar actualmente como se encuentra la planta del barrio San José 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 de la planta actual. Por último se determinó la eficiencia esperada, la misma que fue teóricamente.

## 11. ANALISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS:

**Tabla 7. Parámetros analizados**

Resultados de análisis a la entrada y salida de la planta de tratamiento de aguas residuales de la Provincia de Napo Cantón El Chaco, Barrio San José.					
Parámetro	unidad	Límite permisible	Resultado de análisis a la entrada	Resultado de análisis a la salida	Criterios de resultado
Coliformes Fecales/ Totales	NMP/10 0ml	10000	$2.46 \times 10^3$ 2460	$1.72 \times 10^3$ 1720	cumple
Potencial De Hidrogeno	U Ph	6,9	6.77	6.5	cumple
Fosfatos (PO4)	mg/L	100	59	53	cumple
Sulfatos (SO4)	mg/L	1000	170	146.4	cumple
Nitratos (NO3)	mg/L	10,0	125	137	No cumple
Nitritos (NO2)	mg/l	10,0	30	25	No cumple
Solidos Suspendidos	mg/L	130	38	25	cumple
Solidos totales	mg/L	1600	625	593	cumple
Demanda Química De Oxígeno (DQO)	mg/L	200	630	646	No cumple
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	mg/L	100	462	417	No cumple
Aceites y grasas	mg/L	30,0	24	19	cumple

**Elaborado por:** Angélica Morales

### 11.1 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:**

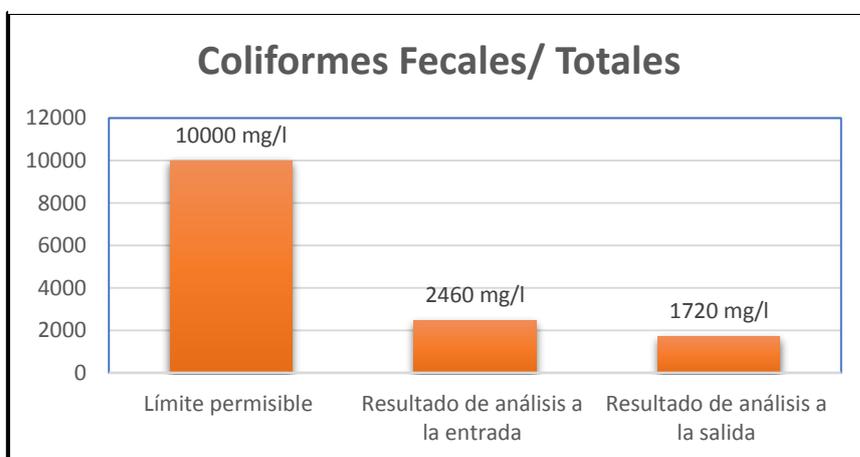
**EF:** Grado de eficiencia en porcentaje

**FZ:** Sumatoria de las cargas que ingresan a la planta

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

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.

**Imagen 3. Coliformes Fecales/ Totales**



**Elaborado por:** Angélica Morales

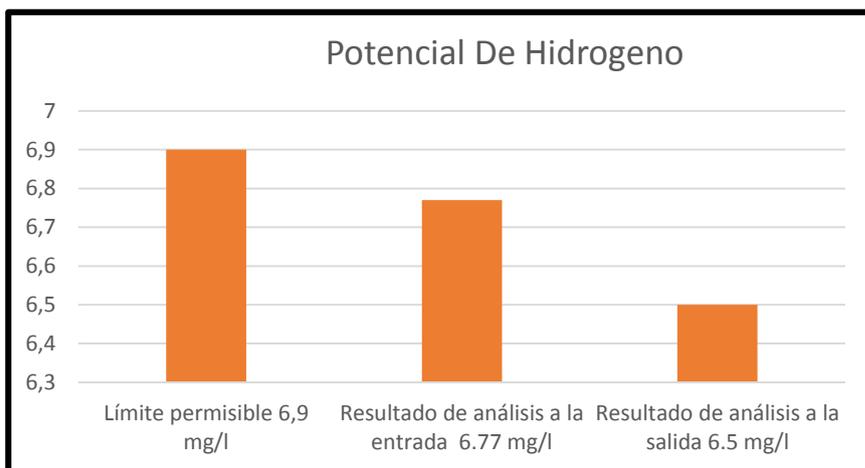
En coliformes fecales se determina según el resultado obtenido del análisis de laboratorio que su valor de la entrada de la planta es de 2460 mg/l y a la salida de la planta es de 1720 mg/l, siendo la concentración del límite permisible según la ley ambiental vigente de 10000 mg/L por tal razón este parámetro CUMPLE con los límites máximos permisibles.

### Calculo de los Coliformes Fecales/ Totales

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

$$\%EF = \frac{2460-1720}{2460} * 100 = 30.08 \%$$

### Imagen 4.Potencial De Hidrógeno



**Elaborado por:** Angélica Morales

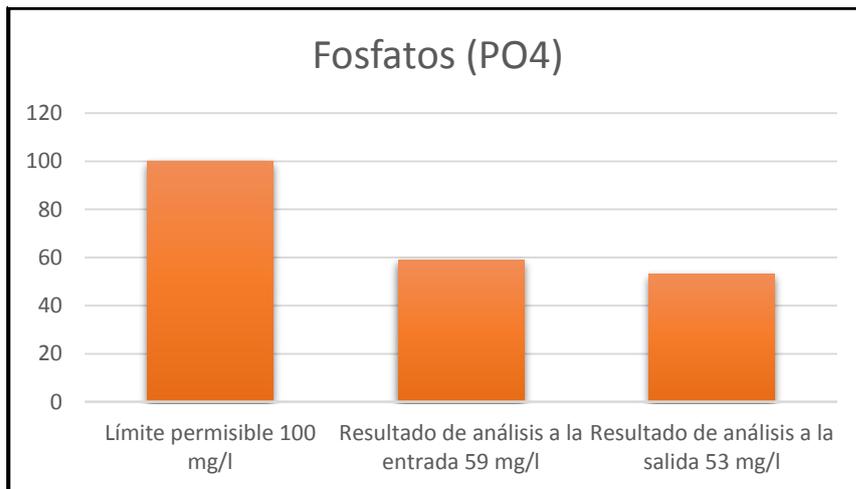
En potencial de hidrógeno se determina según el resultado obtenido del análisis de laboratorio que su valor de la entrada de la planta es de 6.77 mg/l y a la salida de la planta es de 6.5 mg/l, siendo la concentración del límite permisible según la ley ambiental vigente de 6.9 mg/l por tal razón este parámetro CUMPLE con los límites máximos permisibles.

### Calculo del potencial de hidrógeno

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

$$\%EF = \frac{6.77-6.5}{6.77} * 100 = 3.98 \%$$

### Imagen 5. Fosfatos (PO4)



**Elaborado por:** Angélica Morales

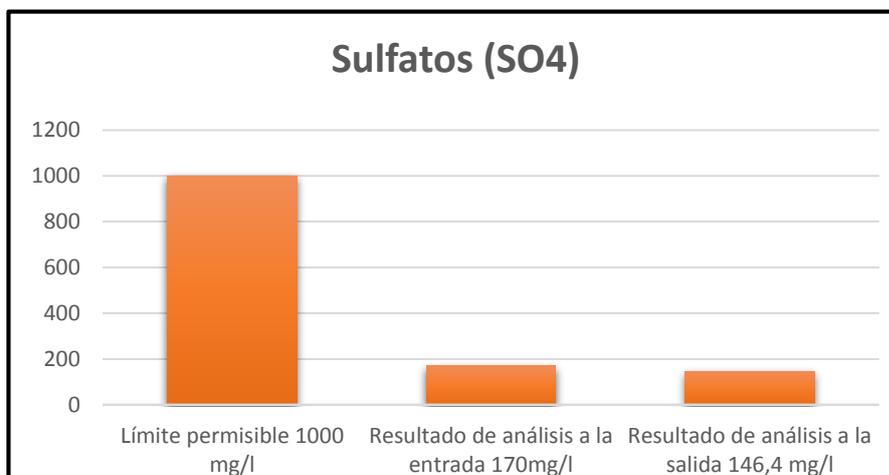
En Fosfatos (PO4) se determina según el resultado obtenido del análisis de laboratorio que su valor de la entrada de la planta es de 59 mg/l y a la salida de la planta es de 53mg/l, siendo la concentración del límite permisible según la ley ambiental vigente de 100 mg/l por tal razón este parámetro CUMPLE con los límites máximos permisibles.

### Calculo de Fosfatos (PO4)

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

$$\%EF = \frac{59-53}{59} * 100 = 10.16 \%$$

### Imagen 6.Sulfatos (SO4)



**Elaborado por:** Angélica Morales

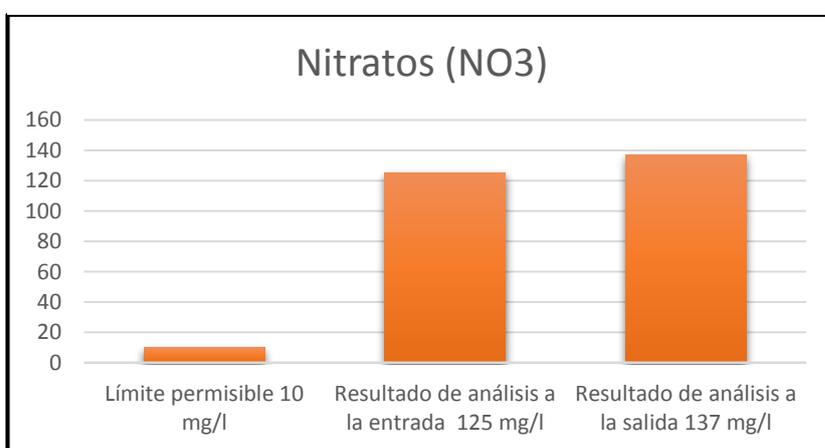
En Sulfatos (SO<sub>4</sub>) se determina según el resultado obtenido del análisis de laboratorio que su valor de la entrada de la planta es de 170 mg/l y a la salida de la planta es de 164.4 mg/l, siendo la concentración del límite permisible según la ley ambiental vigente de 1000 mg/l por tal razón este parámetro CUMPLE con los límites máximos permisibles.

#### Calculo de Sulfatos (SO<sub>4</sub>)

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

$$\%EF = \frac{170 - 146.4}{170} * 100 = 13.88 \%$$

#### Imagen 7. Nitratos (NO<sub>3</sub>)



**Elaborado por:** Angélica Morales

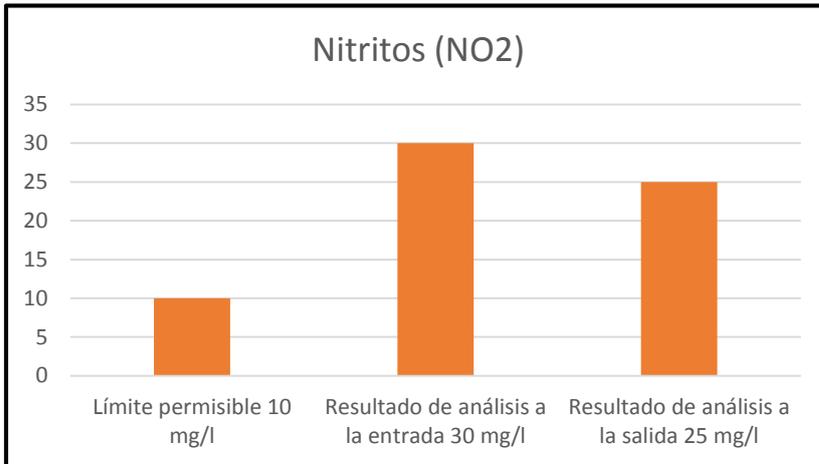
En Nitratos (NO<sub>3</sub>) se determina según el resultado obtenido del análisis de laboratorio que su valor de la entrada de la planta es de 170 mg/l y a la salida de la planta es de 164.4 mg/l, siendo la concentración del límite permisible según la ley ambiental vigente de 1000 mg/l por tal razón este parámetro NO CUMPLE con los límites máximos permisibles.

#### Calculo de Nitratos (NO<sub>3</sub>)

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

$$\%EF = \frac{125 - 137}{125} * 100 = -9.6 \%$$

### Imagen 8. Nitritos (NO<sub>2</sub>)



**Elaborado por:** Angélica Morales

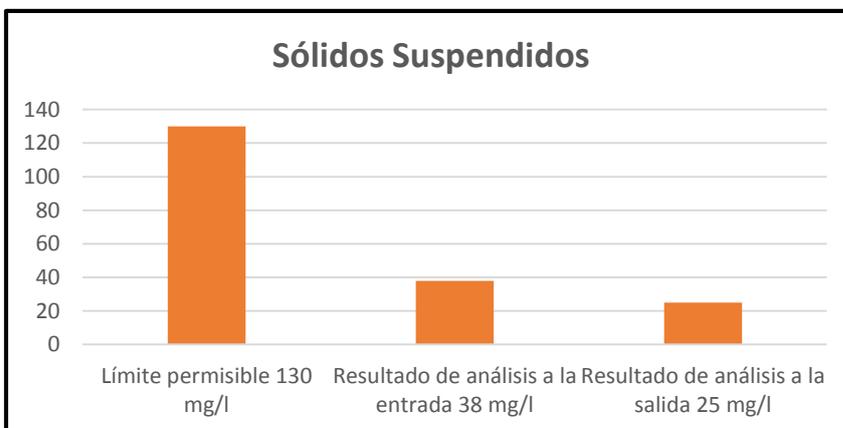
En Nitritos (NO<sub>2</sub>) se determina según el resultado obtenido del análisis de laboratorio que su valor de la entrada de la planta es de 30 mg/l y a la salida de la planta es de 25 mg/l, siendo la concentración del límite permisible según la ley ambiental vigente de 10 mg/l por tal razón este parámetro NO CUMPLE con los límites máximos permisibles.

### Calculo de Nitritos (NO<sub>2</sub>)

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

$$\%EF = \frac{30 - 25}{30} * 100 = 16.66 \%$$

### Imagen 9. Sólidos Suspendidos



**Elaborado por:** Angélica Morales

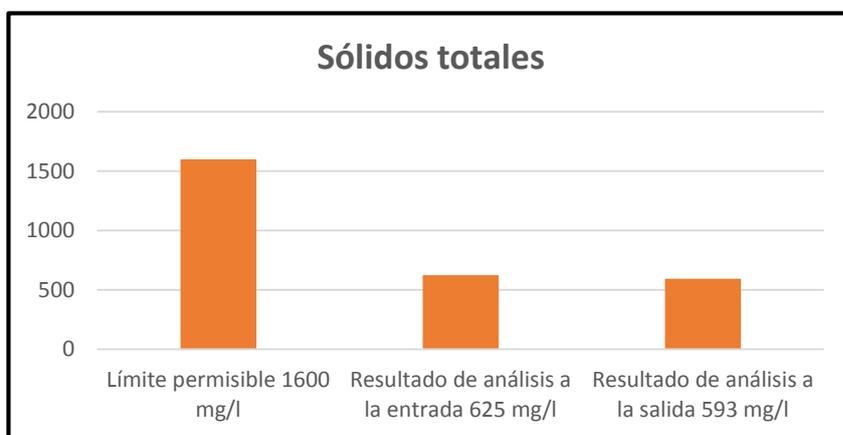
En Sólidos suspendidos se determina según el resultado obtenido del análisis de laboratorio que su valor de la entrada de la planta es de 38 mg/l y a la salida de la planta es de 25 mg/l, siendo la concentración del límite permisible según la ley ambiental vigente de 1000 mg/l por tal razón este parámetro CUMPLE con los límites máximos permisibles.

#### Calculo de solidos suspendidos

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

$$\%EF = \frac{38 - 25}{38} * 100 = 34.21 \%$$

#### Imagen 10. Sólidos totales



Elaborado por: Angélica Morales

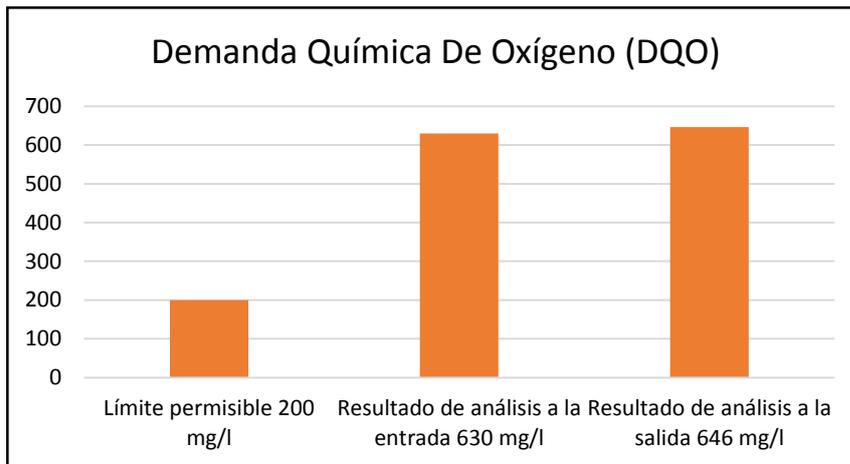
En Sólidos totales se determina según el resultado obtenido del análisis de laboratorio que su valor de la entrada de la planta es de 625 mg/l y a la salida de la planta es de 593 mg/l, siendo la concentración del límite permisible según la ley ambiental vigente de 1000 mg/l por tal razón este parámetro CUMPLE con los límites máximos permisibles.

#### Calculo de sólidos totales

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

$$\%EF = \frac{625 - 593}{625} * 100 = 5.12 \%$$

### Imagen 11. Demanda Química De Oxígeno (DQO)



**Elaborado por:** Angélica Morales

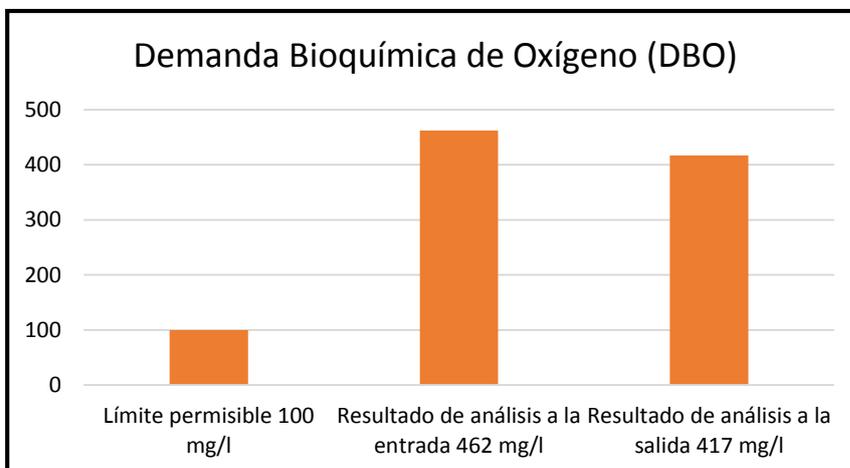
En Demanda Química De Oxígeno (DQO) se determina según el resultado obtenido del análisis de laboratorio que su valor de la entrada de la planta es de 630 mg/l y a la salida de la planta es de 646 mg/l, siendo la concentración del límite permisible según la ley ambiental vigente de 200 mg/l por tal razón este parámetro NO CUMPLE con los límites máximos permisibles.

### Calculo de demanda química de Oxígeno (DQO)

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

$$\%EF = \frac{630 - 646}{630} * 100 = -2.53 \%$$

### Imagen 12. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)



**Elaborado por:** Angélica Morales

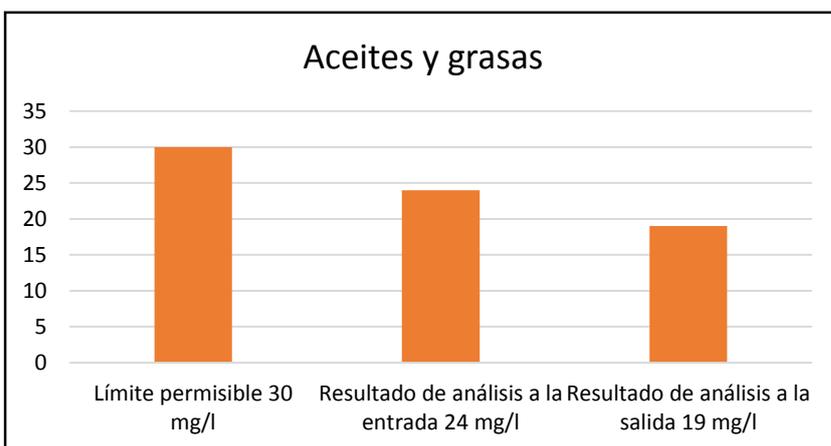
En Demanda Bioquímica De Oxígeno (DBO) se determina según el resultado obtenido del análisis de laboratorio que su valor de la entrada de la planta es de 462 mg/l y a la salida de la planta es de 417 mg/l, siendo la concentración del límite permisible según la ley ambiental vigente de 100 mg/l por tal razón este parámetro NO CUMPLE con los límites máximos permisibles.

### Calculo demanda Bioquímica de Oxígeno

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

$$\%EF = \frac{462 - 417}{462} * 100 = 9.74 \%$$

### Imagen 13. Aceites y grasas:



Elaborado por: Angélica Morales

En Aceites y Grasas se determina según el resultado obtenido del análisis de laboratorio que su valor de la entrada de la planta es de 24 mg/l y a la salida de la planta es de 19 mg/l, siendo la concentración del límite permisible según la ley ambiental vigente de 30 mg/l por tal razón este parámetro CUMPLE con los límites máximos permisibles.

### Calculo de aceites y grasas

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

$$\%EF = \frac{24 - 19}{24} * 100 = 20.83 \%$$

**EF=** Coliformes Fecales/ Totales - Potencial De Hidrogeno - Fosfatos (PO4) - Sulfatos (SO4) - Nitratos (NO3) - Nitritos (NO2) - Solidos Suspendidos - Solidos totales - Demanda Química De Oxigeno (DQO) - Demanda Bioquímica de Oxigeno (DBO) - Aceites y grasas

$$EF = (30.08 \%) + (3.98 \%) + (10.16 \%) + (13.88 \%) + (-9.6 \%) + (16.66 \%) + (34.21 \%) + (5.12 \%) + (-2.53 \%) + (9.74 \%) + (20.83 \%)$$

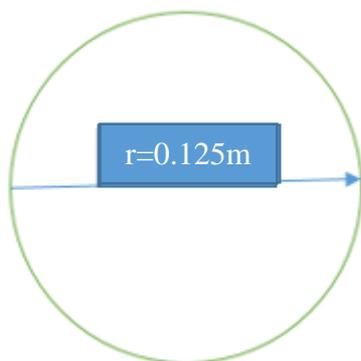
**Sumatoria: 132,5**

**Promedio:**  $132.5/11 = 12.04\%$

### **Análisis de resultados:**

Con las muestras que se tomaron a la salida y entrada de la planta de tratamiento de aguas residuales en el barrio San José, luego de ser analizadas por un laboratorio certificado se pudo constatar que en sí dicha planta no cumple con la eficiencia necesaria para tratar las aguas residuales que ingresan, debido a que parámetros importantes como DBO, DQO, nitritos y nitratos teniendo un porcentaje del 12.04% de eficiencia.

### **Imagen 14. Calculo del caudal:**



### **Datos:**

$$r = 0.125\text{m}$$

$$i = 0.005\%$$

$$6. \quad AH = r^2 \frac{\pi}{2}$$

$$AH = 0.125^2 \cdot \frac{3.1416}{2}$$

$$AH = 0.015 * 1.57$$

$$AH = 0.024 \text{ m}$$

$$7. \chi = D \cdot \pi \cdot \frac{180}{360}$$

$$\chi = 0.30 * 3,1416 * 0.5$$

$$\chi = 0.47 \text{ m}$$

$$8. RH = \frac{AH}{\chi}$$

$$RH = \frac{0.024}{0.47}$$

$$RH = 0.051 \text{ m}$$

$$9. V = \frac{1}{n} \cdot RH^{\frac{2}{3}} \cdot t^{\frac{1}{2}}$$

$$V = \frac{1}{0.016} \cdot 0.07^{\frac{2}{3}} \cdot 0.005^{\frac{1}{2}}$$

$$V = 62.5 * 0.16 * 0.07$$

$$V = 0.6 \text{ m}$$

$$10. Q = AH * v$$

$$Q = 0.024 \text{ m} * 0.6 \text{ m}$$

$$Q = 0.014 \text{ m}^3/\text{s}$$

## **CAPITULO III**

### **11.1 “Propuesta de Rediseño de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del Barrio San José, Cantón El Chaco.”**

#### **11.1.2 Introducción:**

Actualmente en el cantón El Chaco la planta de tratamiento de aguas residuales del Barrio San José no cumple con la eficiencia esperada al tratarse de la oxigenación necesaria del agua dando un rango alto de DQO Y DBO. Por lo tanto, es fundamental la implementación de un aireador el cual ayudará a cumplir con los límites máximos permisibles.

El procedimiento de rediseño consiste en la síntesis y análisis ingenieril del poder diseñar un aireador y obtener un efluente de las características exigidas por la legislación ambiental vigente en nuestro país). El proceso consiste en el cálculo del caudal y el volumen del aireador a implementar.

Se pretende demostrar que es factible tal proceso, tanto desde el punto de vista técnico como económico y que es una alternativa importante para la descontaminación de nuestros ríos y en sí todos los recursos hídricos.

#### **11.1.3 Objetivo de la propuesta**

Elaborar la propuesta de rediseño de la planta de tratamiento de aguas residuales en el barrio San José

#### **11.1.4 Desarrollo de la propuesta de repotenciación:**

##### **Modelo de gestión del recurso hídrico**

##### **Población futura conclusión**

Uno de los factores más importantes en el proyecto de abastecimiento de agua viene a ser el número de personas beneficiadas, que se determina estadísticamente proyectada hacia el futuro.

$$Pf = Po ( 1 + r)^t$$

Pf= población futura

Po= población inicial

r= tasa de crecimiento

t = tiempo de proyección

### Caudal de diseño

Se calcula el caudal promedio y el caudal máximo para empezar con el diseño del modelo de gestión.

### Caudal promedio

$$Qp = \frac{D}{86400s} \times Pf$$

Qp= caudal promedio

D= dotación en Ecuador es de 150lt/ s.

Pf= población futura

### Canal de aducción:

Mediante este canal el agua residual proveniente de las alcantarillas se conducirá directamente a los tratamientos de la planta de tratamiento San José.

1.  $AH = b \cdot h$

2.  $\chi = b + 2h$

3.  $RH = \frac{AH}{\chi}$

4.  $V = \frac{1}{n} \cdot RH^{\frac{2}{3}} \cdot i^{\frac{1}{2}}$

5.  $Q = AH \cdot v$

### Cribado:

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.

$$p = \frac{B + L}{\left(1 + \frac{6}{100}\right) v * L * b}$$

**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)

**Calculo de número de barrotes**

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

**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:

$$\frac{9.8}{18} = \frac{(pg-pa)}{\mu} (dg)^2 = \frac{Q}{ASENT.}$$

**Datos:**

Vs: Velocidad de sedimentación =?

g: gravedad = 9.8 (m/s<sup>2</sup>)

18: constante

fg: densidad del grano = 20 micras

fa: densidad del agua = 1660 Kg/m<sup>3</sup> = 1,66 Kg/m<sup>3</sup>

μ: viscosidad dinámica del fluido del agua = 0,000891

dg: diámetro del grano= 2X10<sup>-5</sup>

Q: 19 lt/s o 1641 m<sup>3</sup> /día

### 10.10 Métodos de operación de los lodos activados:

Existen tres modos de operación de los lodos activados: a) alta carga; b) carga media o convencional; y c) carga baja o aireación extendida o prolongada.

**Tabla 7. Métodos de operación de los reactores de lodos activados (Lozano-Rivas, Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales, 2012)**

PARÁMETRO	ALTA CARGA	CONVENCIONAL (CARGA MEDIA)	AIREACIÓN EXTENDIDA O PROLONGADA (CARGA BAJA)
Color de Fango	Gris marrón	Marrón	Chocolate
Carga másica ( $C_m$ ) (kg DBO <sub>5</sub> /kg SSLM*d)	0,4 - 1,5	0,1 - 1,0	0,03 - 0,12
Carga volumétrica ( $C_v$ ) (kg DBO <sub>5</sub> /m <sup>3</sup> *d)	1,6 - 16	0,3 - 3,0	0,16 - 0,4
Tiempo de Retención Celular (TRC) (días)	5 - 10	5,0 - 15	20 - 30
TRH (horas)	0,5 - 4	4,0 - 10	18 - 36
SSLM (ppm)	1000 - 2000	2000 - 3000	3000 - 6000
Tasa de Recirculación (%)	100 - 500	25 - 50	75 - 150
Relación F/M	0,4 - 1,5	0,2 - 0,4	0,05 - 0,15
Exceso de Lodos (kg SSLM/kg DBO <sub>5</sub> *d)	1,2	0,9 - 1	< 0,6
Respiración Endógena (mg O <sub>2</sub> /g*h)	10	3 - 10	< 3
IVL (mL/g)	120 - 250	90 - 160	50 - 100
N Total en Lodo (mg/g)	80	70	50
Consumo de Oxígeno (mg O <sub>2</sub> /L*h)	<100	30	<10
Equipos de aireación (m <sup>3</sup> aire / kg DBO)	25 - 95	>95	>125
Eficiencia media (%)	80	90	90

**Fuente:** Lozano-Rivas, Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales, 2012

**10.11 El volumen del tanque de aireación de lodos activados, se calcula con la siguiente expresión:**

$$V = \frac{TRC \cdot Y \cdot Q \cdot (S_o - S)}{X \cdot [1 + (k_d \cdot TRC)]}$$

**Donde,**

- $V$  = volumen del reactor (m<sup>3</sup>)
- TRC = tiempo de retención celular (d)
- $Y$  = coeficiente de crecimiento bacteriano (oscila entre 0,4 y 0,8)
- $Q$  = caudal de aguas residuales (m<sup>3</sup>/d)
- $S_o$  = DQO inicial en el afluente (kg/m<sup>3</sup>)
- $S$  = DQO final en el efluente (kg/m<sup>3</sup>)
- $X$  = SSLM -sólidos suspendidos del licor mezclado- en el tanque (kg/m<sup>3</sup>)  $K_d$  coeficiente de eliminación de bacterias (oscila entre 0,040 - 0,075)

La carga másica se calcula de la siguiente manera:

$$C_m = \frac{S_o \cdot Q}{V \cdot X}$$

Donde,

$C_m$  carga másica (kg DQO/kg SSLM\*d)

El tiempo de retención celular (en días), se estimará así:

$$TRC = \frac{V \cdot X}{Q_p \cdot X_r}$$

Donde,

$Q_p$  caudal de purga (m<sup>3</sup>/d)  $X_r$  SSLM -sólidos suspendidos del licor mezclado- en el lodo (kg/m<sup>3</sup>)

El caudal de recirculación (en m<sup>3</sup>/d) se estimará así:

$$Q_r = \frac{(Q \cdot X) - (Q_p \cdot X_r)}{X_r - X}$$

La relación F/M (alimento/microorganismos) podrá calcularse, así:

$$\frac{F}{M} = \frac{Q \cdot S_o}{V \cdot X}$$

### **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.

## 11.12 Resultado de la propuesta

### Población futura:

#### Datos

$$P_o = 10343 \text{ hab}$$

$$r = 0,02\%$$

$$t = 25 \text{ años}$$

$$P_f = P_o (1 + r)^t = 10343 \text{ hab} (1 + 0,02)^{25}$$

$$P_f = 16968 \text{ hab}$$

### Caudal de diseño:

$$Q_p = \frac{D}{86400s} \times P_f$$

$$\frac{150 \text{ l/h/d}}{86400} = 0,0017 \text{ l/s}$$

$$Q_{dot} = 0.0000017 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_u = Q_{dot} * 80\%$$

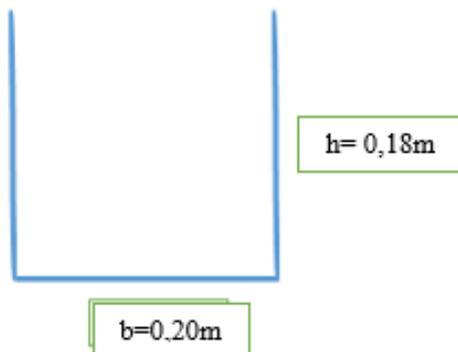
$$Q_u = 0,0000017 * 0,80$$

$$Q_u = 0,00000136 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_u = 0,00000136 \text{ m}^3/\text{s} * 16968$$

$$Q_d = Q_u * p_f$$

$$Q_d = 0,023 \text{ m}^3/\text{s}$$

**Canal de aducción:****Imagen 15. Canal de aducción****Cribado:**

$$Qd = \frac{B + L}{\left(1 + \frac{6}{100}\right) v * L * b}$$

$$p = 0,023 = \frac{0,025m + 0,035m}{0,70 * 0,70 * 0,035m * 0,20}$$

$$P = 0,023 = \frac{0,012m + 0,035m}{0,70 * 0,70 * 0,035m * 0,20}$$

$$P = 0.31m$$

$$N = \frac{0.20m - 0.035m}{0.012m + 0.035m}$$

$$N = 5 \text{ barroses}$$

**Sedimentador:**

$$V_s > V_a$$

$$V_s = \frac{9.8}{18} = \frac{(p_g - p_a)}{\mu} (d_g)^2 = \frac{Q}{A_{SENT.}}$$

$$V_s = 0,54 = \frac{(1,66 - 0,997)10^3}{0,891 \cdot 10^{-3}} (2 \cdot 10^{-5} m)^2 = \frac{Q}{A_{SENT.}}$$

$$V_s = 0,54(0,744) \cdot 10^6 \cdot 4 \cdot 10^{-10}$$

$$V_s = 1,60 \cdot 10^{-4} = 0,00016 \text{ m/s}$$

$$V_a = 0,023/23m = 0.0010$$

$$A_{sc} = 23 \text{ m}^2$$

**Tanque circular**

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

$$\sqrt{\frac{23 \text{ m}^2}{3.14 \cdot 16}} = 7.32 \text{ m}$$

$$D = 15 \text{ m}$$

**Volumen del aireador en m3**

$$V = \frac{10d \cdot 0.5 \cdot 1987,2 \frac{m^3}{d} \cdot (0,630 \frac{kg}{m^3} - 0,200 \frac{kg}{m^3})}{3,5 \frac{kg}{m^3} \cdot [1 + (\frac{0,05}{d} \cdot 10d)]}$$

$$V = \frac{10 \cdot 0,5 \cdot 1987,2 \cdot 0,43}{3,5 \cdot 1 + 0,5}$$

$$V = 813,80 \text{ m}^3$$

**El tiempo de retención hidráulica será:**

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

$$TRH = \frac{813,80 \text{ m}^3}{1987,2 \text{ m}^3}$$

$$\mathbf{TRH = 0,40d = 9,82 h}$$

Este tiempo está muy cerca del rango recomendado para la operación de reactores de carga convencional: 4 a 10 horas y, por tanto, se acepta.

**Se determina la carga másica:**

$$C_m = \frac{0,630 \frac{kg}{m^3} \cdot 1987 m^3}{813,80 m^3 \cdot 3,5 \frac{kg}{m^3}}$$

$$C_m = \frac{1251,81}{2848,3}$$

$$\mathbf{C_m = 0,43 \frac{kg DQO}{kg SSLM \cdot d}}$$

Este valor se encuentra dentro del rango recomendado para los reactores operados de forma convencional: 0,1 a 1,0 kg DBO5/kg SSLM\*d y, por tanto, se acepta.

El caudal de purga, despejando “Qp” de la fórmula para el cálculo del tiempo de retención celular, es:

$$Q_p = \frac{V \cdot X}{TRC \cdot X_r}$$

$$Q_p = \frac{813,80 m^3 * 3,5 \frac{kg}{m^3}}{10d * 15 \frac{kg}{m^3}}$$

$$\mathbf{Q_p = 18,98 \frac{m^3}{d}}$$

Este caudal de purga corresponde al volumen que se extrae del decantador secundario y que se llevará a tratamiento de lodos. La otra fracción debe ser retornada al reactor como caudal de recirculación, este volumen o caudal de recirculación “Qr” se calcula así:

$$Q_r = \frac{(1987,2 \frac{m^3}{d} * 3,5 \frac{kg}{m^3}) - (18,98 \frac{m^3}{d} * 15 \frac{kg}{m^3})}{15 \frac{kg}{m^3} - 3,5 \frac{kg}{m^3}}$$

$$Q_r = \frac{6955,2 - 284,7}{11,5}$$

$$\mathbf{Q_r = 580,04 \frac{m^3}{d}}$$

Por lo tanto, la tasa de recirculación será:

$$\text{Tasa de recirculación} = \frac{Q_r}{Q}$$

$$\text{Tasa de recirculación} = \frac{580,04 \frac{m^3}{d}}{1987,2 \frac{m^3}{d}}$$

$$\text{Tasa de recirculación} = 0,291 = 29\%$$

Este valor se encuentra dentro del rango recomendado para los reactores operados de forma convencional: 25 a 50% y, por tanto, se acepta.

Para finalizar, se verifica la relación alimento/microorganismos (F/M) que para la operación convencional deberá oscilar entre 0,2 y 0,4:

$$\frac{F}{M} = \frac{1987,2 \frac{m^3}{d} \cdot 0,630 \frac{kg}{m^3}}{813,80 m^3 \cdot 3,5 \frac{kg}{m^3}}$$

$$\frac{F}{M} = \frac{1251,93}{2848,3}$$

$$\frac{F}{M} = 0,4$$

**Medidas del aireador:**

**Datos:**

**A= Área**

**h=2**

**V= A\*h**

**814m<sup>3</sup>= A\*2h**

**407m<sup>3</sup>= A**

**Se considera aireador circular:**

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

$$\sqrt{\frac{407 m^2}{3.14.16}} = 11.38 m$$

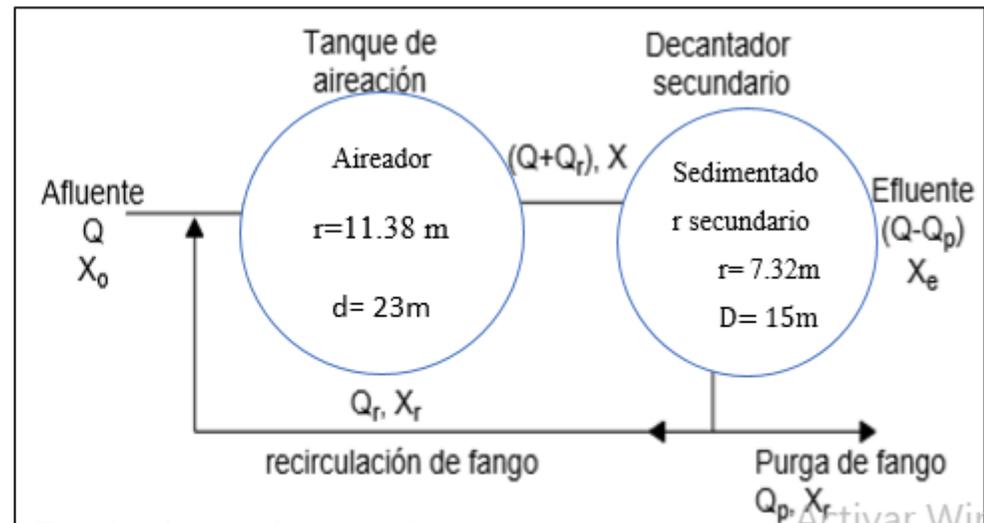
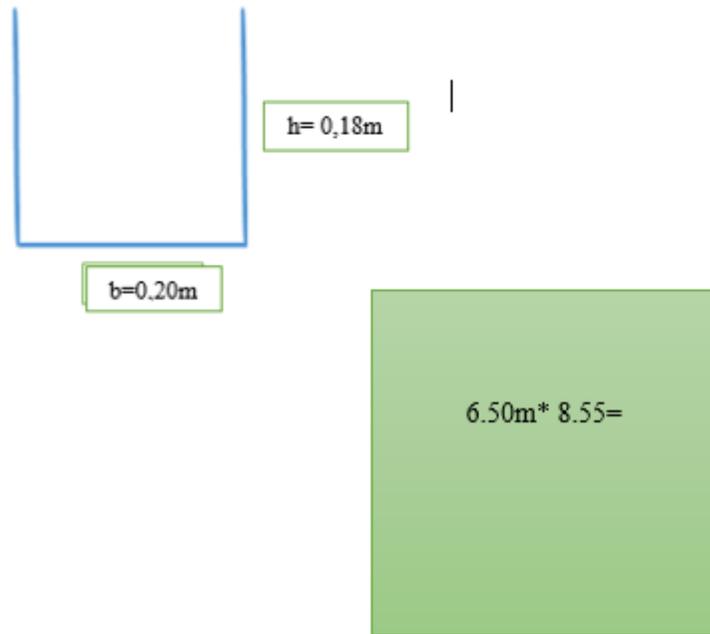
$$d = 23m$$

**Tabla 8. Resultados de los cálculos**

<b>Resultados de los datos calculados:</b>		
<i>Poblacion futura</i>	16968 hab	
Caudal de diseño	$Q= 0.023 \text{ m}^3/\text{s}$	
Canal de aducción	$B= 0,20 \text{ h}= 0,18$	
cribado	5 barrotes	
Sedimentador secundario:	Asc= $23 \text{ m}^2$ r= 7.32m D= 15m	
Volumen del aireador	$\forall= 813,80 \text{ m}^3$	
Tiempo de retención hidráulica	$\text{TRH} = 0,40d = 9,82 \text{ h}$	CUMPLE
carga másica:	$C_m=0,43 \frac{\text{kg DQO}}{\text{kg SSLM} \cdot d}$	CUMPLE
caudal de purga	$Q_p = 18,98 \frac{\text{m}^3}{d}$	CUMPLE
caudal de recirculación	$Q_r = 580,04 \frac{\text{m}^3}{d}$	CUMPLE
tasa de recirculación	<i>Tasa de recirculación</i> = $0,291 = 29\%$	CUMPLE
relación alimento/microorganismos (F/M)	$\frac{F}{M} = 0,4$	CUMPLE
Aireador circular medida	r=11.38 m <b>d= 23m</b>	

**Elaborado por:** Angélica Morales

Imagen 16. Esquema de la propuesta de repotenciación



## **12. IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONÓMICOS)**

La planta de tratamiento San José con los cálculos realizados para la implementación de un aireador el cual contribuirá a estar dentro de los límites permisibles reduciendo significativamente el DQO, DBO, Nitritos y Nitratos los cuales al estar fuera de los límites máximos permisibles provocan la falta de oxigenación del agua y exceso de materia orgánica que impide vida acuática y por ende contaminación ambiental.

Por otro lado también mediante las medidas de remediación se pensó en el costo beneficio, ya que la implementación de dichos procesos unitarios son adecuados para aumentar la eficiencia de la planta.

Se considera también que dicho aireador y con el debido mantenimiento de todos los procesos unitarios de la planta de tratamiento de aguas residuales San José, al contribuir con la minimización de contaminación del cuerpo receptor generará tranquilidad de sus aledaños quienes esperan ver aún sus ríos limpios.

### 13. PRESUPUESTO PARA LA PROPUESTA DEL PROYECTO:

**Tabla 9. Presupuesto para la propuesta del proyecto**

CRIBADO	5.000\$
SEDIMENTADOR	12.000\$
AIREADOR	50.000\$
SEDIMENTADOR SECUNDARIO	12.000\$
<b>SUBTOTAL</b>	<b>79.000\$</b>
<b>10%</b>	<b>7900\$</b>
<b>TOTAL</b>	<b>86900\$</b>

### 14. RESPUESTA A LA PREGUNTA CIENTÍFICA:

Con la propuesta de repotenciación se puede mejorar la calidad del agua descargada a los afluentes del cuerpo receptor debido a la implementación de un aireador y un decantador secundario el cual minimizará considerablemente los parámetros fuera de los límites máximos permisibles como son DQO, DBO, Nitritos y Nitratos éstos ayudarán a la oxigenación del agua y por ende minimización de exceso materia orgánica.

## **15. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES:**

### **15.1 Conclusiones:**

Se realizó la toma de muestras 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 y al momento de su verificación con la normativa legal vigente TULSMA Libro VI, Anexo 1, Tabla10. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce, donde no se cumplen 4 parámetros que son DQO, DBO, Nitritos y Nitratos.

Al momento de utilizar la fórmula para calcular la eficiencia de la planta de tratamiento de aguas residuales cumple el 12.04% de eficiencia provocando disminución de oxígeno por exceso de materia orgánica y perdiendo la posibilidad de vida acuática y matando microorganismos eficientes del 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 diseño de las Rejillas o Cribado retendrá sólidos de mayor dimensión y evitar daños en equipos y válvulas, de la misma manera el Sedimentador primario el cual se consideró utilizar el actual debido que cuenta con un área de 55,57m<sup>2</sup> y está dentro de los límites considerables para su funcionamiento, para el aireador se razonó hacer uno de segmento circular con su  $r= 11,38m$  donde sus consideraciones son Tiempo de retención hidráulica, carga másica, caudal de purga, caudal de recirculación, tasa de recirculación, relación alimento/microorganismos (F/M), luego está el sedimentador secundario de segmento circular de un radio de 7,32m. Sabiendo también que lo dicho minimizará considerablemente el rebosamiento de la planta de tratamiento.

## **15.2 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.

Se recomienda realizar más proyectos investigativos de la planta de tratamiento San José para el mejoramiento de los diferentes procesos unitarios existentes y mantenimiento de las plantas de depuradoras ya que el Cantón el Chaco necesita que sus aguas residuales sean tratadas para evitar futuros vectores que afecten al medio físico y social del mismo.

Se sugiere realizar monitoreos periódicos con los respectivos análisis de laboratorio, de manera que se evidencie la evolución del tratamiento y con ello manejar un registro de cumplimiento comparado con la normativa legal vigente.

## 16. BIBLIOGRAFÍA:

- APHA. (1992). Obtenido de APHA (1992). Standard methods for the examination of water and wastewater. American Public Health Association. Washington D.C. 937 p.
- Baraño P y Tapia L. (2004). Obtenido de tratamiento de las aguas servidas: situación en Chile. *Ciencia y Trabajo*, 6(13), 111-117.
- D'angelo, M. (16 de 09 de 2016). *General Water Company*. Obtenido de Sólidos presentes en el agua: <https://gwc.com.ar/contaminantes-del-agua/solidos-agua/>
- Díaz, C. (04 de julio de 2014). *Tratamiento de agua residual a través de humedales*. Obtenido de <http://ustatunja.edu.co/cong-civil/images/Articulos/-TRATAMIENTO%20DE%20AGUA%20RESIDUAL%20A%20TRAVES%20DE%20HUMEDALES.pdf>
- Galvín, R. M. (2010). *Empresa Municipal de Aguas de Córdoba S.A. (EMACSA)* . Obtenido de [http://api.eoi.es/api\\_v1\\_dev.php/fedora/asset/eoi:48101/componente48099.pdf](http://api.eoi.es/api_v1_dev.php/fedora/asset/eoi:48101/componente48099.pdf)
- García, E., & López, P. (2003). *Aguas residuales. composición*. Obtenido de CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO TECNOLÓGICO DEL AGUA, 22.: [http://cidta.usal.es/cursos/EDAR/modulos/Edar/unidades/LIBROS/logo/pdf/Aguas\\_Residuales\\_composicion.pdf](http://cidta.usal.es/cursos/EDAR/modulos/Edar/unidades/LIBROS/logo/pdf/Aguas_Residuales_composicion.pdf)
- Guzmán, L., Villabona, Á., Tejada, C., & García, R. (2018). *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 16(1), 253-262. . Obtenido de <https://revistas.udca.>
- Maria Grazia, R. L. (2011). *FONAM*. Obtenido de [http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4\\_uibd.nsf/0605A78F2E41896205257DC800592EF0/\\$FILE/Oportunidades\\_Mejoras\\_Ambientales.pdf](http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/0605A78F2E41896205257DC800592EF0/$FILE/Oportunidades_Mejoras_Ambientales.pdf)

- Miguel, C. (31 de Enero de 2013). *Los humedales artificiales*. Obtenido de Aqualia:  
<https://www.iagua.es/blogs/carolina-miguel/los-humedales-artificiales-componentes-y-tipos>
- Montero, P. B. (2010). *Reutilización de agua en Bahía Blanca Plata tercera cuenca*.  
Argentina: UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL .
- Pulido, S. P., Miranda, V. A., Guavita, M. G., & Molano, E. J. (2001). *PTAR-Uniminuto*.  
Obtenido de Origen y Características de las aguas residuales:  
<https://sites.google.com/site/ptaruniminuto/origen-y-caracteristicas-de-las-aguas-residuales>
- Reynolds, K. A. (septiembre/Octubre de 2002). Obtenido de  
[http://cidta.usal.es/residuales/libros/documentos\\_nuevos/DeLaLaveSepOct02.pdf](http://cidta.usal.es/residuales/libros/documentos_nuevos/DeLaLaveSepOct02.pdf)
- Rivas-Lozano, w. A. (2012). *DISEÑO DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES*. Obtenido de  
[https://www.researchgate.net/publication/298354134\\_Disenio\\_de\\_Plantas\\_de\\_Tratamiento\\_de\\_Aguas\\_Residuales](https://www.researchgate.net/publication/298354134_Disenio_de_Plantas_de_Tratamiento_de_Aguas_Residuales)
- Rojas, R. (2002). *Conferencia Determinación de la constante cinética en lagunas Métodos Experimentales*. Obtenido de  
<http://www.bvsde.paho.org/bvsaar/e/fulltext/gestion/cinetica.pdf>

## 17. ANEXOS:

### Anexo 1. Aval de traducción de idioma inglés.



Universidad  
Técnica de  
Cotopaxi

CENTRO DE IDIOMAS

## *AVAL DE TRADUCCIÓN*

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que: La traducción del resumen de tesis al Idioma Inglés presentado por la señorita Egresada de la Carrera de **INGENIERÍA EN MEDIO AMBIENTE** de la **FACULTAD ACADÉMICA DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES: MORALES AIGAJE ANGÉLICA GERMANIA** cuyo título versa “**EVALUACION DE LA EFICIENCIA EN EL FUNCIONAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DEL SISTEMA DE AGUAS RESIDUALES EN EL BARRIO SAN JOSE CANTON EL CHACO PROVINCIA DE NAPO, 2018-2019**”, lo realizó bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo a la peticionaria hacer uso del presente certificado de la manera ética que estimare conveniente.

Latacunga, marzo del 2019

Atentamente,

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Marcia Chilusa'.

Msc. Marcia Chilusa

DOCENTE  
C.C. 0502214307



CENTRO  
DE IDIOMAS

## Anexo 2. Hoja de Vida del Tutor del Proyecto de Investigación



### UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI DATOS INFORMATIVOS PERSONAL DOCENTE

#### DATOS PERSONALES

**APELLIDOS:** LARA LANDÁZURI

**NOMBRES:** RENÁN ARTURO

**ESTADO CIVIL:** CASADO

**CEDULA DE CIUDADANÍA:** 0400488011

**LUGAR Y FECHA DE NACIMIENTO:** San Gabriel, 17-Abril-1956

**DIRECCIÓN DOMICILIARIA:** Latacunga, Locoá

**TELÉFONO CONVENCIONAL:** 032-223-258 **TELÉFONO CELULAR:** 0984795339

**CORREO ELECTRONICO:** renan.lara@utc.edu.ec

**EN CASO DE EMERGENCIA CONTACTARSE CON:** (NOMBRE Y TELEFONO) Marta Viera 032-809-576



#### ESTUDIOS REALIZADOS Y TÍTULOS OBTENIDOS

NIVEL	TITULO OBTENIDO	FECHA DE REGISTRO EN EL CONESUP	CODIGO DEL REGISTRO CONESUP
TERCER	Ingeniero Civil(Hidrólogo)	23 de abril del 2003	1005-03-376959
CUARTO	Diplomado en Educación Superior	29/07/2010	1020-10-713968
CUARTO	Maestría en Gestión de la Producción	2015/04/30	1020-15- 86059461
CUARTO	Master of science en Geografía	2017/07/28	8042106286

#### HISTORIAL PROFESIONAL:

**UNIDAD ACADEMICA EN LA QUE LABORA:** CAREN

**CARRERA A LA QUE PERTENECE:** MEDIO AMBIENTE Y AGRONOMIA

**AREA DE CONOCIMIENTO EN LA CUAL SE DESEMPEÑA:** MANAEJO DE LOS RESURSOS HIDRICOS

**PERIODO ACADEMICO QUE INGRESO A LA UTC:** 3 DE SEPTIEMBRE DEL 2001

### Anexo 3. Hoja de Vida del proponente del proyecto de investigación

#### HOJA DE VIDA

##### 1.- DATOS PERSONALES

**NOMBRES Y APELLIDOS:** Morales Aigaje Angélica Germania

**FECHA DE NACIMIENTO:** 05 de marzo de 1994

**CEDULA DE CIUDADANÍA:** 1500829294

**ESTADO CIVIL:** Soltera

**NÚMEROS TELEFÓNICOS:** 0989067319

**E-MAIL:** angelica.morales4@utc.edu.ec



##### 2.- ESTUDIOS REALIZADOS

**PRIMARIA:** Escuela Fiscal Trece De Abril

**SECUNDARIA:** Colegio Fiscal Técnico El Chacho

**ACTUALMENTE:** Egresada de la carrera de Ingeniería en Medio Ambiente

##### 3. CURSOS REALIZADOS

<b>TALLER DE CALIDAD AMBIENTAL DE AGUA Y METEREEOLOGIA</b>	<b>GAD DE COTOPAXI</b>
<b>CONGRESO NACIONAL DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES</b>	<b>CECATERE</b>
<b>III SEMINARIO CIENTIFICO INTERNACIONAL DE COOPERACION UNIVERSITARIA PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE – ECUADOR 2017</b>	<b>RED IBEROAMERICANA DE MEDIO AMBIENTE</b>
<b>GESTION DE ESPACIOS PROTEGIDOS: UNA ALTERNATIVA HACIA EL DESARROLLO SOSTENIBLE</b>	<b>RED IBEROAMERICANA DE MEDIO AMBIENTE</b>
<b>ESTADO DE CONSERVACION DEL CONDOR ANDINO EN ECUADOR Y EL OSO DE ANTEOJOS EN ECUADOR</b>	<b>MINISTERIO DEL AMBIENTE</b>

**4. IDIOMAS:** Suficiencia en el Idioma inglés (B1+) en el año 2017 en la Universidad Técnica de Cotopaxi - Sede Latacunga

**5. REFERENCIAS PERSONALES:** Ernesto Morales 0989067319

**Anexo 4. Toma de muestras de agua a la entrada de la planta de tratamiento San José**

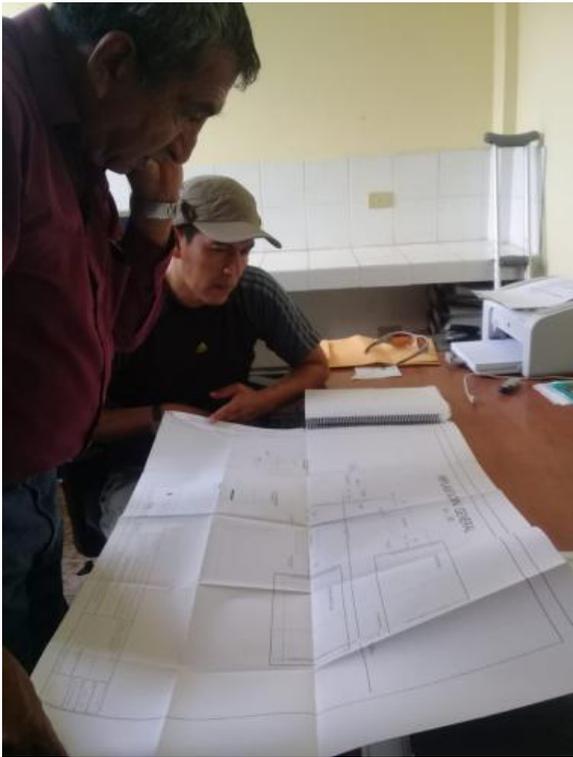


Toma de muestras a la entrada de la planta de tratamiento San José

**Anexo 5. Toma de muestras de agua a la salida de la planta de tratamiento San José**

Toma de muestras a la salida de la planta de tratamiento de aguas residuales

## Anexo 6. Reconocimiento del área de estudio



Reconocimiento del área de estudio con mi tutor de tesis, Ing Renán Lara Landázuri y revisión del plano de la planta de tratamiento de aguas residuales San José.

## Anexo 7. Tabla TULSMA límites de descarga a un cuerpo de agua dulce

TABLA 10. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Aceites y Grasas.	Sust. solubles en hexano	mg/l	30,0
Alkil mercurio		mg/l	No detectable
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico total	As	mg/l	0,1
Bario	Ba	mg/l	2,0
Boro Total	B	mg/l	2,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,02
Cianuro total	CN <sup>-</sup>	mg/l	0,1
Cinc	Zn	mg/l	5,0
Cloro Activo	Cl	mg/l	0,5
Cloroformo	Ext. carbón cloroformo ECC	mg/l	0,1
Cloruros	Cl <sup>-</sup>	mg/l	1 000
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Cobalto	Co	mg/l	0,5
Coliformes Fecales	NMP	NMP/100 ml	10000
Color real <sup>1</sup>	Color real	unidades de color	Inapreciable en dilución: 1/20
Compuestos fenólicos	Fenol	mg/l	0,2
Cromo hexavalente	Cr <sup>+6</sup>	mg/l	0,5
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO <sub>5</sub>	mg/l	100
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	200
Estaño	Sn	mg/l	5,0
Fluoruros	F	mg/l	5,0
Fósforo Total	P	mg/l	10,0
Hierro total	Fe	mg/l	10,0
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	20,0
Manganeso total	Mn	mg/l	2,0
Materia flotante	Visibles		Ausencia
Mercurio total	Hg	mg/l	0,005
Níquel	Ni	mg/l	2,0
Nitrógeno amoniacal	N	mg/l	30,0
Nitrógeno Total Kjeldahl	N	mg/l	50,0
Compuestos Organoclorados	Organoclorados totales	mg/l	0,05
Compuestos Organofosforados	Organofosforados totales	mg/l	0,1
Plata	Ag	mg/l	0,1
Plomo	Pb	mg/l	0,2
Potencial de hidrógeno	pH		6-9
Selenio	Se	mg/l	0,1
Sólidos Suspendidos Totales	SST	mg/l	130
Sólidos totales	ST	mg/l	1 600
Sulfatos	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	mg/l	1000
Sulfuros	S <sup>-2</sup>	mg/l	0,5
Temperatura	°C		Condición natural ± 3
Tensoactivos	Activas al azul de metileno	mg/l	0,5
Tetracloruro de carbono	Tetracloruro de carbono	mg/l	1,0

<sup>1</sup> La apreciación del color se estima sobre 10 cm de muestra diluida



## Anexo 9. Resultado del análisis de agua a la salida de la planta San José

 **LAQUIFARVA**  
SERVICIO DE LABORATORIO QUÍMICO INTEGRAL  
AGUAS - ALIMENTOS - COSMÉTICOS - SUELOS - PREPARACIONES FARMACÉUTICAS

Ambato, Octubre 17 / 2018

**INFORME DE RESULTADOS**

**ANÁLISIS FÍSICO- QUÍMICO DE AGUAS RESIDUALES**

Informe de Laboratorio	AFQAR -113-10		
Orden de trabajo	No.	113	
Presentación	envase	plástico	
Contenido	ml.	2000	
Identificación	No. 2	Agua de salida	
Tipo de muestra	Simple		
Sitio de muestreo	Planta de Tratamiento de Aguas Residuales		
Cantón - Provincia	El Chaco- Napo		
Solicita	Srta. Angélica Morales		
Fecha de muestreo	10-10-18		
Fecha de informe	17-10-18		
PARAMETROS	UNIDAD	RESULTADOS	METODO
Potencial Hidrógeno	U- pH	6.5	S.M. 4500-H+B
Sólidos Totales	mg / L	593	S.M. 2540 B
Sólidos Disueltos	"	568	S.M. 2540 C
Sólidos en Suspensión	"	25	S.M. 2540 D
Sulfatos	"	146.4	S.M. 4500-SO4 - E
Fosfatos	"	53	S.M. 4500-P-E
Nitritos	"	25	S.M. 4500-NO2-B
Nitratos	"	137	S.M. 4500-NO3-B
Potasio	"	8.2	Electrodo Selectivo
D.B.O. (5)	"	417	S.M. Apha - 5210 - B
D.Q.O.	"	646	S.M. Apha - 5220 - D
Aceites - Grasas	"	19	EPA 418.1
Detergentes	"	1.3	APHA 5540 C
<b>OBSERVACIONES</b>			
Los resultados obtenidos en este análisis se refieren exclusivamente a la muestra puntual entregada por el solicitante. El Laboratorio no se responsabiliza por la toma de la muestra, transportación y veracidad en cuanto a la información proporcionada por el cliente.			
La Normativa está basada en el TULSMA que contiene los límites máximos permisibles, indicados en el Libro VI -Anexo 1 De la Norma de Calidad Ambiental y De Descarga de efluentes del Recurso Agua.			

  
DR. ENRIQUE VAYAS L. M.Sc.

Dr. Enrique Vayas López M.Sc.

Anexo 10. Levantamiento de la Planta de tratamiento actual

