



**ESPAMMFL**

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA  
AGROPECUARIA DE MANABÍ MANUEL FÉLIX LÓPEZ

**CARRERA: INGENIERÍA AMBIENTAL**

**TESIS PREVIA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERA EN  
MEDIO AMBIENTE**

**TEMA:**

**EL TIEMPO DE RETENCIÓN HIDRÁULICO DE UN LECHO  
BACTERIANO AEROBIO RELLENO CON CAÑA GUADUA Y LA  
NITRIFICACIÓN EN UN RESIDUAL SINTÉTICO**

**AUTORA:**

**IRENE NATHALY CEDEÑO SÁNCHEZ**

**TUTOR:**

**ING. AGUSTÍN LEIVA PÉREZ, Ph.D.**

**CALCETA, JULIO 2016**

## **DERECHOS DE AUTORÍA**

**Irene Nathaly Cedeño Sánchez**, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional, y que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo los derechos de propiedad intelectual a la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual y su reglamento.

.....  
**IRENE N. CEDEÑO SÁNCHEZ**

## CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

Agustín Leiva Pérez certifica haber tutelado la tesis **EL TIEMPO DE RETENCIÓN HIDRÁULICO DE UN LECHO BACTERIANO AEROBIO RELLENO CON CAÑA GUADUA Y LA NITRIFICACIÓN EN UN RESIDUAL SINTÉTICO**, que ha sido desarrollada por **Irene Nathaly Cedeño Sánchez**, previa la obtención del título de Ingeniero en Medio Ambiente, de acuerdo al **REGLAMENTO PARA LA ELABORACIÓN DE TESIS DE GRADO DE TERCER NIVEL** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

.....  
**ING. AGUSTÍN LEIVA PÉREZ, Ph.D.**

## APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

Los suscritos integrantes del tribunal correspondiente, declaran que han **APROBADO** la tesis **EL TIEMPO DE RETENCIÓN HIDRÁULICA DE UN LECHO BACTERIANO AEROBIO RELLENO CON CAÑA GUADUA Y LA NITRIFICACIÓN EN UN RESIDUAL SINTÉTICO**, que han sido propuesta, desarrollada y sustentada por Irene Nathaly Cedeño Sánchez, previa la obtención del título de Ingeniero en Medio Ambiente, de acuerdo al **REGLAMENTO PARA LA ELABORACIÓN DE TESIS DE GRADO DE TERCER NIVEL** de la Escuela Superior Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

.....

Ing. Julio Loureiro Salabarría, M.Sc  
**MIEMBRO**

.....

Ing. Margarita Delgado Demera, M.Sc  
**MIEMBRO**

.....

Ing. Carlos Solórzano Solórzano, M.Sc  
**PRESIDENTE**

## AGRADECIMIENTO

A DIOS de manera especial por llenarme de bendición y permitirme culminar esta etapa de mi vida.

A la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Feliz López que me dio la oportunidad de una educación superior de calidad y en la cual he forjado mis conocimientos profesionales día a día;

A mis padres Humberto Cedeño y Lupita Sánchez, por su cariño, comprensión y apoyo incondicional a lo largo de toda mi vida, a mi hermano y hermanas, José Cedeño, Silvia Cedeño, Ana Cedeño, quienes participaron, directa e indirectamente, de mi formación. Sin ustedes esto tampoco habría sido posible. No puedo dejar pasar la oportunidad sin decirles que los amo y que gracias a ustedes estoy donde estoy.

A mí querido esposo Miguel Robles que han sido el impulso durante toda mi carrera y el pilar principal para la culminación de la misma, así como a toda la familia Robles Loor, por su gran cariño.

A el gran amor de mi vida mi hijo Isaac Robles Cedeño para quien ningún sacrificio es suficiente, quien con su luz ha iluminado mi vida y hace mi camino más claro.

Al Ing. Agustín Leiva Pérez, Ph.D., mi tutor por su esfuerzo y dedicación, sus conocimientos, sus orientaciones, su paciencia, a su manera de ganarse mi admiración.

.....  
**IRENE N. CEDEÑO SÁNCHEZ**

## DEDICATORIA

A todas las extraordinarias personas, que fusionándose generación tras generación, permitieron mi existencia MI FAMILIA, y a las sencillas cosas que alegran mi vivir.

A mis padres con mucho amor y admiración al Sr. Humberto Cedeño Pinargote y a la Sra. Lupita Sánchez Murillo quienes a lo largo de mi carrera han constituido un excepcional apoyo durante mi carrera universitaria y en toda mi vida.

A mi esposo y mi hijo que es mi fuerza y ganas de superación.

.....  
**IRENE N. CEDEÑO SÁNCHEZ**

## **CONTENIDO GENERAL**

CARATULA	i
DERECHOS DE AUTORÍA	ii
CERTIFICACIÓN DEL TUTOR	iii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL	iv
AGRADECIMIENTO	v
DEDICATORIA	vi
CONTENIDO GENERAL	vii
CONTENIDO DE CUADROS	ix
RESUMEN	xi
PALABRAS CLAVES	xi
ABSTRACT	xii
KEY WORDS	xii

## **CAPÍTULO I. ANTECEDENTES**

1.1.	Planteamiento y formulación del problema	1
1.2.	Justificación	2
1.3.	Objetivos	3
1.3.1.	Objetivo general	3
1.3.2.	Objetivos específicos	3
1.4.	Hipótesis	3

## **CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO**

2.1.	EL AGUA	4
2.1.1.	Generalidades	4
2.1.2.	Propiedades	5
2.1.3.	Situación del agua en el Ecuador	5
2.1.4.	Legislación elemental ecuatoriana del agua	7
2.1.5.	Contaminación del agua	7

2.2.	AGUAS RESIDUALES	8
2.2.1.	Aguas Residual Sintética	9
2.2.2.	Tratamiento de aguas residuales	10
2.2.2.	Tipos de tratamientos	11
2.2.2.	Tratamiento químico	12
2.2.2.	Tratamiento físico químico	13
2.2.2.	Tratamiento biológico	13
2.2.3.	Lechos bacterianos aerobios	14
2.2.4.	Sedimentación secundaria	15
2.3.	CAÑA GUADUA	15
2.3.1.	Descripción de la caña guadua	16
2.3.2.	Propiedades	16
2.3.3.	Composición química de la caña guadua	17
2.3.4.	Características físicas de la caña guadua	17
2.4.	BIOPELÍCULA	17
2.5.	TIEMPO DE RETENCIÓN HIDRÁULICA	19
2.6.	NITRIFICACIÓN	19
2.6.1.	Compuestos nitrogenados	20
2.6.2.	Lisina	20
2.6.3.	Factores que afectan la nitrificación	21
2.7.	Problemas ambientales más relevantes relacionados con la contaminación de las agua por compuestos nitrogenados	26
2.7.1.	Disminución de los óxidos disueltos	26
2.7.2.	Eutrofización	26
2.7.3.	Toxicidad de los compuestos nitrogenados	27
2.8.	Escalamiento	29
2.8.1.	Plantas piloto	29

### **CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO**

3.1.	Ubicación	30
3.2.	Duración del trabajo	30



3.3.	Variables a medir	30
3.3.1.	Variable independiente	30
3.3.2.	Variable Dependiente	31
3.4.	Análisis estadístico	31
3.5.	Técnicas	31
3.6.	Fases de la tesis	31
3.6.1	Primera fase	31
3.6.2	Segunda fase	33
3.6.3	Tercera fase	36
4.	<b>CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	
4.1.	Resultados de la elaboración del agua residual sintética y su caracterización.	37
4.2.	Resultados de la determinación de la eficiencia de nitrificación en el LBA	39
4.3.	Resultado de establecimiento de la correlación significativa entre en TRH y la eficiencia de nitrificación en el LBA	43
5.	<b>CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	
5.1.	Conclusión	50
5.2.	Recomendación	50
	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	54
	<b>ANEXOS</b>	56
<b>CONTENIDO DE CUADROS</b>		
2.1.	Distribución del agua en nuestro planeta	1
2.1.3.	Demanda de agua por sector en el ecuador	6
2.3.1.	Estudio del Bambú CBI	16
2.6.3.1.	Temperatura y nitrificación	21
2.6.3.2.	Influencia del pH en el proceso de nitrificación	23
2.6.3.3.	Concentración de OD y grado de nitrificación alcanzada	24
2.6.3.4.	Condiciones óptimas de nitrificación	25

3.6.1.	Materiales elaboración ARS	32
3.6.2.	Tratamientos de las muestras ARS	32
3.6.3.	Tratamientos del TRH	33
4.1.	Comprobación de la caracterización comparativa del agua residual sintética	37
4.2.	Variación de la eficiencia media de nitrificación como función del tiempo de retención hidráulica	41
4.3.	Regresión polinomio ConcNitrato vs.TRH.	43
4.4.	Residuos atípicos	45
4.5.	Regresión simple ConcNitrato vs.TRH.	46
4.6.	Residuos atípicos Modelo ajustado lineal ConcNitrato vs. TRH	48

## RESUMEN

Esta investigación tuvo como objetivo estudiar el tiempo de retención hidráulico (TRH) en un lecho bacteriano aerobio (LBA) relleno con caña guadua, en el tratamiento de agua residual sintética (ARS), en el cual se ofrece ocho tratamientos de variación del TRH para poder conocer la mejor eficiencia de la nitrificación. Se elaboró un agua residual sintética debido a los inconvenientes y a la peligrosidad que conlleva la manipulación de agua residual industrial real, se realizó las pruebas de hipótesis para demostrar la significancia acerca de la validez de la baja variabilidad de en cuanto a las concentraciones de cada parámetro utilizando la distribución de la “t de Student” dando como resultado el 99,5 %, de conformidad con los análisis del laboratorio tanto para la DBO<sub>5</sub> y Nitrógeno Total. La puesta en marcha para cada uno de los ocho niveles a estudiar duró 13 días los cuales fueron de periodo de incubación y para tomar la muestra en el sedimentador, posteriormente se procedió a cambiar el caudal. Con los resultados de los análisis obtenidos en el laboratorio se empleó la curva de mejor ajuste con el programa Statgraphics, en donde se demostró que la mejor eficiencia del LBA es a mayor tiempo de retención hidráulica entre 0,76 y 1,53 d porque existe mayor eficiencia de nitrificación, oscilando entre el 86 y 89%, para la eliminación del nitrógeno total.

**Palabras clave:** Empaquetadura, tratamiento, eficiencia, agua residual sintética.

## ABSTRACT

This research aimed to study the hydraulic retention time (HRT) in a bacterial bed aerobic (LBA) stuffed with bamboo cane in the treatment of synthetic wastewater (ARS), in which eight treatments of variation of HRT is offered for to know the best efficiency of nitrification. synthetic wastewater due to the inconvenience and danger involved in handling real industrial wastewater was produced, hypothesis testing was performed to demonstrate the significance about the validity of the low variability as to the concentrations of each parameter using the distribution of the "Student's t" resulting in 99, 5% under laboratory analyzes both BOD<sub>5</sub> and total nitrogen. The implementation for each of the eight levels to study which lasted 13 days were incubation period and to take the sample in the settler, then proceeded to change the flow. With the test results obtained in the laboratory the best fit curve was used with the Statgraphics program, where it was shown that the best efficiency of the LBA is increased hydraulic retention time between 0,76 and 1,53 d because there more efficient nitrification, ranging between 86 and 89%, for total nitrogen elimination.

**Keywords:** Packing, processing, efficiency, synthetic wastewater.

# **CAPÍTULO I. ANTECEDENTES**

## **1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

El crecimiento acelerado de los núcleos urbanos, la explotación inadecuada de los recursos naturales y la sensibilización y concienciación de la sociedad hacia la calidad ambiental, han puesto en manifiesto la necesidad de desarrollar e implementar tecnologías enfocadas a prevenir, mitigar, corregir y compensar los graves problemas de contaminación de origen antropogénico. Uno de los problemas que presenta esencial interés en la actualidad es el tratamiento que debe darse a las aguas residuales en función a su destino y teniendo en cuenta su posible reutilización antes de su vertido (Claros, 2012).

El vertido de agua residual con alto contenido de nutrientes, principalmente nitrógeno en forma de nitrato, nitrito o amonio, en ecosistemas acuáticos ha originado un problema concreto de contaminación de las aguas denominado eutrofización. Conforme aumenta la disponibilidad de nutrientes, se aumenta la producción fotosintética primaria, la cual se encuentra representada principalmente por la proliferación de microalgas. Este fenómeno causa un desequilibrio en el nivel de fertilidad acuática debido a que la velocidad de producción de los niveles tróficos inferiores es superior a la velocidad de consumo de los niveles tróficos superiores, ocasionando trastornos en el equilibrio entre la biodiversidad, los niveles tróficos y los ciclos de nutriente en los ecosistemas acuáticos afectados.

El establecimiento de leyes y normativas ambientales en el Ecuador es cada vez más restrictivas en cuanto a la calidad del agua residual tratada, contribuye a desarrollar e implementar tecnologías de tratamiento cada vez más especializadas, obligando a una mejora continua de los procesos de depuración de las aguas residuales buscando implementar nuevas alternativas.

Por lo expuesto se plantea la siguiente pregunta de investigación:

¿Cómo influye el tiempo de retención hidráulico de un lecho bacteriano aerobio, empaquetado con caña guadua, en la eficiencia de nitrificación de un agua residual sintética?

## **1.2. JUSTIFICACIÓN**

Desde el punto de vista práctico el estudio se justifica con base en el empleo de un material de relleno de muy bajo coste, duradero y asequible en el medio donde se desarrollará la investigación. Es un modelo teórico para la caña guadua como relleno del lecho en el comportamiento de la nitrificación.

Metodológicamente, los métodos y técnicas empleadas, podrán ser extrapolados a otros contextos y reactores, de forma que no necesiten la repetición de pruebas in situ para el tratamiento de sus residuos líquidos en la nitrificación.

Desde el ángulo teórico, se comprobará la aplicación de ecuaciones y formulas a las que se consideró en sus derivaciones.

### **1.3. OBJETIVOS**

#### **1.3.1. OBJETIVO GENERAL**

- Evaluar la influencia del Tiempo de Retención Hidráulica en la eficiencia de nitrificación en un Lecho Bacteriano Aerobio relleno con caña guadua empleando un agua residual sintética.

#### **1.3.2. OBJETIVO ESPECÍFICO**

- Preparar un agua residual sintética con una  $DBO_5$  de alrededor de  $700 \text{ mg/dm}^3$ , pero enriquecido su contenido de Nitrógeno orgánico con lisina, hasta unos  $50 \text{ mg/dm}^3$ .
- Determinar la eficiencia de nitrificación en el Lecho Bacteriano Aerobio
- Establecer una correlación significativa entre el Tiempo de Retención Hidráulica y la eficiencia de nitrificación en el Lecho Bacteriano Aerobio

### **1.4. HIPÓTESIS, PREMISAS Y/O IDEAS A DEFENDER**

El incremento del tiempo de retención hidráulica de un lecho bacteriano aerobio relleno con caña guadua incide positivamente en la eficiencia de nitrificación de un residual sintético.

## CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

### 2.1. EL AGUA

#### 2.1.1. GENERALIDADES

El agua es el principal elemento de los seres vivos, debido a sus características permite el desarrollo y la evolución de la vida en el planeta. El agua cubre aproximadamente el 72% de la superficie terrestre, y la materia viva incluye en su composición altísimos porcentajes de esta sustancia, teniendo la característica de ser la única sustancia química que en nuestro planeta se presenta naturalmente en los tres estados de agregación: sólido, líquido y gaseoso (Cordero, *et al* 2008).

**Cuadro.2.1:** Distribución del agua en nuestro planeta

COMPARTIMIENTO	VOLUMEN (10 <sup>3</sup> Km <sup>3</sup> )	SUPERFICIE (10 <sup>3</sup> Km <sup>3</sup> )	% DEL TOTAL
Océanos y mares	1 321,250	361,600	97,2
Aguas continentales superficiales	230	1,520	0,017
Lagos de agua dulce	125		0,009
Lagos de agua salada	104	850	0,008
Ríos	1,2	700	0,0001
Casquetes polares y glaciares	29,176	17,870	2,15
Aguas subterráneas			
Zona de aireación	8,400		0,62
Otras hasta 800 m de profundidad			0,005
Bajo los 800 m	4,170		0,31
Atmosfera	12,9	510,250	0,001
<b>TOTAL</b>	<b>1 360,00</b>		

Fuente:(US Geological Survey (1972) citado por Cordero, et al. 2008)



Según Cordero, *et al.* 2008 el agua constituye uno de los compuestos más importantes del planeta por las siguientes razones:

- Disolvente universal, disuelve todos los minerales contenidos en el suelo.
- Aumenta la reactividad química tanto de los compuestos sencillos como de los elaborados.
- Constituye el material de sustrato en la fotosíntesis, y en especial para el mantenimiento de la turgencia, sin la cual las células no podrían funcionar activamente.
- Es necesaria para la existencia pasiva el protoplasma
- Puede absorberse en gran medida el calor de los alrededores cálidos y casi no hay cambio de temperatura.
- Tiende a atenuar la fase de cambios de temperatura que afectan la tasa de reacciones bioquímicas sean uniformes.

### **2.1.2. PROPIEDADES**

Una molécula de agua está compuesta por dos átomos de hidrogeno y uno de oxígeno, que se unen por medio de enlaces covalentes, siendo una molécula polar de carga neutra. Esta composición particular, le da características especiales como elevada fuerza de cohesión y adhesión, elevada tensión superficial, alto calor específico y de vaporización, alto poder de solvatación, mayor densidad en estado líquido que en sólido y un bajo grado de ionización (Cordero, *et al.* 2008).

### **2.1.3. SITUACIÓN DEL AGUA EN EL ECUADOR**

El Ecuador adquiere el agua mayoritariamente de las fuentes de agua superficiales; la disponibilidad hídrica de nuestro país rodea los 20, 700

m<sup>3</sup>/hab/año, cifra que es muy superior a la media mundial de aproximadamente 1,700 m<sup>3</sup>/hab/año.

El número de concesiones de agua concedidas desde 1973 al 2010 es de 73,015<sup>18</sup>, en donde la cantidad de agua implicada se distribuye de la siguiente manera:

**Cuadro. 2.1.3.** Demanda de agua por sector en el Ecuador

USO	DEMANDA	USO	DEMANDA
HIDROELÉCTRICAS	80%	AGUA POTABLE	1,16%
RIEGO	15%	Abrevadero, balneología, camarónicas, fuerza mecánica, psicológicas, termales y agua de mesa.	0,73%
USO DOMÉSTICO	1,32%		
INDUSTRIAL	1,29%		

**Fuente:** Noruega, *et al.* 2014

De éstas, las demandas correspondientes a los usos consuntivos representan el 18,99%, es decir las destinadas a abrevadero, uso doméstico, industrial, agua potable, riego y agua de mesa; mientras que las demandas referidas a los usos no consuntivos constituyen el 81,01%, concerniendo a estos usos, las aguas destinadas a la balneología, camarónicas, fuerza mecánica, hidroeléctricas, psicológicas y termales.

Si bien la disponibilidad de agua en el país es abundante, la contaminación biológica, física y química de las aguas superficiales constituye un gran problema, agravado por el crecimiento poblacional y el incremento en la demanda por la utilización de la tierra. En el país las mayores fuentes contaminantes son la agricultura comercial, la planta manufacturera, la minería y las petroleras. Más del 80% de las industrias, agroindustrias, empresas de comercio y servicios, originan aguas residuales con alta carga orgánica, frecuentemente con sustancias tóxicas, que son descargadas directamente sobre el alcantarillado público o a los cuerpos

de agua sin ningún tratamiento (Cabrera, *et al.* 2012), como consecuencia de esta contaminación, se ha estimado que bajo los 2800 msnm el agua no es apta para consumo en más del 70% de las cuencas hidrográficas.

Según los últimos reportes de saneamiento, a nivel nacional la cobertura de agua potable alcanzan el 74%, para la red de alcantarillado llega al 54%, y de la correcta eliminación de excretas existe una cobertura del 93,2% (SEMPLADES, 2013). Sin embargo únicamente el 8% de las aguas residuales son sometidas a algún tipo de tratamiento.

#### **2.1.4. LEGISLACIÓN ELEMENTAL ECUATORIANA DEL AGUA**

La regulación ambiental con respecto a la descarga de aguas residuales en el Ecuador se encuentra establecidas en el Texto Único de Legislación Ambiental Secundaria de Ministerio del Ambiente (TULSMA), Libro VI, Anexo 1, Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: Recurso agua.

#### **2.1.5. CONTAMINACIÓN DEL AGUA**

La contaminación del ambiente es un fenómeno latente desde la antigüedad, inherente a todos los niveles y lugares del mundo. Sin embargo, en años recientes se ha convertido en un delicado problema directamente relacionado con las actividades del ser humano y la manera en que hace uso de los recursos de la naturaleza. Un recurso hídrico está contaminado cuando su composición, características o estado normal han sido alterados por fenómenos ajenos a su condición natural, limitando su utilidad y beneficio. Todos los cuerpos de agua en el mundo sufren de contaminación, esto incluye el agua que se encuentra en los océanos, ríos, lagos, y bajo la tierra. Y si bien en el ciclo biogeoquímico del agua existen mecanismos naturales de purificación, la alta concentración y descarga de

contaminación normas de las masas de agua. De aquí surge la denominación de aguas negras y residuales.

## **2.2. AGUAS RESIDUALES**

Las aguas residuales pueden definirse como las aguas que provienen del sistema de abastecimiento de agua de una población, después de haber sido modificada por diversos usos en actividades domésticas, industriales y comunitarias, siendo recogidas por la red de alcantarillado que las conducirá hacia un destino apropiado (Mara, 1976) citado por (Borja, 2011). Para (OEFA, 2013) son aquellas aguas cuyas características originales han sido modificadas por actividades humanas y que por su calidad requieren un tratamiento previo, antes de ser reusadas, vertidas a un cuerpo natural de agua o descargadas al sistema de alcantarillado.

Son aguas de composición variada provenientes de las descargas de usos municipales, industriales, comerciales, de servicios agrícolas, pecuarios, domésticos, incluyendo fraccionamiento y en general de cualquier otro uso, que hayan sufrido degradación en su calidad original (Bermeo, *et al.* 2013).

El 80 % de aguas residuales mundiales no reciben un tratamiento adecuado para evitar la contaminación y la propagación de enfermedades, una situación que perjudica sobre todo a los países menos desarrollados, denunció este lunes la ONU en un informe, el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) insistió a los gobiernos convertir el tratamiento de las aguas residuales en una prioridad para la agenda del desarrollo que debe aprobarse para dar continuidad a los Objetivos del Milenio (ODM), que concluyen este 2015, “No podemos seguir consumiendo agua en cantidades cada vez mayores y verterla sin tratar en los ecosistemas de los que dependemos para mantener la vida”, insistió en un comunicado desde Nairobi el secretario general del PNUMA, Archim Steiner citado por el Diario EL UNIVERSO (2015). El informe titulado “Gestión de Aguas Residuales”, señala que el daño ocasionado por las aguas residuales a los ecosistemas y la biodiversidad es “grave” y advierte que supone una amenaza

para la salud humana y la actividad económica. Se estima que las poblaciones urbanas se duplican en las próximas cuatro décadas y que 21 de las 33 mega ciudades del mundo están en la costa, donde los vertidos de aguas sin tratar ponen más en riesgo el ecosistema.

“Se ha descuidado la gestión de las aguas residuales en un afán de comercializar la producción de agua potable” señala el informe elaborado por el PNUMA, ONU Hábitat y la OMS, y esto afectara al desarrollo económico y a la salud pública (Diario EL UNIVERSO, 2015).

### **2.2.1. AGUA RESIDUAL SINTÉTICA**

Para Lozano, (2015), Las aguas residuales domesticas (ARD) se componen de diversos constituyentes de tipo físico, químico y biológico que se encuentran en suspensión o en disolución y que son de tipo orgánico e inorgánico. Casi la totalidad de la materia orgánica, contenida en ellas, está constituida por residuos de alimentos, excretas, materia vegetal, sales minerales y materiales diversos como jabones y detergente sintéticos. Se estima que la fracción orgánica es el principal constituyente de las ARD y que corresponde hasta el 70% de la materia solida presente y el 30% restante es fracción inorgánica.

El estudio de tratamientos de depuración de aguas residuales domésticas (ARD) en reactores prototipo y a nivel de laboratorio, es difícil debido a varias razones entre las que se cuentan:

- a) Dificultad de transporte de grandes muestras para ser llevadas al laboratorio, para alimentar los reactores.
- b) Demanda importante de tiempo para trasladarse a tomar permanentemente muestras para alimentar dichos reactores

- c) Variabilidad en las características fisicoquímicas y bacteriológicas de las ARD crudas.
- d) Peligrosidad en la manipulación de ARD por la presencia de microorganismos patógenos.

En las razones a las dificultades anteriormente expuestas, surge la necesidad de proponer un sustrato sintético de preparación sencilla y con ingredientes comunes de fácil consecución, para la composición de una Agua Residual Sintética (ARS), que presente características similares a las del ARD, pero con carga nula de organismos patógenos (Lozano, 2015).

### **2.2.2. TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES**

El tratamiento de las aguas residuales es una cuestión prioritaria a nivel mundial, ya que es importante disponer de agua de calidad y en cantidad suficiente, lo que permitirá una mejora del ambiente, la salud y la calidad de vida. Romero, M. (2009) para Bermeo, *et al.* (2013), el objetivo básico del tratamiento básico de aguas es proteger la salud y promover el bienestar de los individuos miembros de la sociedad. El retorno de las aguas residuales a nuestros ríos o lagos nos convierte en usuarios directos o indirectos de la misma, y a medida que crece la población, aumenta la necesidad de proveer sistemas de tratamiento o renovación que permitan eliminar los riesgos para la salud y minimizar los daños al ambiente. En la concepción clásica del problema de la polución del agua, los ríos se consideran los receptores naturales de las aguas residuales, con su correspondiente carga de contaminantes y nutrientes. Las cargas, o concentración de contaminantes y nutrientes, constituyen el objeto de la regulación, por parte de las leyes, decretos y normas, para establecer la calidad apropiada del agua, de acuerdo con los diferentes usos aplicables a ella.

El derecho al agua asume premisa básica la búsqueda del Desarrollo Humano Sustentable, es decir, que todos tengamos una vida digna sin comprometer el

patrimonio de las generaciones futuras. En materia de saneamiento, si bien se han logrado avances importantes en los últimos años, es necesario redoblar esfuerzos para incrementarlo sustancialmente, lo que permitirá sustituir agua de primer uso por agua residual tratada, así como recuperar la calidad de los ríos y lagos del territorio e incrementar la recarga de los acuíferos. El tratamiento de aguas residuales es esencial para garantizar el ciclo del agua (CONAGUA, 2015).

El desarrollo industrial en el mundo entero ha generado aspectos positivos y negativos tanto en lo social como en el ámbito ecológico, debido a la existencia de muchos inconvenientes que se relacionan directa o indirectamente con las diferentes actividades llevadas a cabo por industrias, sin embargo el mayor problema registrado es la contaminación, y sus efectos causados sobre el medio ambiente y sus consecuencias en todos los seres vivos. La purificación del agua proveniente de distintos tipos de industrias puede ser simple o compleja, dependiendo de las características y propiedades del agua descargada además del nivel de pureza que requiera de acuerdo a la normativa de cada sector (Balaguer, 2014).

#### **2.2.2.1. TIPOS DE TRATAMIENTO**

Para Balaguer, (2014) existen varias tecnologías las cuales depuran de cierto grado la contaminación en dichas aguas, por lo general los procesos aplicables básicos son:

Uno de los pasos más importantes en los procesos de purificación de aguas residuales es la eliminación y separación de partículas e impurezas, la presencia en el agua de partículas sólidas, disueltas o en suspensión es el principal contaminante visible afectado principalmente en su turbiedad y coloración. Por su parte existen distintos tamaños de partículas algunas de ellas pueden ser observadas a simple vista, pero también existen partículas denominadas coloides, cuyo tamaño es menor a una micra las cuales no son apreciables y son

precisamente estas las cuales afectan la turbiedad del agua residual (Balaguer, 2014).

Los métodos físicos más comunes para depurar el agua residual son:

- Sedimentación
- Colado y filtrado
- Homogenización
- Gasificación
- Dilución
- Eliminación de arrastre
- Destilación
- Extracción

#### **2.2.2.2. TRATAMIENTO QUÍMICO**

Los tratamientos químicos son aquellos procesos en los cuales al separar la impureza del efluente implica una alteración del material contaminante dentro del agua residual. El tratamiento químico se suele considerar como un tratamiento intermedio, porque los resultados que se obtienen con él son mejores que el de los tratamientos físicos. Este tratamiento consiste en agregar uno o más reactivos a las aguas negras para producir floculó, que es un compuesto químico insoluble que absorbe la materia coloidal, envolviendo a los sólidos no sedimentables y que se deposita rápidamente (Balaguer, 2014).

Los procesos más empleados son:

- Oxidación
- Precipitación
- Neutralización
- Desinfección
- Intercambio iónico



### **2.2.2.3. TRATAMIENTO FÍSICO QUÍMICO**

Balaguer, (2014), mediante aplicación combinada de procesos físicos y químicos se puede lograr una depuración más eficiente, entre las que destacan:

- Coagulación
- Absorción y adsorción
- Desactivadores de crecimiento de cristales
- Aditivos para cambiar la tensión superficial

### **2.2.2.4. TRATAMIENTO BIOLÓGICO**

Son los métodos de tratamiento en los que la remoción de los contaminantes se lleva a cabo por la actividad biológica de los microorganismos. La purificación biológica se utiliza comúnmente para tratar aguas de desecho que contiene materia orgánica disuelta. Las bacterias desdoblan los compuestos complejos en otros más sencillos y estables; los productos finales normales son bióxido de carbono, agua, nitratos y sulfatos. Este cambio se realiza mediante el metabolismo y síntesis celular de los microorganismos presentes. Por lo general, los procesos se llevan a cabo en presencia de un exceso de oxígeno disuelto y la operación se conoce, por ende, como descomposición anaeróbica. Aunque casi todos los tratamientos biológicos actuales son de tipo aeróbico, existen algunos desechos que responden mejor a la descomposición anaeróbica (Balaguer, 2014).

Entre los métodos biológicos más conocidos encontramos:

- Los lechos bacterianos aerobios
- Lodos activados

## **Fundamentos de los procesos biológicos aerobios**

La oxidación biológica tiene como objetivo la eliminación y estabilización de la materia orgánica presente en el agua residual mediante la acción de microorganismos, que transforman la materia orgánica coloidal disuelta en materia floculada y sedimentable. La oxidación de la materia orgánica es un fenómeno complejo en el que se genera la energía necesaria para la vida de los microorganismos y sus manifestaciones (reproducción, crecimiento, movimiento, etc.).

De forma simplificada se puede decir que los microorganismos para realizar sus funciones vitales necesita:

- Una fuente de energía para desarrollar sus actividades
- Una fuente de carbono para realizar la síntesis celular
- Una fuente de oxígeno y nutrientes necesarios para la vida

### **2.2.3. LECHOS BACTERIANOS AEROBIOS**

Consisten tradicionalmente en un lecho de piedras y grava, con un espesor entre 1 – 3 m, a través del cual pasa lentamente el agua a tratar: Las bacterias se acumulan y se multiplican sobre el soporte sólido y consumen en contacto con el aire la mayor parte de la materia orgánica presente en el agua residual; el efluente que sale del filtro debe someterse a una decantación secundaria. (Orozco, *et al.* 2003), para Rodríguez, *et al.*, s.f. son sistemas aerobios de biomasa inmovilizada más extendidos en la industria.

Consiste en una estructura cilíndrica de profundidad relativamente pequeña con una superficie circular, la estructura la rodea un medio de contacto sobre la cual hace gotear el agua residual; un sistema distribuidor rotatorio (por carga hidráulica) y un sistema de drenaje inferior. Su operación puede considerarse

continúa en cuanto al flujo, aunque la aplicación del agua residual en cada lugar es intermitente (puede ser construido de hormigón, bloques o ladrillos, diseñados para resistir las presiones del material de relleno y las hidráulicas que actúan sobre ellas) (Pérez. *et al.* 2013).

#### **2.2.4. SEDIMENTACIÓN SECUNDARIA**

El sedimentador secundario es parte fundamental de los procesos de tratamiento de aguas residuales, que cumple la función de clarificar el efluente mezclado para la descarga del efluente final y concentrado para su retorno al proceso. Los tanques de sedimentación para los procesos pueden ser rectangulares o circulares, y en pocas ocasiones se emplean tanques cuadrados los cuales tienen poca retención de sólidos. En cualquier tipo de tanques de sedimentación lo importante es la recogida de lodos (Bustos, 2012).

#### **2.3. CAÑA GUADUA**

La guadua es un producto forestal cuyo uso en la construcción del paisaje campesino ha sido tradicional durante muchos años. Sin embargo, sólo desde hace poco tiempo su importancia económica y social está siendo valorizada. La guadua es un producto significativo en la construcción de vivienda, puentes, canaletas, acueductos, y en la elaboración de artesanías, utensilios de cocina e instrumentos musicales (Arias, 2005).

La guadua pertenece a:

Familia:	Poaceae o Gramineae
Subfamilia:	Bambúsoideae
Género:	Guadua
Especie:	Guadua Angustifolia

### 2.3.1. DESCRIPCIÓN DE LA CAÑA GUADUA

Para Ortega, *et al* (2003), la caña guadua que se produce en el Ecuador, y que cuenta con el mantenimiento y control necesario para su crecimiento, se caracteriza por ser resistente, durable, flexible, que junto con las condiciones climáticas del país se obtiene en menor tiempo la edad de corte apropiada. Entre sus características físicas se tienen:

**Cuadro 2.3.1.** CORPEI / Estudio de Bambú CBI.

<b>Características</b>	<b>Descripción</b>
Color	Tallo amarillo combinado con rayas verticales color verde.
Tamaño	Altura promedio de 20-30 m.
Diámetro	20-22cm.
Presentación	En forma natural, caña picada o latillas.

### 2.3.2. PROPIEDADES

Para Mercado *et al* (2015) entre las principales propiedades de la caña guadua se puede describir las siguientes:

- Contribuye en la conservación de los suelos y a su recuperación, evitando la erosión debido a la presencia de sus abundantes rizomas debajo de la tierra forma un sistema de redes que fija fuertemente las partículas de suelo.
- Regulación de aguas, los guaduales que se encuentran en las riberas almacenan grandes cantidades de agua en su sistema radicular tanto en su parte aérea como en el suelo; en épocas de sequía el agua retenida es regresada al caudal.
- Conservación y mejoramiento de la calidad del aire por la captación de CO<sub>2</sub> en el proceso de fotosíntesis, de manera que un guadual produce una cantidad de oxígeno superior a cualquier sistema forestal sobre la misma superficie de terreno.

- Su propiedad peso/resistencia comparable únicamente con el acero.
- Recurso renovable y sostenible a diferencia de especies madereras.

### **2.3.3. COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA CAÑA GUADUA**

En general, la composición química de la caña guadua es similar a la de la madera, ya que los principales constituyentes químicos de ambos son: Celulosa, lignina y hemicelulosa en forma de pentosona; que comprenden la mayor parte de su masa. Los constituyentes menores de la caña guadua son: resinas, grasas, ceras y gomas. (Hidalgo, 1974) citado por (Chiluiza et al 2012).

### **2.3.4. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LA CAÑA GUADUA**

Las características físicas más relevantes de las maderas y por ende de la caña guadua son: el contenido de humedad, ya que es un parámetro importante para la industrialización de la misma; y la densidad que es un indicativo de cuanto material leñoso en gramos presenta una madera por unidad de volumen expresada en  $\text{g/cm}^3$ . El contenido de humedad de la caña guadua es mayor en la parte inferior del culmo y disminuye a medida que aumenta su altura. Además presenta una mayor humedad en las capas internas del mismo, que en su exterior. La caña guadua posee un alto contenido de humedad, en estado verde puede poseer 100% de humedad en base seca, pero al madurar su contenido de humedad disminuye. La variación vertical desde la parte superior (82%) a la inferior (110%) es comparativamente menor (Hidalgo, 1974) citado por (Chiluiza et al 2012).

## 2.4. BIOPELÍCULA

Los microorganismos generalmente construyen y viven en conglomerados o comunidades celulares conocidas como biopelículas. La estructura química y la fisiología de las biopelículas varían de acuerdo con la naturaleza de las especies que la conforman y del medio ambiente donde se encuentran. Las biopelículas ofrecen a los microorganismos beneficios tales como protección contra agentes dañinos y cambios drásticos en el medio ambiente, y contra los depredadores. (Gonzales, *et al.* 2008). Para (Loera, *et, al.* 2012) son una estrategia de supervivencia para los microorganismos que les permite la colonización de ambientes hostiles, tejidos tejido del hospedador o superficies inerte, aun en condiciones cambiantes y para las bacterias patógenas representan un mecanismo de dispersión de infecciones. Las biopelículas son complejas comunidades tridimensionales de microorganismos embebidos en una matriz extracelular, en las cuales despliegan fenotipos únicos o característicos de adaptación especial, comparada con la forma libre de estos microorganismos, también conocidos como planctónica.

Se definen como comunidades de microorganismos envueltos en una matriz formada por factores biológicos y estructuras específicas. Los microorganismos envueltos en una matriz formada por factores biológicos y estructuras específicas. Los microorganismos en una biopelícula juegan un papel muy importante en el reciclaje de nutrientes de diversos ambientes y la biodegradación de contaminantes ambientales como el caso de las aguas residuales. Las biopelículas se crean cuando las bacterias libres flotantes perciben una superficie, se adhieren a ella y a continuación, elaboran señales químicas para coordinar diferenciación y formación de estructuras, incluyendo el desarrollo de una cubierta protectora que las hace resistente a factores medioambientales como humedad, temperatura y pH, facilitando así la eliminación de desechos. Para su formación los microorganismos emplean estructuras específicas y factores biológicos como: la movilidad media por flagelos que proporciona la adhesión inicial y formación de

micro colonias (5 Congreso internacional por el Desarrollo Sostenible y el Medio Ambiente 2015).

## 2.5. TIEMPO DE RETENCIÓN HIDRÁULICA

Los Tiempos de Retención Hidráulica (THR) son una reacción entre el volumen del tanque y el caudal de consumo que está entrando y saliendo del tanque (Díaz, 2002).

$$TRH = \frac{\text{Volumen}}{\text{Caudal}}$$

Para Méndez (2007) el TRH es el tiempo que permanece el agua residual en el interior del reactor, donde V es el volumen del sistema (m<sup>3</sup>) y Q es el caudal de influente (m<sup>3</sup>/d). El TRH ha de ser lo suficientemente elevado para permitir una eficaz degradación, por parte de la biomasa, de las sustancias en disolución presentes en el agua residual. Según Díaz (2013) el TRH es la medida que describe el tiempo promedio que una sustancia reside en el reactor. Al aumentar el TRH, aumenta el grado de materia orgánica degradada así como la producción de metano.

## 2.6. NITRIFICACIÓN

Según Roldan, *et al.* (2008) es el proceso mediante el cual se forman nitritos y nitratos a partir de amoníaco. En él participan bacterias quimiolitotróficas, llamadas así por participar en un proceso eutrófico en el cual enlaces químicos inorgánicos (como tiosulfato, hierro, manganeso, amoníaco y nitrito) es la fuente de energía y las sustancias orgánicas sirven como donadoras de electrones. Este proceso se lleva a cabo en dos pasos y en él participan dos tipos de bacterias: Nitrosomas y Nitrobacter. Para Catillo, *et al.* (2005) la nitrificación es uno de los principales procesos que tienen lugar en la naturaleza.

La importancia de la nitrificación biológica fue reconocida hace más de un siglo. La intensificación de los procesos industriales y agrícolas junto con el crecimiento exponencial de la población humana y la explosión de la urbanización en las últimas décadas han llevado a un importante aumento de los vertidos de compuestos nitrogenados al medio ambiente. Estos compuestos potencian el proceso de eutrofización de aguas estancadas y se piensa que están asociados con la aparición de crecimiento de algas en ríos, lagos, y costas (Pérez, 2001).

### **2.6.1. COMPUESTOS NITROGENADOS**

La presencia de los compuestos nitrogenados en el efluente puede perjudicar la calidad de las aguas receptoras. Los principales compuestos nitrogenados presentes en el agua efluente de las estaciones depuradoras de aguas residuales son el amonio ( $\text{NH}_4^+$ ), los nitritos ( $\text{NO}_2^-$ ) y los nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ). Entre los efectos negativos, consecuencia del vertido de estos compuestos al medio acuático receptor, podemos destacar el agotamiento de oxígeno disuelto (OD), la toxicidad y la eutrofización (Avendaño, 2011).

### **2.6.2. LISINA**

La lisina es un aminoácido básico con un pH neutro. Su símbolo es K en código de letra y Lys en el de tres letras. Intervienen en enlaces iónicos cuando se encuentra próximo a una carga negativa. La metilación de la Lisina es una transformación que puede sufrir una proteína tras su traducción. Así mismo puede sufrir acetilación y glicosilación. La lisina es un aminoácido de los llamados esenciales en base a que no puede ser sintetizado por nuestro organismo y debe ser aportado por la dieta (Fibao, 2013).



### 2.6.3. FACTORES QUE AFECTAN A LA NITRIFICACIÓN

El proceso de nitrificación es un paso crítico en la depuración de aguas, debido a la baja tasa de crecimiento de las bacterias nitrificantes, a la extremada sensibilidad a los cambios del sistema y a sustancias inhibidoras que limitan su crecimiento y su actividad. A continuación se presentan los principales factores de los cuales depende la nitrificación (Bitton, 1994; González *et al*, 2010).

#### ➤ Temperatura

La temperatura es el factor operacional más influyente en el crecimiento de las bacterias nitrificantes. Hay una importante reducción en la velocidad de nitrificación con la disminución de la temperatura. Por el contrario, la tasa de crecimiento de las bacterias nitrificantes aumenta considerablemente con la temperatura en el rango de 8 °C a 30 °C, con un aumento de 10 % por cada 1 °C de aumento de la temperatura en el género *Nitrosomonas* (Gerardi, 2002) citado por (Avendaño, 2011).

En general para los valores bajos de temperatura, la velocidad del proceso se hace muy pequeña, siendo muy difícil que se lleve a cabo la nitrificación; en estas situaciones es necesario trabajar con edades de fango altas para que pueda llevarse a cabo el proceso (González *et al*, 2010).

Por debajo de los 10°C la tasa de nitrificación cae de forma brusca. Por encima de los 10°C la nitrificación aumenta casi de forma proporcional a la temperatura. Por debajo de los 4°C no hay crecimiento de *Nitrosomonas* ni de *Nitrobacter*, tales como se observa en el cuadro 2.1.

**Cuadro 2.1.** Temperatura y nitrificación

Temperatura	Efecto sobre la nitrificación
>45°C	Se para la nitrificación

28 °C a 32 °C	Rango de temperatura óptimo
16 °C	Aproximadamente el 50% de la velocidad optima
10 °C	Reducción significativa de la velocidad de nitrificación. 20% de la velocidad óptima.
< 5 °C	Se para la nitrificación

**Fuente:** (Gerardi, 2002) citado por (Avendaño, 2011).

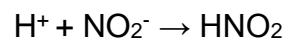
### ➤ Alcalinidad y pH

El pH influye sobre la tasa de crecimiento de las bacterias nitrificante. Se ha observado que la tasa máxima de nitrificación se produce entre valores de 7,2 a 9,0 aproximadamente, a valores inferiores a 6,5 la velocidad de nitrificación se produce de forma brusca. Generalmente las aguas son alcalinas, reciben su alcalinidad de las aguas potables, compuestos presentes en las infiltraciones de las aguas subterráneas y de químicos procedentes del sistema de alcantarillado (Gonzales *et al*, 2010).

Durante el proceso nitrificación se pierde alcalinidad. Esta pérdida se produce por el uso de la alcalinidad como fuente de carbono por las bacterias nitrificantes y por la producción de iones hidrogeno ( $H^+$ ) y de iones nitritos durante la nitrificación (Gerardi, 2002) citado por (Avendaño, 2011).



Al producirse los iones de hidrogeno durante la oxidación del amonio, también se produce ácido nitroso ( $hno_2$ ), disminuyéndose la alcalinidad la cantidad de ácido nitroso y de iones nitrito producidos depende del pH del tanque de aireación (Gerardi, 2002) citado por (Avendaño, 2011).



La alcalinidad se refiere a los productos químicos presentes en las aguas que son capaces de neutralizar ácidos. Hay una gran variedad de productos químicos en las aguas residuales que proporcionan alcalinidad, estos químicos son bicarbonatos ( $\text{HCO}_3^-$ ), Carbonatos ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) e hidróxido de calcio, magnesio y sodio (Gerardi, 2002) citado por (Avendaño, 2011).

A continuación se presenta el Cuadro 2 donde se presentan los diferentes rangos de pH que influyen en el proceso de nitrificación:

**Cuadro 2.6.3.1.** Influencia del pH en el proceso de nitrificación

pH	Impacto en la nitrificación
4,0 a 4,9	Presencia de bacterias nitrificantes; ocurre nitrificación organotrófica.
5,0 a 6,7	Nitrificación por bacterias nitrificantes. Velocidad de nitrificación lenta.
6,7 a 7,2	Nitrificación por bacterias nitrificantes. Velocidad de nitrificación aumenta.
7,2 a 8, 0	Nitrificación por bacterias nitrificantes. Velocidad de nitrificación constante.

**Fuente:** Gerardi, 2002 citado por Avendaño, 2011.

### ➤ Necesidad de oxígeno

La concentración de oxígeno disuelto (OD) puede convertirse en un factor limitante, debido a que la velocidad de crecimiento de las bacterias autótrofas se reduce significativamente a concentraciones bajas de OD (González *et al*, 2010).

Los factores responsables de la limitación de OD para la nitrificación son la falta de difusión de oxígeno a través de los flóculos y la competencia por el oxígeno por parte de otros organismos aerobios. El aumento de la concentración de OD puede acelerar la nitrificación, permitiendo una mejor presentación de OD en las partículas del flóculo y alimentando a las bacterias nitrificantes (Gerardi, 2002) citado por (Avendaño, 2011).

A continuación se presenta el cuadro 2.3. Donde se observa la influencia de la concentración de oxígeno disuelto en el proceso de nitrificación:

**Cuadro 2.6.3.3.** Concentración de OD y grado de nitrificación alcanzada

<b>Concentración de OD</b>	<b>Nitrificación alcanzada</b>
< 0,5 mg/dm <sup>3</sup>	Muy poca nitrificación, si ocurre.
0,5 a 1,9 mg/dm <sup>3</sup>	Nitrificación limitada
2,0 a 2,9 mg/dm <sup>3</sup>	Nitrificación significativa
≥ 3,0 mg/dm <sup>3</sup>	Máxima nitrificación

**Fuente:** Gerardi, 2002 citado por Avendaño, 2011.

#### ➤ **Concentración de amonio y nitrito**

Los nutrientes pueden afectar y limitar la síntesis celular y el crecimiento bacteriano. Los principales nutrientes inorgánicos necesarios para los microorganismos son: N, S, P, Mg, Ca, Fe, Na, Cl (Stanier *et al*, 1986) citado por (Avendaño, 2011). Las reacciones químicas de esta actividad y reacciones de degradación de los microorganismos. En estas tres reacciones las bacterias consumen oxígeno, hasta que el sustrato disponible se agota, comenzando la fase de metabolismo endógeno en una muestra causada por las reacciones indicadas.

#### ➤ **Sustancias Tóxicas**

Las bacterias nitrificantes son muy sensibles a numerosas tóxicas que pueden inhibir su crecimiento, provocando una disminución en la velocidad de nitrificación o produciendo una gran toxicidad que para completamente el proceso de nitrificación a causa de la muerte de estas bacterias, Los compuestos más tóxicos para las bacterias nitrificantes son el cianuro, fenoles, anilinas y metales pesados como plata, mercurio, níquel, cromo, cobre y zinc (Bitton, 1994) citado por (Avendaño, 2011).

Tras haber explicado cada uno de los factores que afectan al proceso de nitrificación a continuación se presenta el cuadro 2.6.3.4., donde se recogen las condiciones necesarias para el crecimiento óptimo de las bacterias nitrificantes. (U.S. EPA, 1977) citado por (Avendaño, 2011).

**Cuadro 2.6.3.4.** Condiciones Óptimas de Nitrificación

Características	Valor
Rango de pH (95% nitrificación)	7,2 – 8,4
Temperatura permisible (95% nitrificación), °C	15 – 35
Temperatura optima, °C (Aproximadamente)	30
Nivel de OD al caudal punta, mg/L	>1,0
SSVLM, mg/L	1200 – 2 500
Metales pesados inhibidores de la nitrificación (Cu, Zn, Cd, Ni, Pb, Cr)	< 5 mg/dm <sup>3</sup>
<b>Tóxicos orgánicos inhibidores de la nitrificación:</b>	
Solventes halogenados	0 mg/L
Fenol y Cresol	< 20 mg/L
Cianuros y todos los compuestos de los cuales el ácido cianhídrico se libera en la acidificación	< 20 mg/L
Requerimiento de Oxígeno (estequiometrico, mg O <sub>2</sub> /mg NH <sub>3</sub> -N)	4,6

**Fuente:** (Adaptación del U.S. EPA, 1977) citado por (Avendaño, 2011)

La eficiencia de nitrificación se calcula mediante la ecuación

$$E_{\text{Nitrificación}} = 1 - \frac{c(N_T)\text{Afluyente} - c(NO_3^-)\text{Efluyente}}{c(N_T)\text{Afluyente}} \times 100 \quad [2.1]$$

**Donde:**

$c(N_T)\text{Afluyente}$  = concentración de Nitrógeno total (oegánico + amoniacal) del afluyente

$c(NO_3^-)\text{Efluyente}$  = concentración de Nitrógenocomo nitrato del efluente

## **2.7. PROBLEMAS AMBIENTALES MÁS RELEVANTES RELACIONADOS CON LA CONTAMINACIÓN DE LAS AGUAS POR COMPUESTOS NITROGENADOS**

### **2.7.1. DISMINUCIÓN DE LOS ÓXIDOS DISUELTOS**

Los ecosistemas acuáticos receptores de vertidos de compuestos nitrogenados, principalmente nitrógeno orgánico biodegradable y nitrógeno amoniacal, experimentan una reducción de la concentración del oxígeno disuelto del medio como consecuencia de la oxidación biológica de dichos compuestos por parte de microorganismos. Esta reducción del oxígeno disuelto afecta negativamente a los ecosistemas acuáticos convirtiéndolos en la mayoría de los casos en hábitats inhóspitos para el desarrollo y la supervivencia de los organismos aerobios (Claros, 2012).

### **2.7.2. EUTROFIZACIÓN**

El proceso de eutrofización se define como la consecuencia de cambios en los ecosistemas acuáticos causados por un incremento en el suministro de nutrientes, principalmente nitrógeno y Fosforo. Altos niveles de amonio ( $\text{NH}_4^+$ ), nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) y nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) en los ecosistemas acuáticos pueden estimular el desarrollo, mantenimiento y la proliferación de los productores primarios, tales como fitoplancton, algas bentónicas, y micrófitos, que contribuyen a la eutrofización. El fenómeno de la eutrofización puede causar efectos ecológicos y toxicológicos sobre el medio acuático y los organismos que habitan en él, los cuales están relacionados de manera directa o indirecta con la proliferación de los productores primarios (Claros, 2012).

### 2.7.3. TOXICIDAD DE LOS COMPUESTOS NITROGENADOS

Para Claros, 2012, las elevadas concentraciones de amonio ( $\text{NH}_4^+$ ), nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) y nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ) son tóxicas para los organismos acuáticos debido a que perjudican su capacidad de sobrevivir, crecer y reproducirse. Así mismo, la exposición directa de los seres humanos a compuestos nitrogenados a través del agua o alimentos contaminados puede producirse un deterioro de la salud e incluso de la muerte. A continuación se encuentran descritos los tóxicos más relevantes derivados de la presencia de compuestos de nitrógeno sobre los organismos acuáticos y sobre los seres humanos:

#### **Efectos sobre los organismos acuáticos y animales:**

**Amoniaco.** La forma no ionizada del amonio, el amoniaco ( $\text{NH}_3$ ), es muy tóxica en organismos acuáticos, particularmente en peces, mientras que la forma ionizada ( $\text{NH}_4^+$ ) parece ser menos nociva. Algunos efectos tóxicos de la contaminación por amoniaco son: asfixia debido a la destrucción del epitelio braquial; ácidos y reducción de la capacidad de transporte de oxígeno en la sangre causada por la supresión del ciclo de Krebs y la estimulación de la glucólisis; inhibición de la producción de ATP y descenso del ATP en el cerebro debido al proceso de fosforilización oxidativa; alteración de la actividad osmorreguladora del hígado y riñones; y alteración del sistema inmunológico.

**Nitrito.** Tanto la forma ionizada ( $\text{nitrito}_2^-$ ) como la no ionizada (ácido nitroso,  $\text{HNO}_2$ ) son consideradas bastante tóxicas. Sin embargo, debido a que la concentración de nitrito suele ser mayor que la concentración de ácido nitroso en los ecosistemas acuáticos, los iones nitrito son considerados como los mayores responsables de esta toxicidad en organismos acuáticos y animales.

El efecto tóxico de la presencia de nitrito puede ocasionar hipoxia y muerte de organismos acuáticos debido al desequilibrio de la capacidad de transporte de

oxígeno en la sangre. La incorporación de nitrito en las células sanguíneas promueve la conversión de la hemoglobina en metahemoglobina, molécula incapaz de transferir el oxígeno a los tejidos del cuerpo debido a su alta constante de disociación.

En ciertas especies acuáticas el nitrito puede causar el descenso de los niveles de cloruro (Cl<sup>-</sup>) causando un desequilibrio electrolítico, y además contribuir en el descenso del potasio (K<sup>+</sup>) intracelular que afecta al potencial de la membrana. La exposición al nitrito puede llevar a la formación de compuestos orgánicos mutagénicos y cancerígenos, y además puede llegar a ocasionar un desequilibrio del sistema inmunológico.

**Nitrato.** El nitrato es el segundo compuesto nitrogenado más abundante de los ecosistemas acuáticos después del amonio. Sus mecanismos de toxicidad son equivalentes en los ecosistemas acuáticos después del amonio. Sus mecanismos de toxicidad son equivalentes a los del nitrito, debido fundamentalmente a que el nitrato es reducido a nitrito en el interior de los organismos vivos.

**Efectos sobre los seres humanos.** La ingesta directa de aguas contaminadas por nitrito y/o nitrato puede provocar metahemoglobina en los seres humanos, siendo los niños menores de cuatro meses los más susceptibles a este tipo de enfermedad conocida como "baby blue síndrome". Esta patología se caracteriza por la pérdida de capacidad de transporte de oxígeno en la sangre debido a que la hemoglobina se encuentra en su forma oxidada metahemoglobina, la cual tiene baja afinidad por el oxígeno. Mas 3000 casos de metahemoglobinemia han sido reportados alrededor del mundo desde 1945, los cuales siempre han estado asociados con el consumo de agua proveniente de pozos con niveles de concentración de nitrato superior a 10 mg N L<sup>-1</sup>. El nitrito y el nitrato están relacionados con casos de deformación en recién nacidos, infecciones en el tracto respiratorio y enfermedades coronarias, entre otras. De manera indirecta, la acumulación de nutrientes en los ecosistemas acuáticos y la proliferación de algas



toxicas pueden dar lugar a diferentes efectos adversos. La ingestión de agua o alimentos con contenidos de toxinas puede dar lugar a trastornos fisiológicos como náuseas, vómitos, diarrea, gastroenteritis, neumonía, dolores musculares, entre otros y diversos síntomas de intoxicación.

## **2.8. ESCALAMIENTO**

El concepto de escalamiento parte de la propia definición: Medir es asignar números a las propiedades de los objetivos u operaciones, de acuerdo con ciertos criterios y reglas. Pues bien, el escalamiento es el proceso mediante el cual se desarrollan los criterios y las reglas de asignación numérica que determinan las unidades de medida significativas para llevar de un tamaño dado a otro tamaño mayor o menor una operación u objeto.

Escalar un proceso o equipo es convertirlo de su escala de investigación (laboratorio o piloto) a escala industrial (producción).

### **2.8.1. PLANTAS PILOTO**

Se define como planta piloto al proceso que consiste en partes específicas ensambladas que operan como un todo armónico con el propósito de reproducir, a escala, procesos productivos.

El uso de plantas de proceso a escala piloto tiene como propósitos principales:

- Predecir el comportamiento de una planta a nivel industrial, operado la planta piloto a condiciones similares a las esperadas. En este caso los datos obtenidos serán la base para diseño de la planta industrial.
- Estudiar el comportamiento de plantas industriales ya construidas, en donde la planta piloto es una réplica y estará sujeta a condiciones de operación previstas para la planta industrial.

## **CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO**

Esta investigación se realizó de acuerdo al Manual del Sistema de Investigación Institucional, 2<sup>da</sup> edición. (ESPAM MFL, 2012). El tipo de investigación ejecutada fue experimental.

### **3.1. UBICACIÓN**

La investigación se efectuó en la parroquia Canuto perteneciente al cantón Chone, provincia de Manabí.

#### **COORDENADAS**

**Longitud:** 80° 7` 36. 2" W

**Latitud:** 0° 47` 45.3" S

**Los límites de Canuto son:**

**Norte:** Santa Rita.

**Sur:** Bolívar.

**Este:** Pichincha.

**Oeste:** Tosagua.

### **3.2. DURACIÓN DEL TRABAJO**

La duración de esta investigación fue de seis meses, a partir de la aprobación.

### **3.3. VARIABLES A MEDIR**

#### **3.3.1. VARIABLE INDEPENDIENTE**

Tiempo de Retención Hidráulico (8 niveles)

### **3.3.2. VARIABLE DEPENDIENTE**

Eficiencia de la nitrificación

### **3.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

Los datos se procesan según el criterio de la curva de mejor ajuste, es decir, si es polinomial, exponencial, hiperbólica, logarítmica, etc. y, su coeficiente de correlación para dicho ajuste.

### **3.5. TÉCNICAS**

Se emplearon técnicas de observación, análisis químico en el Centro de Servicios Técnicos y Transferencia Tecnológica Ambiental (LABCESTTA, acreditación No. OAEE LE 2C 06-008) y cálculos de fórmulas y ecuaciones. Se empleó la “t de Student” y el graficador de datos Statgraphics Centurión XVI versión 16.1.15 (32 bits).

### **3.6. FASES DE LA TESIS**

La ejecución del trabajo de investigación se la realizó en las siguientes fases:

### 3.6.1. PRIMERA FASE

**FASE 1. PREPACION DE UN AGUA RESIDUAL SINTÉTICA CON UNA DBO<sub>5</sub> DE ALREDEDOR DE 700 mg/dm<sup>3</sup>, PERO ENRIQUECIDO SU CONTENIDO DE NITRÓGENO ORGÁNICO CON LISÍNICO, HASTA UNOS 50 mg/dm<sup>3</sup>.**

#### Actividad 1. Preparación del agua residual sintética

Se preparó 220 dm<sup>3</sup> de agua residual sintética, de forma que tenga una DBO<sub>5</sub> de 700 mg/dm<sup>3</sup>; y una concentración de nitrógeno total de 50 mg/dm<sup>3</sup>. Para ello se utilizarán los siguientes materiales:

**Cuadro 3.6.1.** Materiales elaboración ARS

Mat. Primas	Cantidad	Unidad
Agua	220	dm <sup>3</sup>
Sacarosa	438	g
Fosfato de Amonio	19	g
Sulfato de Amonio	8	g
Lisina (Calidad Técnica)	9	g

#### Actividad 1. 2. Análisis de laboratorio

Preparada el agua residual sintética se tomó una muestra en la primera, segunda y tercera preparación las cuales fueron enviadas al laboratorio, para su respectivo análisis de DBO<sub>5</sub> y N<sub>total</sub>.

#### Actividad 1.3. Cálculo de probabilidad “t de Student”

Para realizar la comprobación de la caracterización comparativa del ARS se realizó un cuadro con los datos de los resultados de los análisis; se efectuó la prueba de hipótesis utilizando “t de Student” característico en el tratamiento de muestras pequeñas.

**Cuadro 3.6.2.** Tratamientos de las muestras

<b>Parámetro</b>	<b>Unid.</b>	<b>Muestra 1</b>	<b>Muestra 2</b>	<b>Muestra 3</b>
DBO <sub>5</sub> soluble a 20 °C	mg/dm <sup>3</sup>	M1 DBO <sub>5</sub>	M2 DBO <sub>5</sub>	M3 DBO <sub>5</sub>
N <sub>Total</sub> (Amoniacal + N <sub>Org.</sub> )	mg/dm <sup>3</sup>	M1 N <sub>Total</sub>	M2 N <sub>Total</sub>	M3 N <sub>Total</sub>

### 3.6.2. SEGUNDA FASE

#### FASE 2. DETERMINACIÓN DE LA EFICIENCIA DE NITRIFICACIÓN EN EL LECHO BACTERIANO AEROBIO

##### ACTIVIDAD 2. DISEÑO EXPERIMENTAL

Para hacer la determinación se realizó el diseño experimental

##### FACTOR EN ESTUDIO

TRH

##### DISEÑO EXPERIMENTAL

Se realizó un diseño completamente al azar con tres repeticiones.

##### TRATAMIENTOS

**CUADRO 3.6.3.** Tratamientos del TRH

<b>VARIANTES</b>	<b>V = constante<sup>1</sup></b>	<b>Q (m<sup>3</sup>/d) <sup>2</sup></b>	<b>TRH (d)</b>	<b>EMN (%)<sup>3</sup></b>	<b>RÉPLICAS</b>
T1	V	Q <sub>1</sub>	V/Q <sub>1</sub>	EMN <sub>1</sub>	1-2-3
T2	V	Q <sub>2</sub>	V/Q <sub>2</sub>	EMN <sub>2</sub>	1-2-3

T3	V	Q <sub>3</sub>	V/Q <sub>3</sub>	EMN <sub>3</sub>	1-2-3
T4	V	Q <sub>4</sub>	V/Q <sub>4</sub>	EMN <sub>4</sub>	1-2-3
T5	V	Q <sub>5</sub>	V/Q <sub>5</sub>	EMN <sub>5</sub>	1-2-3
T6	V	Q <sub>6</sub>	V/Q <sub>6</sub>	EMN <sub>6</sub>	1-2-3
T7	V	Q <sub>7</sub>	V/Q <sub>7</sub>	EMN <sub>7</sub>	1-2-3
T8	V	Q <sub>8</sub>	V/Q <sub>8</sub>	EMN <sub>8</sub>	1-2-3

<sup>1</sup> *Volumen efectivo = (Área efectiva)(Altura capa caña guadúa)*

$$^2 TRH = \frac{V}{Q}$$

$$^3 EMN = 100 - \left( \frac{50 - C_{NO_3^-}}{50} \right) \times 100$$

### UNIDAD EXPERIMENTAL

Muestras del agua residual sintética tratada

**Numero de réplicas:** 3 (muestras)

**Numero de tratamientos:** 8

**Unidad experimental:** 24 (Muestras del agua residual sintética tratada)

### ANÁLISIS DE VARIANZA

Fuente de varianza	Grados de libertad
Total	23
Replicas	2
Tratamientos	7
Error Experimental	14

### **Actividad 2.1. Puesta en marcha del LBA**

Posteriormente se puso en marcha el LBA; el agua contenida en el primer tanque (reservorio) fue rociada en forma de lluvia durante 13 días sobre el lecho con la ayuda del distribuidor de afluyente donde el agua residual sintética tuvo contacto con el material de relleno, de esta manera, la caña guadua paso por ciclos de saturación y de exposición al aire, dentro del mismo lecho después de tener contacto con la caña guadua cayo para pasar al sedimentador secundario.

El lecho estaba ventilado permitiendo que el oxígeno pase a lo largo de su superficie. Con el tiempo la biomasa generó una capa cuyo Oxígeno Disuelto (OD) era nulo y quedó sin oxígeno; engrosó y la capa sujeta se quedó sin oxígeno; entró en un estado endógeno, perdió su habilidad de mantenerse sujeta y se liberó. El biofilm contenía bacterias heterótrofas próximas a la superficie y autótrofas las cuales realizaron el proceso de nitrificación en las capas más internas las cuales llevaron a cabo por la oxidación de amonio a nitrato mediante nitrificación biológica. Las condiciones de alta carga provocaron también la separación. El efluente recolectado se clarificó en un tanque de sedimentación para eliminar la biomasa que se produjo y desprendido del lecho. Se realizó este procedimiento con los 8 respectivos tratamientos, al cabo de los cuales se tomó la muestra: 13 de días de incubación tomándose la muestra correspondiente.

Se determinó la eficiencia de nitrificación en el lecho bacteriano aerobio con los respectivos análisis que se recolectarán 3 veces: 2 pm, 3 pm y 4 pm. Las muestras se guardaron en una caja térmica con unidades de congelación, en envase de 1 dm<sup>3</sup>. Se enjuagó 3 veces el recipiente con la muestra y fue llenada al tope, evitando que quede espacios de aire. Este procedimiento se lo realizó 8 veces.

## Actividad 2.2. Evaluación de la eficiencia

Una vez que estuvieron los resultados de los análisis se aplicó el cálculo y se utilizó el criterio de la curva de mejor ajuste.

$$E_{\text{Nitrificación}} = 100 - \frac{c(N_T)\text{Afluyente} - c(NO_3^-)\text{Efluyente}}{c(N_T)\text{Afluyente}} \times 100$$

Donde:

$c(N_T)\text{Afluyente}$  = concentración de Nitrógeno total (orgánico + amoniacal) del afluyente

$c(NO_3^-)\text{Efluyente}$  = concentración de Nitrógeno como nitrato del efluyente

### 3.6.3. TERCERA FASE

#### FASE 3. ESTABLECIDA UNA CORRELACIÓN SIGNIFICATIVA ENTRE EL TIEMPO DE RETENCIÓN HIDRÁULICA Y LA EFICIENCIA DE NITRIFICACIÓN EN EL LECHO BACTERIANO AEROBIO

##### Actividad 3.1. Correlación entre TRH y LBA

Se estableció una correlación significativa entre el tiempo de retención hidráulica y la eficiencia de nitrificación en el Lecho Bacteriano Aerobio mediante el criterio del programa graficador de datos Statgraphics Centurión XVI.



## CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. RESULTADO DE LA ELABORACIÓN DEL AGUA RESIDUAL SINTÉTICA Y SU CARACTERIZACIÓN.

En el Cuadro 4.1 se presentan los datos obtenidos sobre la comprobación de la caracterización comparativa del agua residual sintética preparada por aproximaciones sucesivas (tanteo y error, partiendo de una base estequiométrica), para alcanzar las concentraciones de 700 mg/dm<sup>3</sup> de DBO<sub>5</sub> y 50 mg/dm<sup>3</sup> de Nitrógeno total (orgánico más amoniacal en este caso).

**Cuadro 4.1.** Comprobación de la caracterización comparativa del agua residual sintética.

Parámetro	Unid.	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Media	D.E.	C.V.
DBO <sub>5</sub> soluble a 20 °C	mg/dm <sup>3</sup>	712	694	715	707	11,93	1,7
N <sub>Total</sub> (N <sub>Amoniacal</sub> + N <sub>Org.</sub> )	mg/dm <sup>3</sup>	44	59	62	55	9,64	0,175

A continuación se realizan las pruebas de hipótesis para demostrar la significancia acerca de la validez de la baja variabilidad de en cuanto a las concentraciones de cada parámetro según el análisis de las muestras. Se utilizó la distribución de la “t de Student” característica en el tratamiento de muestras pequeñas.

#### a) DBO<sub>5</sub> soluble a 20 °C

Si  $\mu_1$  y  $\mu_2$  denotan la media poblacional de la DBO<sub>5</sub>, se tiene que decidir entre las hipótesis:

H<sub>0</sub>:  $\mu = 700 \text{ mg/dm}^3$  y no hay diferencias significativas entre los valores de las concentraciones medias de los parámetros y el deseado en la preparación del agua residual sintética.

$H_1: \mu_1 \neq 700 \text{ mg/dm}^3$  y hay diferencias significativas entre los valores deseados y los resultados de los análisis de laboratorio.

Bajo la hipótesis  $H_0$ , se tiene

$$t = \frac{\bar{X} - \mu}{s} \sqrt{N - 1}$$

**Donde**

$$N = 3$$

$$\bar{X} = 707 \text{ mg/dm}^3$$

$$s = 11,93 \text{ mg/dm}^3$$

$$t = \frac{707 - 700}{11,93} \sqrt{3 - 1}$$

$$t = 0,83$$

Para una prueba de una cola con un nivel de significación del 0,005; se adopta la regla de decisión: rechazar  $H_1$  si  $t > t_{0,995}$ ; que para 2 grados de libertad es el recorrido  $-9,92$  a  $9,92$ . Por lo tanto, se puede aceptar  $H_0$  a un nivel de significación del 0,005; es decir, con un 99,5% de confianza de no estar equivocado al hacerlo. De esta manera se comprueba que, en cuanto a la  $\text{DBO}_5$ , la preparación de la muestra es satisfactoria, no teniendo diferencias significativas con la realidad del laboratorio y, se puede trabajar con  $700 \text{ mg/dm}^3$ , para el cálculo de la eficiencia de remoción de  $\text{DBO}_5$ .

**b)  $N_{\text{Total}}$  ( $N_{\text{Amoniacal}} + N_{\text{Org.}}$ )**

Si  $\mu_1$  y  $\mu_2$  denotan la media poblacional de la  $\text{DBO}_5$ , se tiene que decidir entre las hipótesis:

$H_0: \mu = 50 \text{ mg/dm}^3$  y no hay diferencias significativas entre los valores de las concentraciones medias de los parámetros y el deseado en la preparación del agua residual sintética.

$H_1: \mu_1 \neq 50 \text{ mg/dm}^3$  y hay diferencias significativas entre los valores deseados y los resultados de los análisis de laboratorio.

Bajo la hipótesis  $H_0$ , se tiene

$$t = \frac{\bar{X} - \mu}{s} \sqrt{N - 1}$$

**Dónde**

$$N = 3$$

$$\bar{X} = 55 \text{ mg/dm}^3$$

$$s = 9,64 \text{ mg/dm}^3$$

$$t = \frac{55 - 50}{9,64} \sqrt{3 - 1}$$

$$t = 0,52$$

De la misma manera que para la  $DBO_5$  se comprueba que, en cuanto al  $N_{\text{Total}}$  ( $N_{\text{Amoniacal}} + N_{\text{Org.}}$ ), la preparación de la muestra es satisfactoria, no teniendo diferencias significativas con la realidad del laboratorio y, se puede trabajar con  $50 \text{ mg/dm}^3$ , para el cálculo de la eficiencia de remoción de Nitrógeno Total.

#### **4.2. RESULTADOS DE LA DETERMINACIÓN DE LA EFICIENCIA DE NITRIFICACIÓN EN EL LBA**

Las dimensiones del lecho (área y volumen ocupado por la empaquetadura, las cargas orgánica y superficial fueron como sigue.

$$\text{Área efectiva} = \left( \frac{\pi \text{ Diámetro}^2}{4} \right)$$

$$\text{Área efectiva} = \left( \frac{\pi (36 \text{ cm})^2}{4} \right)$$

$$\text{Área efectiva} = 1\,018 \text{ cm}^2 = 0,1018 \text{ m}^2$$

$$\text{Volumen efectivo} = (\text{Área efectiva})(\text{Altura capa caña guadúa})$$

$$\text{Volumen efectivo} = (1\,018 \text{ cm}^2)(60 \text{ cm})$$

$$\text{Volumen efectivo} = 61\,080 \text{ cm}^3 \approx 61 \text{ dm}^3 = 0,061 \text{ m}^3$$

Entonces la Carga Orgánica Volumétrica (COV) se calculó mediante la ecuación:

$$\text{COV} = \frac{Q * c(\text{DBO}_5)}{V_{\text{Efectivo}}} \text{ en } \text{kg DBO}_5/\text{m}^3$$

El período de puesta en marcha fue de 13 días, pues a partir del mismo, comenzó a disminuir significativamente la concentración de  $\text{DBO}_5$  (Santana, 2015).

En el Cuadro 4.2 se presentan los datos correspondientes al período post puesta en marcha, es decir, después de haber alcanzado el estado estacionario en el sistema, transcurridos los 13 días de puesta en marcha. Las muestras fueron tomadas al efluente del líquido claro del sedimentador secundario.

En la primera columna se ordenan los caudales (Q)  $\text{m}^3/\text{d}$ , que se establecen en ocho valores, desde 0,21 hasta 0,04  $\text{m}^3/\text{d}$ . A continuación, en la segunda columna se plantean las cargas orgánicas volumétricas (COV), las que varían entre 2,42 y 0,46  $\text{kg de DBO}_5/\text{m}^3 \cdot \text{d}$ . Los Tiempos de Retención Hidráulica (TRH) se presentan en la tercera columna, como variable independiente, variando entre 0,29 y 1,53 d (ocho valores o niveles). En la cuarta y quinta columnas se expresan los resultados medios de las concentraciones de Nitrógeno Total en el afluente y de Nitrato, pero en el efluente.

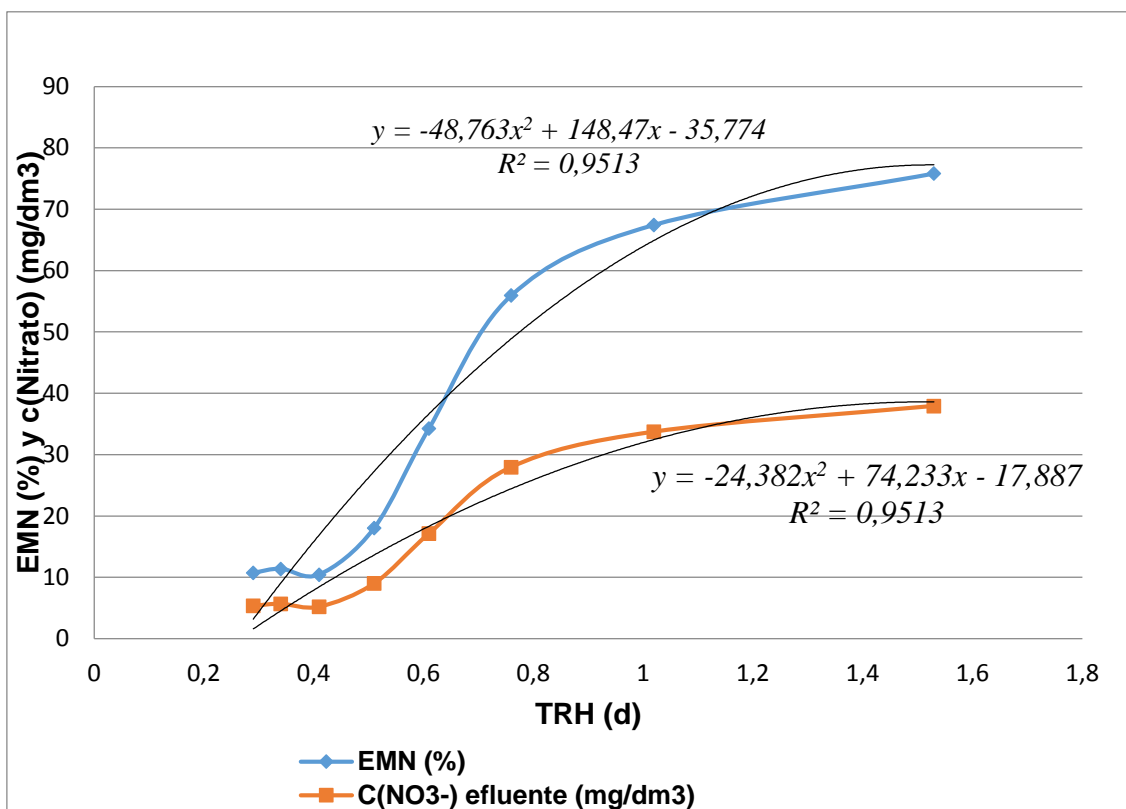
La Eficiencia Media de Nitrificación (EMN) en porcentaje, cuyos valores se reportan en la sexta y última columna se calculó con base en las diferencias entre la concentración de Nitrógeno Total Media del afluente, es decir, el amoniacal más el orgánico, del afluente ( $\text{mg/dm}^3$ ) y la del anión Nitrato en el efluente.

**Cuadro 4.2.** Variación de la Eficiencia Media de Nitrificación como función del Tiempo de Retención Hidráulica.

Q ( $\text{m}^3/\text{d}$ )	COV ( $\text{kg DBO}_5/\text{m}^3.\text{d}$ )	TRH (d)	$C_{\text{NTotal afluente}}$ ( $\text{mg/dm}^3$ )	$C(\text{NO}_3^-)$ efluente ( $\text{mg/dm}^3$ )	EMN <sup>1,2</sup> (%)
0,21	0,243	0,29	50	5,36	10,72
0,18	0,209	0,34	50	5,69	11,38
0,15	0,174	0,41	50	5,22	10,44
0,12	0,139	0,51	50	9,01	18,02
0,10	0,116	0,61	50	17,14	34,28
0,08	0,093	0,76	50	27,98	55,96
0,06	0,070	1,02	50	33,73	67,46
0,04	0,046	1,53	50	37,92	75,84

<sup>1</sup> A los 3 días de terminada la puesta en marcha de 13 días.

$$^2 EMN = 100 - \left( \frac{50 - c(\text{NO}_3^-) \text{Efluente}}{50} \right) * 100$$



**Figura 4.2.** Eficiencia de la Nitrificación en función del Tiempo de Retención Hidráulica

Los resultados obtenidos para la eficiencia de nitrificación resultaron ser similares o ligeramente inferiores a los reportados en la literatura especializada para LBA empacados con medios pétreo y plástico (Eckenfelder y O'Connor, 2007; Metcalf y Eddy, 2005; Tchobanoglous y Crites, 2000; Siles, Monforte, Estrany y Oliver, 2008), lo cual puede deberse a la empaquetadura (caña guadúa) que si bien es mucho menos costosa que el medio plástico, también es relativamente menos eficiente.

La eficiencia de nitrificación al alcanzarse el estado estacionario de trabajo del lecho, estuvo en los alrededores del 75%, para la eliminación del Nitrógeno total ( $N_{\text{Amoniacal}} + N_{\text{Org.}}$ ), transformado en Nitrato, la cual se considera satisfactoria y se corresponde con lo planteado en la literatura citada anteriormente. El mejor ajuste ( $R^2 = 0,9513 \Rightarrow R = 0,98$ ) correspondió a la función polifónica de segundo grado ( $-48,76 \text{ EMN}^2 + 148,47 \text{ EMN} - 32,65$ ). Estos sugieren que el desarrollo de bacterias

nitrificantes, tanto nitrosomonas como nitrobáctera fue apropiado según los TRH entre 1,02 y 1,53 d (24,48 h y 36,72 h).

La relativamente alta eficiencia de transformación del nitrógeno total (orgánico más amoniacal) en nitrato, es decir, nitrificación, implica que tanto el pH, la temperatura y la concentración de oxígeno disuelto se mantuvieron en los valores apropiados que propician dicho nivel de nitrificación, como se comprobó, el pH se mantuvo entre 7,1 y 7,5; la temperatura entre 21 y 28 °C y; el oxígeno disuelto de 2,0 mg/dm<sup>3</sup> como mínimo y la alcalinidad del efluente en el entorno de 300 mg/dm<sup>3</sup> (Cuadro 4.2); son determinantes de eficiencias de nitrificación de al menos 75%.

### 4.3. ESTABLECIMIENTO DE LA CORRELACIÓN SIGNIFICATIVA ENTRE EN TRH Y LA EFICIENCIA DE NITRIFICACIÓN EN EL LBA.

Con el empleo del programa graficador de datos estadísticos Statgraphics Centurión XVI versión 16.1.15 (32 bits), se obtuvieron los siguientes resultados con sus correspondientes análisis.

**Cuadro 4.3.** Regresión polinomio ConcNitrato vs.TRH.

Regression polinomial					
Variable dependiente			ConcNitrato		
Variable independiente			TRH		
Parámetro	Estimado	Error estándar	Stadístico T	Valor-P	
CONSTANTE	-17,8871	5,86785	-3,04833	0,0285	
THR d	74,2328	15,994	4,64128	0,0056	
THR d <sup>2</sup>	-24,3817	8,74501	-2,78807	0,0385	
Análisis de Varianza					
Fuente	Suma de Cuadrados	GI	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Modelo	1236,27	2	618,133	48,83	0,0005

<b>Residual</b>	<b>63,2923</b>	<b>5</b>	<b>12,6585</b>		
<b>Total (Corr,)</b>	<b>1299,56</b>	<b>7</b>			

R-cuadrada = 95,1297 por ciento

R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 93,1816 por ciento

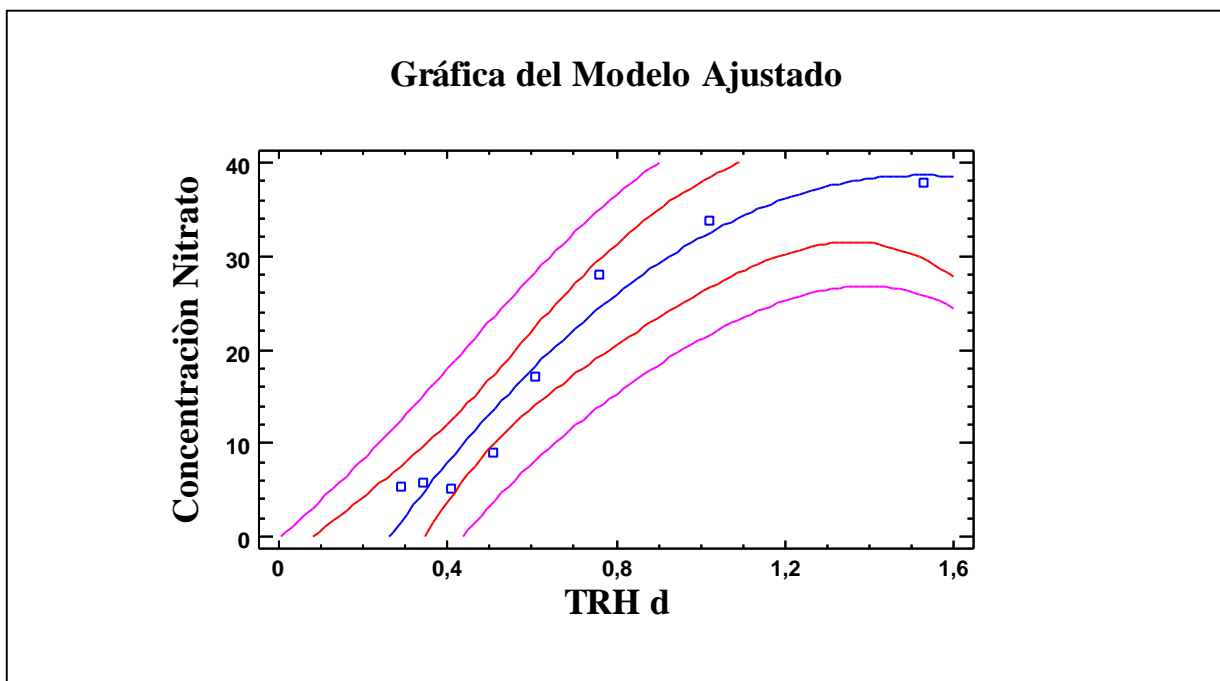
Error estándar del est. = 3,55787

Error absoluto medio = 2,43152

Estadístico Durbin-Watson = 1,12235 (P=0,0068)

Autocorrelación de residuos lag 1 = 0,322736

Este análisis reporta los mismos resultados obtenidos en el análisis de laboratorio.



**Figura 4.3.** Modelo ajustado polinomial ConcNitrato vs. TRH d

La salida muestra los resultados de ajustar un modelo polinomial de segundo orden para describir la relación entre Concentración Nitrato y TRH d. La ecuación del modelo ajustado es:



$$\text{Concentraci3n Nitrato} = -17,8871 + 74,2328 \cdot \text{TRH d} - 24,3817 \cdot \text{TRH d}^2$$

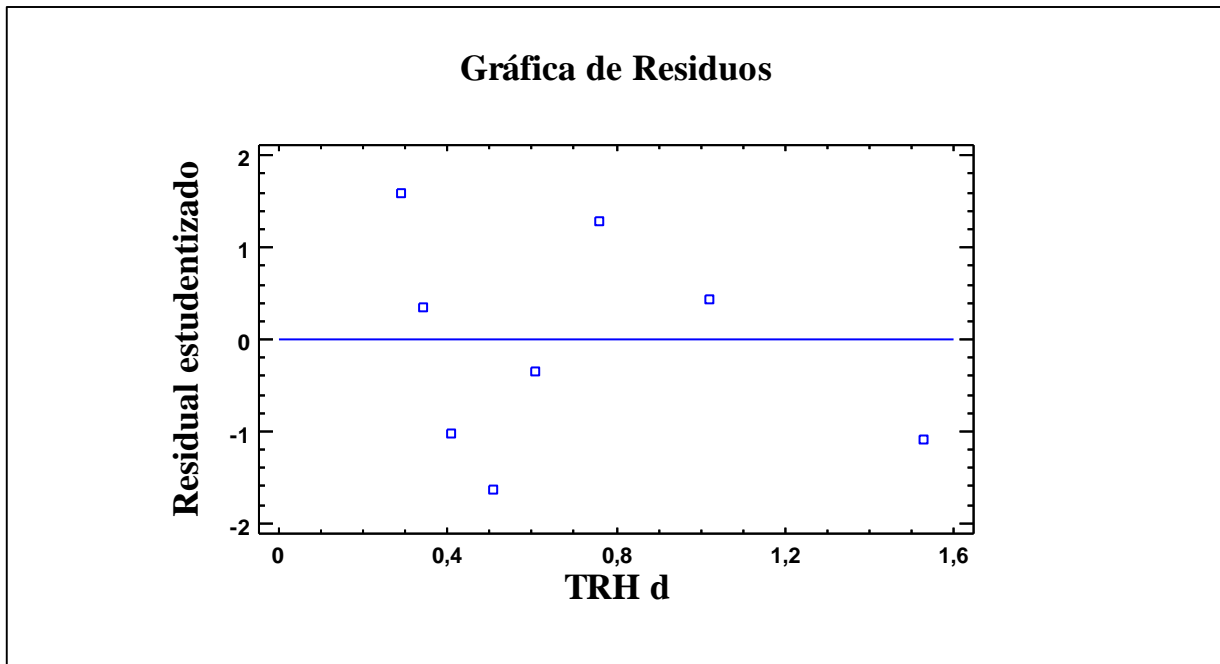
Puesto que el valor-P en la tabla ANOVA es menor que 0,05, existe una relaci3n estadisticamente significativa entre Concentraci3n Nitrato y TRH d con un nivel de confianza del 95%.

El estadístico R-Cuadrada indica que el modelo así ajustado explica 95,1297% de la variabilidad en Concentraci3n Nitrato. El estadístico R-Cuadrada ajustada, que es más apropiada para comparar modelos con diferente número de variables independientes, es 93,1816%. El error estándar del estimado muestra que la desviaci3n estándar de los residuos es 3,55787. Este valor puede usarse para construir límites para nuevas observaciones, seleccionando la opci3n de Reportes del menú de texto. El error absoluto medio (MAE) de 2,43152 es el valor promedio de los residuos. El estadístico de Durbin-Watson (DW) examina los residuos para determinar si hay alguna correlaci3n significativa basada en el orden en el que se presentan en el archivo de datos. Puesto que el valor-P es menor que 0,05, hay una indicaci3n de posible correlaci3n serial con un nivel de confianza del 95%.

Para determinar si el orden del polinomio es apropiado, primero note que el valor-P en el término de mayor orden es igual a 0,038533. Puesto que el valor-P es menor que 0,05, el término de mayor orden es estadisticamente significativo con un nivel de confianza del 95%. Consecuentemente, es probable que no quisiera considerar ning3n modelo de orden menor.

**Cuadro 4.4.** Residuos atípicos

Unusual Residuals				
Fila	Y	Y predicha	Residual	Residual Studentizada



**Gráfico 4.4.** Modelo de mejor ajuste

El gráfico 4.4. De residuos atípicos enlista todas las observaciones que tienen residuos Estudentizados mayores a 2, en valor absoluto. Los residuos Estudentizados miden cuántas desviaciones estándar se desvía cada valor observado de Concentración Nitrato del modelo ajustado, utilizando todos los datos excepto esa observación. En este caso, no hay residuos Estudentizados mayores que 2.

**Cuadro 4.5.** Regresión simple ConcNitrato vs. TRH.

Regression simple Lineal: $Y = a + b \cdot X$					
Variable dependiente			ConcNitrato		
Variable independiente			TRH		
Parámetro	Estimado	Error estándar	Stadístico T	Valor-P	
Intercepto	-3,13571	3,70212	-0,847003	0,4295	
Pendiente	30,555	4,70222	6,49799	0,0006	
Análisis de Varianza					
Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Modelo	1137,87	1	1137,87	42,22	0,0006
Residual	161,691	6	26,9485		

<b>Total (Corr,)</b>	1299,56	<b>7</b>			
----------------------	---------	----------	--	--	--

Coefficiente de Correlación = 0,935724

R-cuadrada = 87,558 porciento

R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 85,4844 porciento

Error estándar del est. = 5,19119

Error absoluto medio = 3,80769

Estadístico Durbin-Watson = 1,28822 (P=0,0515)

Autocorrelación de residuos en retraso 1 = 0,255239

La salida muestra los resultados de ajustar un modelo lineal para describir la relación entre Concentración Nitrato y TRH d. La ecuación del modelo ajustado es:

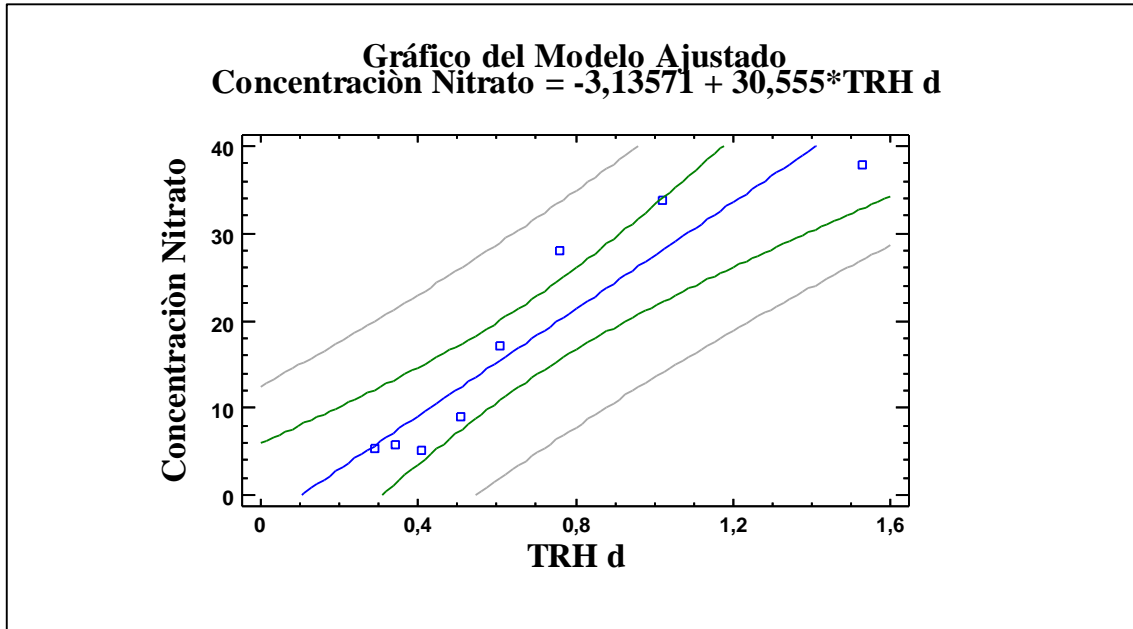
$$\text{Concentración Nitrato} = -3,13571 + 30,555 \cdot \text{TRH d}$$

Puesto que el valor-P en la tabla ANOVA es menor que 0,05, existe una relación estadísticamente significativa entre Concentración Nitrato y TRH d con un nivel de confianza del 95,0%.

El estadístico R-Cuadrada indica que el modelo ajustado explica 87,558% de la variabilidad en Concentración Nitrato. El coeficiente de correlación es igual a 0,935724, indicando una relación relativamente fuerte entre las variables. El error estándar del estimado indica que la desviación estándar de los residuos es 5,19119. Este valor puede usarse para construir límites de predicción para nuevas observaciones, seleccionando la opción de Pronósticos del menú de texto.

El error absoluto medio (MAE) de 3,80769 es el valor promedio de los residuos. El estadístico de Durbin-Watson (DW) examina los residuos para determinar si hay alguna correlación significativa basada en el orden en el que se presentan en el

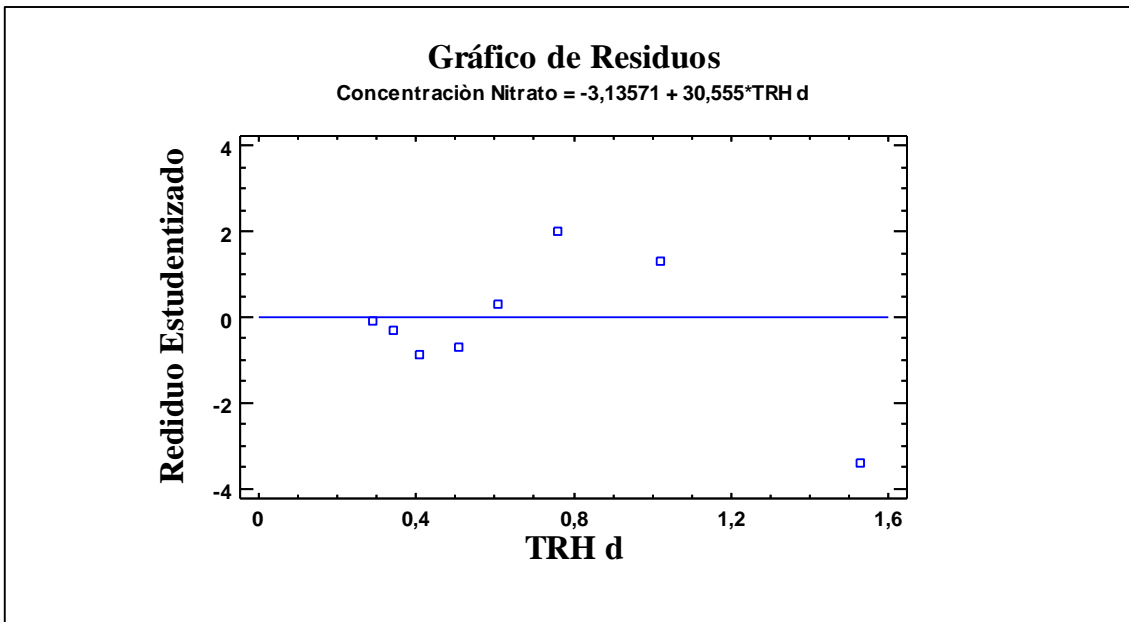
archivo de datos. Puesto que el valor-P es mayor que 0,05, no hay indicación de una auto correlación serial en los residuos con un nivel de confianza del 95,0%.



**Figura 4.5.** Modelo ajustado lineal ConcNitrato vs. TRH d

**Cuadro 4.6.** Residuos atípicos Modelo ajustado lineal ConcNitrato vs. TRH d

<b>Residuos Atípicos</b>					
<i>Fila</i>	<i>X</i>	<i>Y</i>	<i>Y Predicciones</i>	<i>Residuos</i>	<i>Residuos Studentizados</i>
8	1,53	37,92	43,6134	-5,69339	-3,40



**Figura 4.6.** Residuos atípicos Modelo ajustado lineal ConcNitrato vs. TRH d

El cuadro de residuos atípicos enlista todas las observaciones que tienen residuos Estudentizados mayores a 2, en valor absoluto. Los residuos Estudentizados miden cuántas desviaciones estándar se desvía cada valor observado de Concentraciòn Nitrato del modelo ajustado, utilizando todos los datos excepto esa observación. En este caso, hay un residual Estudentizado mayor que 3. Es conveniente examinar detenidamente las observaciones con residuos mayores a 3 para determinar si son valores aberrantes que debieran ser eliminados del modelo y tratados por separado.

Probando distintos modelos, el que mejor ajuste mostro fue considerando un modelo válido hasta el tiempo de retención de 1,53.

# **CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## **5.1. CONCLUSIONES:**

- Se preparó un agua residual sintética con una DBO5 de alrededor de 700 mg/dm<sup>3</sup>, enriquecido su contenido de nitrógeno orgánico con lisina hasta 50 mg/dm<sup>3</sup> de nitrógeno total, lo que se comprobó aplicando la distribución de la  $t$  de Student, con suficiente nivel de confianza.
- Se determinó la eficiencia de nitrificación empleando un lecho bacteriano aerobio relleno con caña guadua para diferentes tiempo de retención hidráulica, estableciéndose la forma en que aumenta la concentración de nitrato y, por lo tanto la eficiencia de nitrificación hasta valores del 75%.
- Se estableció la correlación significativa entre el tiempo de retención hidráulica y la eficiencia de nitrificación en el LBA, siendo la polinomial la más opciónada, según los resultados de la aplicación del programa Statgraphics, versión 16.1.15.

## **5.2. RECOMENDACIONES:**

A lo largo del presente estudio, se encontraron varias consideraciones que facilitaron el trabajo y otras que generaron nuevos supuestos fuera del alcance del estudio.

- Utilizar agua residual sintética para estudio de tratamientos de aguas residuales, debido a que garantiza en el afluente características constantes a lo largo del experimento y permite su manipulación segura al carecer de agentes patógenos.

- De la misma manera probar el LBA con distintos tipos de agua residual sea o no sintética para estudiar su eficiencia en otros tipos de residuales.  
En futuras ocasiones realizar este mismo trabajo realizando más variantes como estudio de temperatura, PH.
- Implementar nuevas alternativas en la implementación de la empaquetadura ya sean sintéticos o naturales, con el fin de optimizar las eficiencias alcanzadas.

## BIBLIOGRAFÍA

- 5 Congreso Internacional por el Desarrollo Sostenible y el Medio Ambiente. (2015, Caldas, Colombia). 2015. Empleo de tecnologías para el análisis de biopelículas presentes en reactores de biodiscos. Caldas, CO. p 5.
- Arias, A. 2005. La competitividad de las cadenas agroproductiva en Colombia. 1 ed. Colombia. p 589.
- Aveiga, V. 2012. ¿Cómo hacer investigación científica? ISBN: 978-9942-11-273-6. Jefatura Académica y de Postgrado, ESPAM- MFL. Calceta-Manabí, EC. p 248.
- Avendaño, L. 2011. Estudio de la población de bacterias nitrificantes y su relación con los parámetros físico-químicos, biológicos y operacionales en una EDAR con sistema convencional de fangos activados. Tesis. Mg. Ing. Hidráulica y Medio Ambiente. UPV. Valencia-España. p 1.
- Bermeo, D.; Salazar, F. 2013. Optimización de la planta de tratamiento de aguas residuales industriales de una empresa textil. Tesis. Ing. Industrial. UPS. Guayaquil-Ecuador. p 27
- Bernal, C. 2010. Metodología de la Investigación. Tercera edición. Colombia. p 320.
- Borja, M. 2011. Diseño de una planta de tratamientos para aguas residuales de la ciudad de Guaranda. Tesis. Ing. En biotecnología ambiental. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba-Ecuador. p 3.
- Bustos, I. 2012. Diseño del sistema de tratamiento de aguas residuales de las etapas ribera y curtido para la tenería San José. Tesis. Ing. Químico. ESPOCH. Riobamba-Ecuador. p 54.
- Cabrera, H. 2012. Taller regional sobre el uso seguro de aguas residuales en la agricultura para America Latina y el Caribe. (En línea). Consultado el 05 de junio del 2015. Disponible en: [www.ais.unwater.org](http://www.ais.unwater.org)
- Castillo; F. Roldan; M. Blaco; R. Huertas, M. Caballero, F. Moreno, C. Luque, M. (2005). Biotecnología Ambiental. 1ed. Madrid. Tébar. p 178
- Claros, J. 2012. Estudio del proceso de nitrificación y desnitrificación vía nitrito para el tratamiento biológico de corrientes de aguas residuales con alta carga de nitrógeno amoniacal. Tesis. Doctoral. Universidad Politécnica de Valencia. Valencia-España. p 7.



- Chiluiza, C; Hernández, J. (2012). Elaboración de papel artesanal de caña guadua. Tesis. Ing. Agroindustrial. EPN. Quito. EC. p 32.
- Cobo E; Belchin; K.; Cortez, J.; Gonzales y Muñoz; P. (2014). Intervalos de confianza. (En línea). España. Consultado, 26 de junio 2015. Formato PDF. Disponible en: [ocw.upc.edu](http://ocw.upc.edu)
- CONOGAGUA (Comisión Nacional del Agua). 2015. Programa de tratamiento de agua residual. (En línea). México. Consultado, 26 de junio del 2015.
- Cordero, C; Guerrero D; Sinche; P. 2008. Determinación de la eficiencia de un tratamiento aerobio de aguas residuales, con la aplicación de un sistema contacto biológico rotante. Tesis. Ingeniería Ambiental. Universidad Politécnica Salesiana. Cuenca. Ecuador. p 1.
- Cuartas, B. 2014. estudio de la influencia del tiempo de retención hidráulico en un reactor biológico secuencial (SBR) de depuración de aguas residuales procedentes de una tenería y optimización de la fase de sedimentación. Tesis. Master. En seguridad industrial y ambiental. UPV. Valencia-España. p 18.
- Diario EL UNIVERSO. (2015). 80% de las aguas residuales mundiales no se descontaminan, según la ONU. EC. (En Línea). Consultado el 26 de junio del 2015. Disponible en: <http://www.eluniverso.com/>
- Díaz, B. 2002. Decaimiento de la calidad del agua por variaciones del cloro residual entre la red de distribución distrital y la red de distribución interna de los usuarios. Tesis. Ing. Civil y Ambiental. Universidad de los Andes. Bogotá. Col. p 41.
- Díaz, A. 2013. Diseño, construcción y puesta en marcha de un biodigestor anaerobio con residuos orgánicos generados en el mercado de Tiquipaya (Bolivia). Tesis. Master en ingeniería Ambiental. Escola de Camins. Barcelona. España. p 22.
- Durand, D; Pedroza H. 2008. Escalamiento. El arte de la ingeniería química: Plantas piloto, el paso entre el huevo y la gallina Tecnología, Ciencia, Educación (en línea), 23 (enero-junio) en: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=48223105>> ISSN 0186-6036
- Eckenfelder Jr., W. W., and O'Connor, D. J. 1964. Biological Waste Treatment. Ed. Pergamon Press, Oxford, London, England.
- ESPAM MFL (Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López). 2012. Manual de sistema de investigación institucional. 2ed. Calceta – Manabí, EC. P 89.

- Fibao, T. 2013. Termino de glosario correspondiente a Lisina. (En línea). Consultado, 26 de junio 2015. Formato PDF. Disponible en: <http://medmol.es>.
- Gerardl, M. 1989. Dinamic modeling of suspened growth biological wastewater treatment processes. En G. Patry and D. Chapman (eds) Dynamic Modeling and Expert Systems in Wastewater Engineering (pp. 1-38). Chelsea, Michigan: Lewis Publisher.
- González, M.; López, F. 2008. Comportamiento de un reactor de biopelícula para tratamiento de agua residual a diferentes velocidades de flujo. Revista Mexicana de Ingeniería Química, Sin mes, p 183-193.
- González, P.; Quintans, P.; Vizcaino, M.; Miguel, R.; Gonzalez, J.; Perez, J. y Garcia, R. 2010. Estudio de la inhibición del proceso de nitrificación como consecuencia de la acumulación de metales en el fango biológico de la EDAR de León y su alfoz. Tecnología del Agua. 322: 28-38
- Hernández, R; Fernández C; Baptista P. 2008. 2010 Metodología de la Investigación. Quinta edición. México. McGrawHill.
- Loera, A; Ramírez, F; Avelar, F; Guerrero, A. 2012. Biopelículas multi-especie: asociarse para sobrevivir. Investigación y Ciencia, Enero-Abril, 49-56.
- Lozano, W. (2015). Preparación, composición y uso de agua residual sintética para alimentación de reactores prototipo y de laboratorio. (En línea) INVESTEA. Consultado, 26 de junio 2015. Formato PDF. Disponible en: <http://www.researchgate.net>
- Méndez, R.; Vidal, G.; Lorber, K.; Marquez, F. 2007. Producción limpia en la industria de curtiembre. 1 ed. Servicio de Publicaciones e Intercambio Científico. Coruña-España. p 35.
- Mercado, M; Molina, R. (2015). Estudio de factibilidad para la producción de caña guadua en el recinto de Rio Chico, cantón Paján de la provincia de Manabí y propuesta de plan de exportación para el mercado chileno. Tesis. Ing. Comercial. USE. Guayaquil. EC. P. 15.
- Metcalf y Eddy, Inc. 2005. Ingeniería de Aguas Residuales. Tratamiento, vertido y reutilización"; Ed. McGraw – Hill; Madrid, España
- Noguera, M; Pacheco, N. (2014). Tratamiento aerobio de aguas residuales, con la aplicación de un sistema contactor biológico rotante. Tesis. Ing. Ambiental. Universidad Politécnica Salesiana. Cuenca. Ecuador. P 30.
- OEFA (Organización de Evaluación Y Fiscalización Ambiental), 2013. Fiscalización ambiental en aguas residuales. (En línea). Pe. Consultado, 5 de junio. 2015. Formato http. Disponible en <http://www.oefa.gob.pe>

- Orozco, C; Gonzales M; Alfayate B; Pérez A; Rodríguez F. 2003. Problemas resueltos de contaminación ambiental. Cuestiones y problemas. 1 ed. Paraninfo. p 35.
- Ortega, E.; Campoverde, A.; Neira, C. (2003). Producción de caña guadua para suplir demanda de fundación hogar de cristo. Tesis. Economista con Mención en Gestión Empresarial, Especialización Finanzas. ESPOL. Guayaquil-EC. P 9.
- Pérez, J. 2001. Aplicación de nitrosomas y nitrobacter en forma de biopelícula nitrificación biológica en reactores de lecho fijo. 1 ed. Barcelona. Universitat Autònoma de Barcelona. p 35.
- Pérez, O; Michel, E; Rodríguez, T; Pérez, J; Cabrera, P. (2013). Reducción de la carga contaminante en el medioambiente de zonas costeras. Sus consecuencias en el cambio climático. 1 ed. España. Cit. p. 36-46.
- Rodríguez A; Letón P; Rosal R; Dorado M; Villar S; Sanz J. s.f. Tratamientos avanzados de aguas residuales industriales. Informe de vigilancia tecnológica. p 33.
- Roldan, G; Ramirez, J. 2008. Fundamentos de limnología neotropical. 2 ed. Colombia. Universidad de Antioquia. p. 245.
- Romero, M.; Colín, A. Sánchez, E. & Ortiz, M. (2009). Wastewater treatment by an artificial wetlands pilot system: evaluation of the organic charge removal. Revista internacional de contaminación ambiental, 25(3), 157-167. Recuperado en 09 de junio de 2015, de <http://www.scielo.org.mx>
- SEMPLEDES (Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo). 2013-2017. Plan Nacional del Buen Vivir. 1 edición. Quito-Ecuador.
- Siles, E., Monforte. J., Estrany, F. y Oliver, R. 2008. Eliminación del nitrógeno amoniacal en aguas residuales sanitarias. Técnica Industrial. TI 273.
- Tchobanoglous, G. y Crites, R. 2000. Tratamiento de aguas residuales en pequeñas poblaciones. Ed. McGraw – Hill. New York, USA.

**ANEXOS**

## ANEXO 1



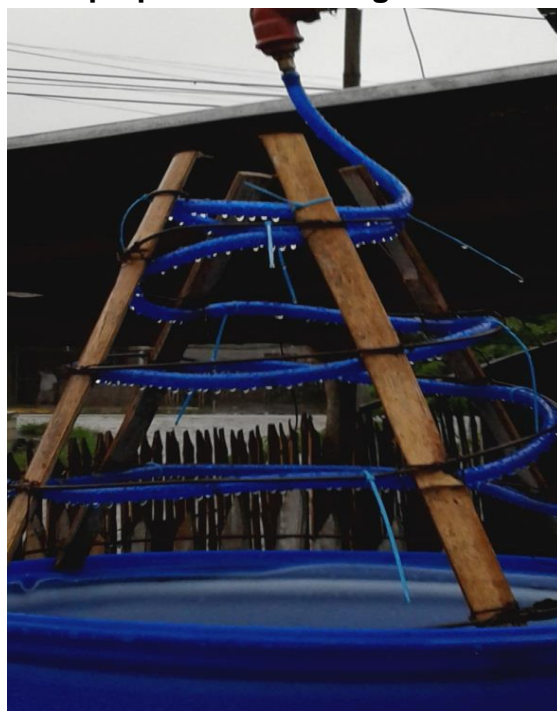
**Lecho Bacteriano Aerobio**



**Empaquetadura caña guadua**




**Puesta en marcha LBA**



**Distribuidor de afluente**

## ANEXO 2

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

<b>INFORME DE ENSAYO No. ST:</b>	416 28 – 44 ANÁLISIS AFLUENTE
<b>Nombre Peticionario:</b>	NA
<b>Atn.</b>	Cedeño Sánchez Irene
<b>Dirección:</b>	Manabí, Parroquia Abdón Calderón.
<b>FECHA:</b>	27 de Julio de 2015
<b>NÚMERO DE MUESTRAS:</b>	1
<b>FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB:</b>	2015/07/27 – 08:30
<b>FECHA DE MUESTREO:</b>	2015/07/26 – 14:30
<b>FECHA DE ANÁLISIS:</b>	2015/07/27 – 2015/07/22
<b>TIPO DE MUESTRA:</b>	AFLUENTE DE PROCESO LBA
<b>CÓDIGO LABCESTTA:</b>	LAB-L 004-13
<b>CÓDIGO DE LA EMPRESA:</b>	NA
<b>PUNTO DE MUESTREO:</b>	Tanque afluente (Muestra 1)
<b>ANÁLISIS SOLICITADO:</b>	Nitrógeno total y DBO <sub>5</sub> afluente
<b>PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA:</b>	Irene Cedeño Sánchez
<b>CONDICIONES AMBIENTALES:</b>	T máx.:28.0 °C, T mín.:23.0°C

## RESULTADOS ANALÍTICOS:

PARÁMETROS	MÉTODO/ NORMA	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LÍMITE PERM.	INCERTID. (k=2)
DBO <sub>5</sub> a 20 °C afluente (Muestra 1)	PEE/LAB-CESTTA/46 Método de referencia: Standard Methods Ed 21, 2005 5210 B HACH, Method 8166	mg/L	712	-----	±3,5%
Nitrógeno total afluente (Muestra 1)	PEE/LABCESTTA/42 Método de referencia: HACH 3089 Standard Methods, Ed 22. 2012 4501 N Total	mg/L	44	-----	0,1%

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

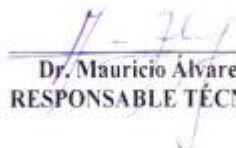
Página 1 de 2  
Edición 1

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

**OBSERVACIONES:**

- N.A. No aplica
- Muestra receptada en el laboratorio

**RESPONSABLE DEL INFORME:**

  
Dr. Mauricio Álvarez  
RESPONSABLE TÉCNICO

LABORATORIO DE ANALISIS AMBIENTAL  
E INSPECCION  
LAB - CESTTA  
ESPOCH

  
Dra. Nancy Veloz M.  
JEFE DE LABORATORIO

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

Página 2 de 2  
Edición 1



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

<b>INFORME DE ENSAYO No. ST:</b>	417
<b>Nombre Peticionario:</b>	28 – 44 ANÁLISIS AFLUENTE
<b>Atn.</b>	NA
<b>Dirección:</b>	Cedeño Sánchez Irene
<b>FECHA:</b>	Manabí, Parroquia Abdón Calderón.
<b>NÚMERO DE MUESTRAS:</b>	27 de Julio de 2015
<b>FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB:</b>	1
<b>FECHA DE MUESTREO:</b>	2015/07/27 – 08:30
<b>FECHA DE ANÁLISIS:</b>	2015/07/26 – 14:30
<b>TIPO DE MUESTRA:</b>	2015/07/27 – 2015/07/22
<b>CÓDIGO LABCESTTA:</b>	AFLUENTE DE PROCESO LBA
<b>CÓDIGO DE LA EMPRESA:</b>	LAB-L 004-13
<b>PUNTO DE MUESTREO:</b>	NA
<b>ANÁLISIS SOLICITADO:</b>	Tanque afluente (Muestra 2)
<b>PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA:</b>	Nitrógeno total y DBO <sub>5</sub> afluente
<b>CONDICIONES AMBIENTALES:</b>	Irene Cedeño Sánchez
	T máx.:28.0 °C, T mín.:23.0°C

**RESULTADOS ANALÍTICOS:**

PARÁMETROS	MÉTODO/ NORMA	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LÍMITE PERM.	INCERTID. (k=2)
DBO <sub>5</sub> afluente (Muestra 1)	PEE/LAB-CESTTA/46 Método de referencia: Standard Methods Ed 21, 2005 5210 B HACH, Method 8166	mg/L	694	*****	±3,5%
Nitrógeno total afluente (Muestra 1)	PEE/LABCESTTA/42 Método de referencia: HACH 3089 Standard Methods, Ed 22, 2012 4501 N Total	mg/L	59	*****	0,1%

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




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

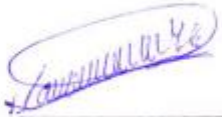
**OBSERVACIONES:**

- N.A. No aplica
- Muestra receptada en el laboratorio

**RESPONSABLE DEL INFORME:**


  
Dr. Mauricio Álvarez  
RESPONSABLE TÉCNICO

LABORATORIO DE ANALISIS AMBIENTAL  
E INSPECCION  
LAB - CESTTA  
ESPOCH

  
Dra. Nancy Veloz M.  
JEFE DE LABORATORIO

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

Página 2 de 2  
Edición 1

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

<b>INFORME DE ENSAYO No.</b>	418
<b>ST:</b>	28 – 44 ANÁLISIS AFLUENTE
<b>Nombre Peticionario:</b>	NA
<b>Atn.</b>	Cedeño Sánchez Irene
<b>Dirección:</b>	Manabí, Parroquia Abdón Calderón.
<b>FECHA:</b>	27 de Julio de 2015
<b>NÚMERO DE MUESTRAS:</b>	1
<b>FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB:</b>	2015/07/27 – 08:30
<b>FECHA DE MUESTREO:</b>	2015/07/26 – 14:30
<b>FECHA DE ANÁLISIS:</b>	2015/07/27 – 2015/07/22
<b>TIPO DE MUESTRA:</b>	AFLUENTE DE PROCESO LBA
<b>CÓDIGO LABCESTTA:</b>	LAB-L 004-13
<b>CÓDIGO DE LA EMPRESA:</b>	NA
<b>PUNTO DE MUESTREO:</b>	Tanque afluente (Muestra 2)
<b>ANÁLISIS SOLICITADO:</b>	Nitrógeno total y DBO <sub>5</sub> afluente
<b>PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA:</b>	Irene Cedeño Sánchez
<b>CONDICIONES AMBIENTALES:</b>	T máx.:28.0 °C, T mín.:23.0°C

**RESULTADOS ANALÍTICOS:**

PARÁMETROS	MÉTODO/ NORMA	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LÍMITE PERM.	INCERTID. (k=2)
DBO <sub>5</sub> días a 20 °C afluente (Muestra 1)	PEE/LAB-CESTTA/46 Método de referencia: Standard Methods Ed 21, 2005 5210 B HACH, Method 8166	mg/L	694	-----	±3,5%
Nitrógeno total afluente (Muestra 1)	PEE/LABCESTTA/42 Método de referencia: HACH 3089 Standard Methods, Ed 22. 2012 4501 N Total	mg/L	59	-----	0,1%

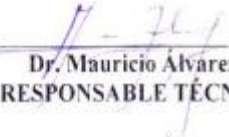
Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio  
Los resultados arriba indicados están sólo relacionados con los objetos ensayados.

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

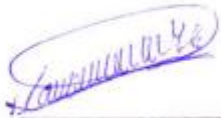
**OBSERVACIONES:**

- N.A. No aplica
- Muestra receptada en el laboratorio

**RESPONSABLE DEL INFORME:**

  
Dr. Mauricio Alvarez  
RESPONSABLE TÉCNICO

LABORATORIO DE ANALISIS AMBIENTAL  
E INSPECCION  
LAB - CESTTA  
ESPOCH

  
Dra. Nancy Veloz M.  
JEFE DE LABORATORIO

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

Página 2 de 2  
Edición 1

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

<b>INFORME DE ENSAYO No. ST:</b>	463 28 - 44 ANÁLISIS AFLUENTE
<b>Nombre Peticionario:</b>	NA
<b>Atn.</b>	Cedeño Sánchez Irene
<b>Dirección:</b>	Manabí, Parroquia Abdón Calderón.
<b>FECHA:</b>	14 de Agosto de 2015
<b>NÚMERO DE MUESTRAS:</b>	1, 2 y 3
<b>FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB:</b>	2015/08/14 - 08:38
<b>FECHA DE MUESTREO:</b>	2015/08/13 - 14:30
<b>FECHA DE ANÁLISIS:</b>	2015/08/14 - 2015/08/14
<b>TIPO DE MUESTRA:</b>	AFLUENTE DE PROCESO LBA TRH 0,29 d
<b>CÓDIGO LABCESTTA:</b>	LAB-L 004-13
<b>CÓDIGO DE LA EMPRESA:</b>	NA
<b>PUNTO DE MUESTREO:</b>	Final TRH 0,29 d (Muestra 1, 2 y 3)
<b>ANÁLISIS SOLICITADO:</b>	Nitrato
<b>PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA:</b>	Irene Cedeño Sánchez
<b>CONDICIONES AMBIENTALES:</b>	T máx.:28.0 °C, T mín.:23.0°C

**RESULTADOS ANALÍTICOS:**

PARÁMETROS	MÉTODO/ NORMA	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LÍMITE PERM.	INCERTID. (k=2)
Nitrato efluente (Muestra 1)	PEE/LABCESTTA/42 Método de referencia: HACH 3089 Standard Methods, Ed 22. 2012 4500 NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/L	5,21	-----	0,1%
Nitrato efluente (Muestra 2)	PEE/LABCESTTA/42 Método de referencia: HACH 3089 Standard Methods, Ed 22. 2012 4500 NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/L	5,30	-----	0,1%
Nitrato efluente (Muestra 3)	PEE/LABCESTTA/42 Método de referencia: HACH 3089 Standard Methods, Ed 22. 2012 4500 NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/L	5,57	-----	0,1%

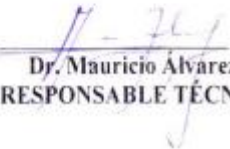
Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio  
Los resultados arriba indicados están sólo relacionados con los objetos ensayados.

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

**OBSERVACIONES:**

- N.A. No aplica
- Muestra receptada en el laboratorio

**RESPONSABLE DEL INFORME:**

  
Dr. Mauricio Alvarez  
RESPONSABLE TÉCNICO

LABORATORIO DE ANALISIS AMBIENTAL  
E INSPECCION  
LAB - CESTTA  
ESPOCH

  
Dra. Nancy Veloz M.  
JEFE DE LABORATORIO

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

Página 2 de 2  
Edición 1



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

<b>INFORME DE ENSAYO No. ST:</b>	464 28 – 44 ANÁLISIS AFLUENTE
<b>Nombre Peticionario:</b>	NA
<b>Atn. Dirección:</b>	Cedeño Sánchez Irene Manabí, Parroquia Abdón Calderón.
<b>FECHA:</b>	02 de Agosto de 2015
<b>NÚMERO DE MUESTRAS:</b>	1, 2 y 3
<b>FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB:</b>	2015/08/02 – 08:38
<b>FECHA DE MUESTREO:</b>	2015/08/01 – 14:30
<b>FECHA DE ANÁLISIS:</b>	2015/08/02 – 2015/08/03
<b>TIPO DE MUESTRA:</b>	AFLUENTE DE PROCESO LBA TRH 0,34 d
<b>CÓDIGO LABCESTTA:</b>	LAB-L 004-13
<b>CÓDIGO DE LA EMPRESA:</b>	NA
<b>PUNTO DE MUESTREO:</b>	Final TRH 0,34 d (Muestra 1, 2 y 3)
<b>ANÁLISIS SOLICITADO:</b>	Nitrato
<b>PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA:</b>	Irene Cedeño Sánchez
<b>CONDICIONES AMBIENTALES:</b>	T máx.:28.0 °C, T mín.:23.0°C

**RESULTADOS ANALÍTICOS:**

PARÁMETROS	MÉTODO/ NORMA	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LÍMITE PERM.	INCERTID. (k=2)
Nitrato efluente (Muestra 1)	PEE/LABCESTTA/42 Método de referencia: HACH 3089 Standard Methods, Ed 22. 2012 4500 NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/L	5,54	-----	0,1%
Nitrato efluente (Muestra 2)	PEE/LABCESTTA/42 Método de referencia: HACH 3089 Standard Methods, Ed 22. 2012 4500 NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/L	5,82	-----	0,1%
Nitrato efluente (Muestra 3)	PEE/LABCESTTA/42 Método de referencia: HACH 3089 Standard Methods, Ed 22. 2012 4500 NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/L	5,71	-----	0,1%

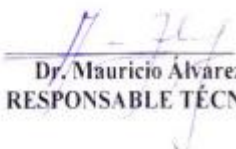
Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio  
Los resultados arriba indicados están sólo están relacionados con los objetos ensayados.

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

**OBSERVACIONES:**

- N.A. No aplica
- Muestra receptada en el laboratorio

**RESPONSABLE DEL INFORME:**


  
Dr. Mauricio Álvarez  
RESPONSABLE TÉCNICO

LABORATORIO DE ANALISIS AMBIENTAL  
E INSPECCION  
LAB - CESTTA  
ESPOCH

  
Dra. Nancy Veloz M.  
JEFE DE LABORATORIO

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

Página 2 de 2  
Edición 1

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

<b>INFORME DE ENSAYO No. ST:</b>	465 28 - 44 ANÁLISIS AFLUENTE
<b>Nombre Peticionario:</b>	NA
<b>Atn.</b>	Cedeño Sánchez Irene
<b>Dirección:</b>	Manabí, Parroquia Abdón Calderón.
<b>FECHA:</b>	16 de Septiembre de 2015
<b>NÚMERO DE MUESTRAS:</b>	1, 2 y 3
<b>FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB:</b>	2015/09/02 - 08:45
<b>FECHA DE MUESTREO:</b>	2015/09/01 - 14:35
<b>FECHA DE ANÁLISIS:</b>	2015/09/02 - 2015/08/02
<b>TIPO DE MUESTRA:</b>	AFLUENTE DE PROCESO LBA TRH 0,41 d
<b>CÓDIGO LABCESTTA:</b>	LAB-L 004-13
<b>CÓDIGO DE LA EMPRESA:</b>	NA
<b>PUNTO DE MUESTREO:</b>	Final TRH 0,41 d (Muestra 1, 2 y 3)
<b>ANÁLISIS SOLICITADO:</b>	Nitrato
<b>PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA:</b>	Irene Cedeño Sánchez
<b>CONDICIONES AMBIENTALES:</b>	T máx.:28.0 °C, T mín.:23.0°C

**RESULTADOS ANALÍTICOS:**

PARÁMETROS	MÉTODO/ NORMA	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LÍMITE PERM.	INCERTID. (k=2)
Nitrato efluente (Muestra 1)	PEE/LABCESTTA/42 Método de referencia: HACH 3089 Standard Methods, Ed 22. 2012 4500 NO <sub>3</sub> -	mg/L	5,67	-----	0,1%
Nitrato efluente (Muestra 2)	PEE/LABCESTTA/42 Método de referencia: HACH 3089 Standard Methods, Ed 22. 2012 4500 NO <sub>3</sub> -	mg/L	4,98	-----	0,1%
Nitrato efluente (Muestra 3)	PEE/LABCESTTA/42 Método de referencia: HACH 3089 Standard Methods, Ed 22. 2012 4500 NO <sub>3</sub> -	mg/L	5,01	-----	0,1%

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

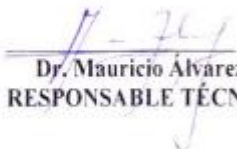


 <p><b>LABCESTTA</b> Tecnología &amp; Soluciones</p> <p>SGC</p>	<p><b>LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E INSPECCIÓN</b></p> <p>Panamericana Sur Km. 1 ½ Telefax: (03) 2998232 ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS RIOBAMBA - ECUADOR</p>	<p><b>LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL OAE</b></p> <p><b>ACREDITACIÓN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


**OBSERVACIONES:**

- N.A. No aplica
- Muestra receptada en el laboratorio

**RESPONSABLE DEL INFORME:**

  
Dr. Mauricio Álvarez  
RESPONSABLE TÉCNICO

LABORATORIO DE ANALISIS AMBIENTAL  
E INSPECCION  
LAB - CESTTA  
ESPOCH

  
Dra. Nancy Veloz M.  
JEFE DE LABORATORIO

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

Página 2 de 2  
Edición 1

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

<b>INFORME DE ENSAYO No. ST:</b>	466 28 - 44 ANÁLISIS AFLUENNTE
<b>Nombre Peticionario:</b>	NA
<b>Atn.</b>	Cedeño Sánchez Irene
<b>Dirección:</b>	Manabí, Parroquia Abdón Calderón.
<b>FECHA:</b>	03 de Octubre de 2015
<b>NÚMERO DE MUESTRAS:</b>	1, 2 y 3
<b>FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB:</b>	2015/10/03 - 08:38
<b>FECHA DE MUESTREO:</b>	2015/10/02 - 14:30
<b>FECHA DE ANÁLISIS:</b>	2015/10/02 - 2015/08/02
<b>TIPO DE MUESTRA:</b>	AFLUENTE DE PROCESO LBA TRH 0,51 d
<b>CÓDIGO LABCESTTA:</b>	LAB-L 004-13
<b>CÓDIGO DE LA EMPRESA:</b>	NA
<b>PUNTO DE MUESTREO:</b>	Final TRH 0,51 d (Muestra 1, 2 y 3)
<b>ANÁLISIS SOLICITADO:</b>	Nitrato
<b>PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA:</b>	Irene Cedeño Sánchez
<b>CONDICIONES AMBIENTALES:</b>	T máx.:28,0 °C, T mín.:23,0°C

**RESULTADOS ANALÍTICOS:**

PARÁMETROS	MÉTODO/ NORMA	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LÍMITE PERM.	INCERTID. (k=2)
Nitrato efluente (Muestra 1)	PEE/LABCESTTA/42 Método de referencia: HACH 3089 Standard Methods, Ed 22. 2012 4500 NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/L	9,80	-----	0,1%
Nitrato efluente (Muestra 2)	PEE/LABCESTTA/42 Método de referencia: HACH 3089 Standard Methods, Ed 22. 2012 4500 NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/L	8,76	-----	0,1%
Nitrato efluente (Muestra 3)	PEE/LABCESTTA/42 Método de referencia: HACH 3089 Standard Methods, Ed 22. 2012 4500 NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/L	8,47	-----	0,1%


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

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

**OBSERVACIONES:**

- N.A. No aplica
- Muestra receptada en el laboratorio

**RESPONSABE DEL INFORME:**

  
Dr. Mauricio Álvarez  
RESPONSABLE TÉCNICO

LABORATORIO DE ANALISIS AMBIENTAL  
E INSPECCION  
LAB - CESTTA  
ESPOCH

  
Dra. Nancy Veloz M.  
JEFE DE LABORATORIO

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

Página 2 de 2  
Edición 1

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

<b>INFORME DE ENSAYO No. ST:</b>	467 28 - 44 ANÁLISIS AFLUENTE
<b>Nombre Peticionario:</b>	NA
<b>Atn.</b>	Cedeño Sánchez Irene
<b>Dirección:</b>	Manabí, Parroquia Abdón Calderón.
<b>FECHA:</b>	20 de Octubre de 2015
<b>NÚMERO DE MUESTRAS:</b>	1, 2 y 3
<b>FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB:</b>	2015/10/20 - 08:30
<b>FECHA DE MUESTREO:</b>	2015/10/19 - 14:50
<b>FECHA DE ANÁLISIS:</b>	2015/10/20 - 2015/10/20
<b>TIPO DE MUESTRA:</b>	AFLUENTE DE PROCESO LBA TRH 0,61 d
<b>CÓDIGO LABCESTTA:</b>	LAB-L 004-13
<b>CÓDIGO DE LA EMPRESA:</b>	NA
<b>PUNTO DE MUESTREO:</b>	Final TRH 0,61 d (Muestra 1, 2 y 3)
<b>ANÁLISIS SOLICITADO:</b>	Nitrato
<b>PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA:</b>	Irene Cedeño Sánchez
<b>CONDICIONES AMBIENTALES:</b>	T máx.:28.0 °C, T mín.:23.0°C

**RESULTADOS ANALÍTICOS:**

PARÁMETROS	MÉTODO/ NORMA	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LÍMITE PERM.	INCERTID. (k=2)
Nitrato efluente (Muestra 1)	PEE/LABCESTTA/42 Método de referencia: HACH 3089 Standard Methods, Ed 22. 2012 4500 NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/L	18,24	-----	0,1%
Nitrato efluente (Muestra 2)	PEE/LABCESTTA/42 Método de referencia: HACH 3089 Standard Methods, Ed 22. 2012 4500 NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/L	16,00	-----	0,1%
Nitrato efluente (Muestra 3)	PEE/LABCESTTA/42 Método de referencia: HACH 3089 Standard Methods, Ed 22. 2012 4500 NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/L	17,18	-----	0,1%

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

Página 1 de 2  
Edición 1

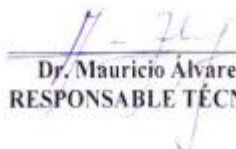


 <p><b>LABCESTTA</b> Tecnología &amp; Soluciones</p> <p>SGC</p>	<p><b>LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E INSPECCIÓN</b></p> <p>Panamericana Sur Km. 1 ½ Telefax: (03) 2998232 ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS RIOBAMBA - ECUADOR</p>	<p><b>LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL OAE</b></p> <p><b>ACREDITACIÓN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

**OBSERVACIONES:**

- N.A. No aplica
- Muestra receptada en el laboratorio

**RESPONSABE DEL INFORME:**

  
Dr. Mauricio Álvarez  
RESPONSABLE TÉCNICO

LABORATORIO DE ANALISIS AMBIENTAL  
E INSPECCION  
LAB - CESTTA  
ESPOCH

  
Dra. Nancy Veloz M.  
JEFE DE LABORATORIO

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

Página 2 de 2  
Edición 1

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

<b>INFORME DE ENSAYO No. ST:</b>	469 28 - 44 ANÁLISIS AFLUENTE
<b>Nombre Peticionario:</b>	NA
<b>Atn.</b>	Cedeño Sánchez Irene
<b>Dirección:</b>	Manabí, Parroquia Abdón Calderón.
<b>FECHA:</b>	20 de Noviembre de 2015
<b>NÚMERO DE MUESTRAS:</b>	1, 2 y 3
<b>FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB:</b>	2015/11/20 - 08:40
<b>FECHA DE MUESTREO:</b>	2015/11/19 - 14:30
<b>FECHA DE ANÁLISIS:</b>	2015/11/20 - 2015/10/20
<b>TIPO DE MUESTRA:</b>	AFLUENTE DE PROCESO LBA TRH 0,76 d
<b>CÓDIGO LABCESTTA:</b>	LAB-L 004-13
<b>CÓDIGO DE LA EMPRESA:</b>	NA
<b>PUNTO DE MUESTREO:</b>	Final TRH 0,76 d (Muestra 1, 2 y 3)
<b>ANÁLISIS SOLICITADO:</b>	Nitrato
<b>PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA:</b>	Irene Cedeño Sánchez
<b>CONDICIONES AMBIENTALES:</b>	T máx.:28.0 °C, T mín.:23.0°C

**RESULTADOS ANALÍTICOS:**

PARÁMETROS	MÉTODO/ NORMA	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LÍMITE PERM.	INCERTID. (k=2)
Nitrato efluente (Muestra 1)	PEE/LABCESTTA/42 Método de referencia: HACH 3089 Standard Methods, Ed 22. 2012 4500 NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/L	29,14	-----	0,1%
Nitrato efluente (Muestra 2)	PEE/LABCESTTA/42 Método de referencia: HACH 3089 Standard Methods, Ed 22. 2012 4500 NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/L	26,19	-----	0,1%
Nitrato efluente (Muestra 3)	PEE/LABCESTTA/42 Método de referencia: HACH 3089 Standard Methods, Ed 22. 2012 4500 NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/L	28,61	-----	0,1%

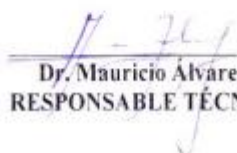
Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio  
Los resultados arriba indicados están sólo relacionados con los objetos ensayados.

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


**OBSERVACIONES:**

- N.A. No aplica
- Muestra receptada en el laboratorio

**RESPONSABE DEL INFORME:**

  
Dr. Mauricio Álvarez  
RESPONSABLE TÉCNICO

LABORATORIO DE ANALISIS AMBIENTAL  
E INSPECCION  
LAB - CESTTA  
ESPOCH

  
Dra. Nancy Veloz M.  
JEFE DE LABORATORIO

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

Página 2 de 2  
Edición 1

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

<b>INFORME DE ENSAYO No. ST:</b>	469 28 - 44 ANÁLISIS AFLUENTE
<b>Nombre Peticionario:</b>	NA
<b>Atn. Dirección:</b>	Cedeño Sánchez Irene Manabí, Parroquia Abdón Calderón.
<b>FECHA:</b>	20 de Noviembre de 2015
<b>NÚMERO DE MUESTRAS:</b>	1, 2 y 3
<b>FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB:</b>	2015/11/20 - 08:40
<b>FECHA DE MUESTREO:</b>	2015/11/19 - 14:30
<b>FECHA DE ANÁLISIS:</b>	2015/11/20 - 2015/10/20
<b>TIPO DE MUESTRA:</b>	AFLUENTE DE PROCESO LBA TRH 1,02 d
<b>CÓDIGO LABCESTTA:</b>	LAB-L 004-13
<b>CÓDIGO DE LA EMPRESA:</b>	NA
<b>PUNTO DE MUESTREO:</b>	Final TRH 1,02 d (Muestra 1, 2 y 3)
<b>ANÁLISIS SOLICITADO:</b>	Nitrato
<b>PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA:</b>	Irene Cedeño Sánchez
<b>CONDICIONES AMBIENTALES:</b>	T máx.:28.0 °C, T mín.:23.0°C

**RESULTADOS ANALÍTICOS:**

PARÁMETROS	MÉTODO/ NORMA	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LÍMITE PERM.	INCERTID. (k=2)
Nitrato efluente (Muestra 1)	PEE/LABCESTTA/42 Método de referencia: HACH 3089 Standard Methods, Ed 22. 2012 4500 NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/L	34,18	-----	0,1%
Nitrato efluente (Muestra 2)	PEE/LABCESTTA/42 Método de referencia: HACH 3089 Standard Methods, Ed 22. 2012 4500 NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/L	31,05	-----	0,1%
Nitrato efluente (Muestra 3)	PEE/LABCESTTA/42 Método de referencia: HACH 3089 Standard Methods, Ed 22. 2012 4500 NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/L	35,96	-----	0,1%

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

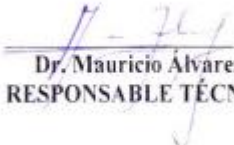


 <p><b>LABCESTTA</b> Tecnología &amp; Soluciones</p> <p>SGC</p>	<p><b>LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E INSPECCIÓN</b></p> <p>Panamericana Sur Km. 1 ½ Telefax: (03) 2998232 ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS RIOBAMBA - ECUADOR</p>	<p><b>LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL OAE</b></p> <p><b>ACREDITACIÓN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


**OBSERVACIONES:**

- N.A. No aplica
- Muestra receptada en el laboratorio

**RESPONSABLE DEL INFORME:**

  
Dr. Mauricio Álvarez  
RESPONSABLE TÉCNICO

LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL  
E INSPECCIÓN  
LAB - CESTTA  
ESPOCH

  
Dra. Nancy Veloz M.  
JEFE DE LABORATORIO

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

Página 2 de 2  
Edición 1

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

**INFORME DE ENSAYO No.  
ST:**

469

28 - 44 ANÁLISIS AFLUENTE

**Nombre Peticionario:**

NA

**Atn.**

Cedeño Sánchez Irene

**Dirección:**

Manabí, Parroquia Abdón Calderón.

**FECHA:**

07 de Diciembre de 2015

**NÚMERO DE MUESTRAS:**

1, 2 y 3

**FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB:**

2015/12/07 - 08:40

**FECHA DE MUESTREO:**

2015/12/06 - 14:30

**FECHA DE ANÁLISIS:**

2015/12/07 - 2015/10/20

**TIPO DE MUESTRA:**

AFLUENTE DE PROCESO LBA TRH 1,53 d

**CÓDIGO LABCESTTA:**

LAB-L 004-13

**CÓDIGO DE LA EMPRESA:**

NA

**PUNTO DE MUESTREO:**

Final TRH 1,53 d (Muestra 1, 2 y 3)

**ANÁLISIS SOLICITADO:**

Nitrato

**PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA:**

Irene Cedeño Sánchez

**CONDICIONES AMBIENTALES:**

T máx.:28.0 °C, T mín.:23.0°C

#### RESULTADOS ANALÍTICOS:

PARÁMETROS	MÉTODO/ NORMA	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LÍMITE PERM.	INCERTID. (k=2)
Nitrato efluente (Muestra 1)	PEE/LABCESTTA/42 Método de referencia: HACH 3089 Standard Methods, Ed 22. 2012 4500 NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/L	35,55	-----	0,1%
Nitrato efluente (Muestra 2)	PEE/LABCESTTA/42 Método de referencia: HACH 3089 Standard Methods, Ed 22. 2012 4500 NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/L	38,73	-----	0,1%
Nitrato efluente (Muestra 3)	PEE/LABCESTTA/42 Método de referencia: HACH 3089 Standard Methods, Ed 22. 2012 4500 NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/L	39,48	-----	0,1%

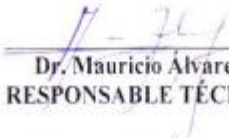
Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio  
Los resultados arriba indicados están sólo relacionados con los objetos ensayados.

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


**OBSERVACIONES:**

- N.A. No aplica
- Muestra receptada en el laboratorio

**RESPONSABLE DEL INFORME:**

  
Dr. Mauricio Álvarez  
RESPONSABLE TÉCNICO

LABORATORIO DE ANALISIS AMBIENTAL  
E INSPECCION  
LAB - CESTTA  
ESPOCH

  
Dra. Nancy Veloz M.  
JEFE DE LABORATORIO

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

Página 2 de 2  
Edición 1