



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

## **FACULTAD DE INGENIERÍA**

### **ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

Tratamiento de aguas residuales en el colector Comas a través del reactor anaeróbico de flujo ascendente (RAFA) para el riego de áreas verdes en el distrito de Ventanilla, 2013-14.

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

**INGENIERO AMBIENTAL**

**AUTOR:**

**NOBLECILLA HUIMAN ENRIQUE MOISÉS.**

**ASESOR:**

**Mag. Ing. ROSA DEIFILIA RODRIGUEZ ANAYA**

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

**TRATAMIENTO Y GESTIÓN DE LOS RESIDUOS**

**LIMA- PERÚ**

**2014**

Presidente(a)

.....

.....

FIRMA

Secretario(a):

.....

.....

FIRMA

Vocal:

.....

.....

FIRMA

## **DEDICATORIA**

A mi familia, a mi novia, profesores y compañeros de trabajo, quienes fueron partícipes en la lucha para lograr un desarrollo personal y profesional, a los futuros profesionales y a los protectores ambientales de nuestro planeta.

## AGRADECIMIENTO

En primer lugar agradezco a Dios por bendecirme y acompañarme en todo momento de mi lucha, permitiéndome alcanzar una de mis metas anheladas.

A mi padre Julio Segundo Noblecilla Ipanaque, quien en vida logró fomentar en mí la búsqueda del éxito. Gracias por tu amistad y sabios consejos, mi gran amigo, consejos que llevé a la práctica y que gracias a ello tu plan para conmigo se cumplió. Logré culminar lo que empezó junto con tu partida. Tu visión siempre me sorprendió y hoy padre, tu visión se cumplió. Gracias a tu motivación hoy tengo una profesión.

A mi madre Gala Carolina, a quien estaré siempre agradecido por su inmenso amor hacia mí, y por el coraje que demostró para encaminarme y poder ser lo que hoy soy, te agradeceré eternamente por tu comprensión, por tu apoyo y por tu valentía, porque lograste darme una profesión y porque siempre me acompañaste en buenos y malos tiempos de mi carrera, alentándome siempre con una sonrisa. Gracias Mamá.

A mis hermanos Maggie Carolina y Julio César mis grandes ejemplos de vida y quienes nunca dejaron de apostar por mí, gracias por su apoyo, por sus palabras y por su colaboración, les estaré siempre agradecido mis hermanos.

A Leslie Mosquera por su enorme compromiso en el apoyo de la elaboración de mi tesis y su constante muestra de amor, alentando mi esfuerzo.

Un especial agradecimiento a los docentes que me formaron y supieron corregir, gracias por brindarme sus conocimientos y gracias por este tiempo que compartimos juntos. A mis compañeros de trabajo, quienes siempre creyeron en mi persona y que gracias a sus permisos pude obtener resultados en mi investigación, agradezco sus palabras motivadoras y su apoyo incondicional como grupo profesional.

## DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo Enrique Moisés Noblecilla Huiman Con DNI N° 44938270, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de ingeniería, Escuela de ingeniería ambiental, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica.

Así mismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Lima,..... del 2014.

---

Enrique Moisés Noblecilla Huiman

## **PRESENTACIÓN**

Señores miembros del Jurado: En cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo presento ante ustedes la Tesis titulada " Tratamiento de aguas residuales en el colector Comas a través del reactor anaeróbico de flujo ascendente (RAFA) para el riego de áreas verdes en el distrito de Ventanilla, 2013-14.", la misma que someto a vuestra consideración y espero que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el título Profesional de Ingeniería Ambiental.

Noblecilla Huiman Enrique Moisés (El Autor)

## ÍNDICE GENERAL

I.	INTRODUCCIÓN.....	1
	Antecedentes .....	3
	Justificación.....	7
	Marco teórico.....	8
1.1	Problema.....	19
	1.1.1. Problema general.....	19
	1.1.2. Problema específico.....	19
1.2	Objetivos.....	20
	1.2.1 Objetivo general.....	20
	1.2.2 Objetivo específico.....	20
II.	MARCO METODOLÓGICO.....	20
2.1.	Hipótesis.....	20
	2.1.1 Objetivo general.....	20
	2.1.2 Objetivo específico.....	20
2.2.	Variables.....	21
	2.2.1 Variable Independiente.....	21
	2.2.2 Variable Dependiente.....	21
2.3.	Operacionalización de las variables.....	21
2.4.	Metodología.....	22
	2.4.1 Prototipo de Reactor Anaeróbico de Flujo Ascendente.....	22
	2.4.1.1 Consideraciones para el sistema de tratamiento.....	22
	2.4.1.2 Factores Principales como garantía para la eficiencia del R.A.F.A.....	22
	2.4.1.3 Diseño y Construcción del R.A.F.A.....	23
	2.4.2 Geometría del Reactor.....	25
	2.4.2.1 Calculo de las dimensiones del reactor.....	26
	2.4.2.2 Cálculos de la dimensión de la campana separadora Gas-Sólido-Líquido	28
	2.4.2.3 Diagrama para análisis de coliformes totales, usando el medio de cultivo caldo florocult.....	31
	2.4.3 Diseño final del Reactor anaeróbico de flujo ascendente.....	34

2.4.4 Alternativas para regar áreas verdes en Lima.....	36
2.4.5 Selección De Alternativa para el riego de áreas verdes en Lima .....	36
2.5. Tipo de estudio.....	38
2.6. Diseño de investigación.....	38
2.7 Población y muestra .....	39
2.7.1 Población .....	39
2.7.2 muestra.....	41
2.7.3 Unidad de análisis.....	41
2.7.4 Criterios de inclusión .....	41
2.7.5 Criterios de exclusión .....	42
2.8. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	42
2.8.1 Instrumentos para la recolección de datos in situ .....	42
2.9. Métodos de análisis de datos.....	43
2.9.1 Diseño del RAFA.....	43
2.9.2 Procesamiento de datos.....	43
2.9.3 Pruebas de laboratorio .....	44
2.9.4 Presentación de datos .....	45
2.10. Aspectos éticos.....	45
III. RESULTADOS .....	46
3.1 Arranque del reactor .....	46
3.2 Resultados del monitoreo .....	46
3.2.1. Calidad Del Agua.....	47
3.2.2 Resultados de línea base (colector comas).....	49
3.2.3 Resultados Microbiológicos con uso de caldo florocult.....	52
3.2.3.1 Resultados de análisis microbiológico para coliformes totales – medición en campo .....	52
3.2.4 Resultados fisicoquímicos correspondientes al DBO <sub>5</sub> .....	56
IV. DISCUSIÓN.....	58
V. CONCLUSIONES .....	59
VI. RECOMENDACIONES .....	60
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	61
VIII. ANEXOS .....	63

## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1: Actividad metanogénica específica aproximada y concentración de SSV de lodos anaeróbicos de varias fuentes .....	12
TABLA 2: LMP de coliformes fecales y DBO <sub>5</sub> en cuerpos de agua por tipo de uso.....	14
TABLA 3: LMP para los efluentes de PTAR .....	15
TABLA 4: Estándares de Calidad Ambiental – Categoría 3 – Riego de Vegetales y bebidas de animales .....	15
TABLA 5: Operacionalización de las variables .....	21
TABLA 6: Valores aproximados de carga orgánica volumétrica en relación a la temperatura... 25	25
TABLA 7: Datos conocidos en el criterio de diseño.....	26
TABLA 8: Resumen de guías tentativas para el diseño del dispositivo separador GSL.....	28
TABLA 9: Alternativas para regar áreas verdes en Lima .....	36
TABLA 10: Costos de inversión en dólares por tecnología de tratamiento en relación al caudal tratado y población. ....	37
TABLA 11: Ubicación de los puntos de muestreo .....	41
TABLA 12: Metodología para cada parámetro analizado en laboratorio .....	44
TABLA 13: Condiciones iniciales para la puesta en marcha del reactor .....	46
TABLA 14: Códigos y descripción de los puntos de muestreo .....	47
TABLA 15: Resultados obtenidos a partir del monitoreo de agua correspondiente al colector comas y luego del tratamiento del agua residual en el prototipo de reactor anaeróbico de flujo ascendente. ....	48
TABLA 16: Resultados In Situ.....	49
TABLA 17: Resultados de análisis microbiológico .....	53
TABLA 18: Resultados de análisis fisicoquímico (DBO <sub>5</sub> ).....	56

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1: Esquema del RAFA y mantos de lodos.....	10
FIGURA 2: Esquema del RAFA como proceso unitario en una planta de tratamiento.....	30
FIGURA 3: Formación de gas en la campana durham .....	32
FIGURA 4: Índice del NMP y límite confiable de 95% para varias combinaciones de resultados positivos y negativos cuando se usan: 5 tubos con porciones de 10 cm <sup>3</sup> en cada uno, 5 con porciones de 1 cm <sup>3</sup> y 5 con porciones de 0.1 cm.....	33
FIGURA 5: Diseño del prototipo de R.A.F.A. (Campana GSL) .....	34
FIGURA 6: Diseño del prototipo de R.A.F.A.....	35
FIGURA 7: Ubicación del colector comas .....	39
FIGURA 8: Vía de acceso al colector .....	40
FIGURA 9: RAFA-EF-01 (Colector Comas.).....	40
FIGURA 10: Pantalla de calibración del multiparametro WTW. ....	42
FIGURA 11: Resultados de parámetros físico químicos .....	49
FIGURA 12: Resultados de parámetros Microbiológicos. ....	50
FIGURA 13: Comportamiento del pH .....	51
FIGURA 14: Comportamiento de la T (°C). ....	52
FIGURA 15: Análisis microbiológico con uso de caldo florocult para la detección de coliformes totales .....	53
FIGURA 16: Viales con caldo florocult.....	54
FIGURA 17: Resultados de coliformes totales en sus 3 corridas.....	55
FIGURA 18: Resultados para DBO <sub>5</sub> luego de la última corrida de análisis. ....	56

## RESUMEN

En el presente trabajo de investigación se asumió como objetivo, generar información importante la cual evidenció la eficiencia de un sistema de tratamiento de aguas residuales que permitió reutilizar el agua residual del colector comas previo tratamiento, para el riego de áreas verdes en el distrito de Ventanilla. Para ello se analizó cuantitativamente la calidad del agua residual y la del agua tratada del colector comas por medio del prototipo de reactor anaeróbico de flujo ascendente. Se analizaron distintos casos para la selección del método de tratamiento de las aguas residuales en el colector comas, seleccionando una tecnología o método de tratamiento al reactor anaeróbico de flujo ascendente, aplicándolo a nivel piloto con una muestra representativa del agua residual del colector comas. Este método de tratamiento en el presente estudio valida su utilización para la disminución de carga orgánica, método que logró recuperar aguas residuales a aguas de categoría 3 para parámetros analizados como lo fueron los coliformes totales y la demanda bioquímica de oxígeno, parámetros que lograron alcanzar los estándares de calidad ambiental para la categoría 3 debido a la recirculación en el sistema de tratamiento.

Palabras clave: Estándares, anaeróbico, recirculación.

## ABSTRACT

In the present research was assumed to be objective, generate important information which showed the efficiency of a system of wastewater treatment allowing reuse waste water commas collector pretreatment for irrigation of green areas in the district of Ventanilla. For this purpose the waste water quality of treated water and the collector by commas prototype upflow anaerobic reactor was quantitatively analyzed. Different cases for the selection of the method of treatment of waste water in the collector were analyzed commas selecting a technology or method of treatment upflow anaerobic reactor, applying a pilot basis with a representative sample of the waste water collector commas. This method of treatment in this study validates their use for reducing organic load method that managed to recover sewage waters Category 3 parameters were analyzed as total coliforms and biochemical oxygen demand, which achieved the parameters environmental quality standards for category 3 due to the recirculation in the treatment system.

Keywords: Standards, anaerobic, recirculation.