



**DEPARTAMENTO  
DE POSGRADOS**

**Departamento de Posgrados**

**Título del trabajo de graduación:** Caracterización del agua residual de la planta de tratamiento de agua residual de Ucubamba, Cuenca mediante el protocolo STOWA

**Título de cuarto nivel a obtener:** Magister en Hidrosanitaria

**Autores:** Jorge Luis Barrera Zúñiga  
Fabián David Serrano Bajaña

**Directora del Trabajo:** María Belén Arévalo Durazno

**Cuenca, Ecuador 2024**

## DEDICATORIA

Quiero dedicar este proyecto de titulación con todo mi corazón a todas las personas que han sido mis rocas, mis luces y mi mayor inspiración a lo largo de mi camino. Cada paso que he dado, cada logro alcanzado, ha sido gracias al apoyo inquebrantable y al amor incondicional que he recibido de quienes me rodean.

A mis padres, les agradezco desde lo más profundo de mi ser. Sus enseñanzas y su infinito amor han sido los cimientos sobre los cuales he construido mi camino. Son el ejemplo viviente de entrega y dedicación, y sin su guía, no estaría donde estoy hoy.

A mis hermanos y al resto de mi familia, les agradezco por el cariño sincero, los recuerdos felices compartidos, la complicidad inquebrantable y la fe depositada en mí. Cada momento vivido junto a ustedes ha sido un regalo precioso que atesoro en lo más profundo.

A mis amigos, les tengo una deuda de gratitud eterna por su lealtad y confianza. Ustedes son mi familia elegida, aquellos que han estado a mi lado compartiendo risas, lágrimas y sueños. Su amistad ha sido el bálsamo en los momentos difíciles y una fuente inagotable de alegría en los momentos de felicidad.

Y a ti, Fabián de hace 11 años, quiero dedicarte un espacio especial en este homenaje. Tu valentía y tu capacidad para sobreponerte a las adversidades han sido una inspiración constante para mí. Tu determinación y resiliencia me recuerdan constantemente que cualquier desafío puede ser superado con perseverancia y fe.

A ustedes les debo todo. Prometo dedicar el resto de mi vida a seguir creciendo como persona y poder a retribuirles al menos una fracción del amor, alegría e inspiración que me han brindado. Este trabajo no solo es mío, sino de todos los que han dejado una huella imborrable en mi corazón. Les agradezco infinitamente.

**Fabián David Serrano Bajaña**

## DEDICATORIA

A mis queridos padres, que con esfuerzo, amor y constancia han moldeado mi carácter y guiado mis pasos hacia la persona de valores, responsabilidad y capacidad profesional que soy hoy. Siempre llevarán un lugar especial en mi corazón.

A mis amados hermanos, por ser ejemplos a seguir, por enseñarme el valor de superarse, ser buenos hijos y destacar como profesionales.

A ti, Erika, mi futura esposa, tu apoyo constante ha llenado mi vida de paz, amor y ha sido la razón fundamental para alcanzar mis metas.

Y a usted, abuelita Ligia, la guardiana de mis recuerdos más preciados, siempre presente en mi corazón, velando por mí desde que tengo memoria. Esta dedicatoria, principalmente, es para usted.

**Jorge Luis Barrera Zúñiga**

## **AGRADECIMIENTOS**

Quiero expresar mi profundo agradecimiento a Dios por el regalo de la vida y por la oportunidad de alcanzar este hito en mi carrera. Anhelo fervientemente seguir el camino que Él ha trazado para mí.

A mis padres Alexandra y Fabián; gracias por creer en mí y apoyarme durante toda mi vida, por haberme inculcado la importancia de los valores como la humildad, respeto y trabajo duro; por todos sus sabios consejos, y por ser el mejor ejemplo y los mejores padres que pudiese desear.

Y a la Universidad del Azuay, le expreso mi profundo agradecimiento por haber sido parte crucial de mi crecimiento tanto académico como personal.

### **Fabián David Serrano Bajaña**

Agradezco a Dios por darme salud, bendecirme con una familia maravillosa y poner en mi camino personas que han sido un sólido apoyo en Su nombre. También le doy gracias por la oportunidad de crecer profesionalmente con el propósito de servir al prójimo, una bendición que valoro profundamente.

Con todo amor y gratitud.

### **Jorge Luis Barrera Zúñiga**

Queremos expresar un agradecimiento especial a nuestra directora de tesis, la Ing. Belén Arévalo, por brindarnos la oportunidad de llevar a cabo este proyecto de graduación bajo su orientación, ofreciéndonos su ayuda y conocimientos de manera incondicional en todo momento. Agradecemos también al Ing. Andrés Alvarado y al Ing. Josué Larriva por ser parte de nuestro tribunal, por guiarnos en la realización del proyecto y por sus valiosos consejos para alcanzar el mejor desempeño posible. Asimismo, extendemos nuestro agradecimiento al Ing. Paúl Torres de la empresa ETAPA EP, por su colaboración constante con la información necesaria para el desarrollo de esta investigación.

## RESUMEN

La caracterización de aguas residuales es esencial para determinar el tratamiento más efectivo en una PTAR. Este proceso implica el fraccionamiento de la materia orgánica, donde el protocolo STOWA, basado en principios físico-químicos, permite dividir la MO en cuatro fracciones principales; que incluyen partes inerte y biodegradable, tanto solubles como particuladas. En este estudio, se aplicó la metodología STOWA para caracterizar el agua cruda que ingresa a la PTAR de Ucubamba en Cuenca, Ecuador; posteriormente se aplicó la metodología de la Fracción Soluble Biodegradable Respirimétrica (SsR) con fines comparativos. Se utilizaron datos históricos de monitoreo y se llevaron a cabo campañas de muestreo de agua residual. Se emplearon métodos físico-químicos y biológicos para determinar la DQO y DBO. Las constantes de cinética de primer orden KDBO promedio fueron de  $0.27 \text{ d}^{-1}$  para muestras originales y  $0.25 \text{ d}^{-1}$  para muestras filtradas, con desviaciones estándar bajas, lo que respalda su utilización para estimar la DBO<sub>u</sub> junto con la DBO<sub>5</sub> obtenida por respirometría. Los factores promedio entre parámetros, como DBO<sub>5</sub>/DQO (0.47), DBO<sub>5</sub>/DBO<sub>u</sub> (0.73) y DBO<sub>u</sub>/DQO (0.64), sugieren que el factor DBO<sub>5</sub>/DBO<sub>u</sub> es estadísticamente más confiable, proponiendo su aplicación como alternativa al método iterativo de la cinética de la DBO. Además, se realizó con éxito el fraccionamiento de la DQO con resultados promedios de Si (14%), Ss (6%), Xs (64%) y Xi (16%) para la metodología STOWA y Si (6%), Ss (17%), Xs (53%) y Xi (24%) para la metodología SsR. Se recomienda ajustar los procedimientos para mejorar la separación de la fracción coloidal.

**Palabras clave:** Fraccionamiento de la Demanda Química de Oxígeno - DQO, Protocolo STOWA - Asociación Holandesa de Investigación Aplicada al Agua, Respirometría, Planta de Tratamiento de Aguas Residuales - PTAR, Demanda Bioquímica de Oxígeno - DBO, Cinética de Primer Orden, Fracción Soluble Biodegradable – Ss, Materia Orgánica - MO.

Ing. María Belén Arévalo Durazno. M.Sc.

**Directora del Trabajo de Titulación**

### ABSTRACT

Wastewater characterization is essential for determining the most effective treatment in a WWTP. This process involves the fractionation of organic matter, where the STOWA protocol, based on physicochemical principles, allows dividing the OM into four main fractions; including inert and biodegradable parts, both soluble and particulate. In this study, the STOWA methodology was applied to characterize the raw water entering the Ucubamba WWTP in Cuenca, Ecuador; subsequently, the Respirometric Soluble Biodegradable Fraction (SsR) methodology was applied for comparative purposes. Historical monitoring data were used, and wastewater sampling campaigns were carried out. Physicochemical and biological methods were used to determine COD and BOD. The average first-order kinetic constants KDBO were  $0.27 \text{ d}^{-1}$  for original samples and  $0.25 \text{ d}^{-1}$  for filtered samples, with low standard deviations, supporting their use to estimate BOD<sub>u</sub> alongside BOD<sub>5</sub> obtained by respirometry. Average factors between parameters, such as BOD<sub>5</sub>/COD (0.47), BOD<sub>5</sub>/BOD<sub>u</sub> (0.73), and BOD<sub>u</sub>/COD (0.64), suggest that the BOD<sub>5</sub>/BOD<sub>u</sub> factor is statistically more reliable, proposing its application as an alternative to the iterative method of BOD kinetics. Additionally, successful COD fractionation was carried out with average results of Si (14%), Ss (6%), Xs (64%), and Xi (16%) for the STOWA methodology and Si (6%), Ss (17%), Xs (53%), and Xi (24%) for the SsR methodology. Adjustments to procedures are recommended to improve the separation of the colloidal fraction.

**Keywords:** COD - Chemical Oxygen Demand Fractionation, Dutch Association for Applied Water Research - STOWA Protocol, Respirometry, Wastewater Treatment Plant - WWTP, Biochemical Oxygen Demand - BOD, First-order Kinetics, Soluble Biodegradable Fraction - Ss, Organic Matter - OM.

Ing. María Belén Arévalo Durazno. M.Sc.

**Directora del Trabajo de Titulación**