



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL**

**ESCUELA ACADEMICA PROFESIONAL DE INGENIERIA  
AMBIENTAL**

**Fotocatálisis heterogénea con dióxido de titanio  
para reducir contaminación de aguas con mercurio por la minería informal en  
Río Seco – Carabayllo 2015**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO AMBIENTAL**

**AUTOR.**

Edward Werner Escobar Condor

**ASESOR.**

Ing. Ábner Chávez Leandro

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN.**

Conservación y Manejo de la Biodiversidad

LIMA – PERÚ

AÑO 2015

JURADOS

---

JURADO 1

**Doc. Chavez Leandro, Abner**

---

JURADO 2

**Mag. Suarez Alvites, Hayde**

---

JURADO 1

**Doc. Ordoñez chavez, Juan Julio**

## DEDICATORIA

A mi madre quien cada noche espera mi llegada para relajarme esa sonrisa que me llevo a este momento, a mi asesor quien oriento mi camino desde el inicio. A mis amigos gracias.

**Escobar Condor, Edward Werner**

## AGRADECIMIENTO

Las gracias serán infinitas sobre todo para mi familia, mi mama Jacinta Condor Malpica, que con todo su amor me guio por este camino, mis tíos gracias a su formación siempre me alejaron del mal camino y mis amigos quienes nunca dejan de creer en uno y por perseguir el alcanzar el sueño.

Agradezco a mis compañeros de esta escuela de estudios, la mejor lección vino de mis propios compañeros y a mi asesor Ing. Abner Chávez Leandro por la confianza y el apoyo brindado formando parte de este éxito.

Agradezco de manera especial a mi amigo Luis Espinoza Vílchez y a la Q. F. Mónica Retuerto Guadalupe quienes me brindaron su apoyo incondicional en el desarrollo de la presente investigación, brindándome sus conocimientos y experiencias para el presente desarrollo del este proyecto.

**Escobar Condor Edward Werner**

## DECLARACION DE AUTENTICIDAD

Yo Edward Werner Escobar Condor con DNI N° 42287053 a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería Ambiental, 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, Diciembre del 2015

---

**Escobar Condor, Edward Werner**

## PRESENTACIÓN

Señores miembros del Jurado:

En cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo presento ante ustedes la Tesis titulada **“FOTOCATÁLISIS HETEROGÉNEA CON DIÓXIDO DE TITANIO PARA REDUCIR CONTAMINACIÓN DE AGUAS CON MERCURIO POR LA MINERÍA INFORMAL EN RÍO SECO – CARABAYLLO 2015”**, la misma que someto a vuestra consideración y espero que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el título Profesional de Ingeniero Ambiental.

**Escobar Condor Edward Werner**

## INDICE

	página
DECLARACION DE AUTENTICIDAD	v
PRESENTACIÓN	vi
INDICE	vii
LISTA DE TABLAS	ix
LISTA DE FIGURAS	x
LISTA DE GRAFICOS	xi
Resumen	xii
Abstrac	xiii
I. INTRODUCCION	1
1.1 Realidad Problemática	2
1.2 Trabajos previos	4
1.3 Teorías relacionadas al tema	5
1.3.1. Fotocatálisis Heterogénea	5
1.3.2. Reactor tipo Batch	6
1.3.3. pH	6
1.3.4. Dióxido de Titanio TiO <sub>2</sub>	7
1.3.5. Mercurio	8
1.3.6. Marco Legal	9
1.4 Formulación del problema	10
1.4.1. Problema General	10
1.4.2. Problemas Específicos	10
1.5 Justificación del estudio	11
1.6 Hipótesis	13
1.6.1. Hipótesis nula	13
1.6.2. Hipótesis específica	13
1.7 Objetivos	13
1.7.1. Objetivo general	13
1.7.2. Objetivo específico	14
II. MÉTODO	15
2.1 Diseño de investigación	16
1.1.1. De acuerdo al tipo de diseño:	16
1.1.2. De acuerdo su temporalidad:	16
2.2 Variables, operacionalización	16
2.3 Población y muestra	17
1.3.1. Población	17
1.3.2. Muestra	17
2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad	17
1.4.1. Técnicas	17
1.4.2. Instrumentos:	18
1.4.3. Validación y confiabilidad del instrumento	18
2.5 Métodos de análisis de datos	18
2.6 Aspectos éticos	18
III. RESULTADOS	20
3.1 Técnica utilizada para Fotocatálisis Heterogénea	21

3.2	Etapas desarrolladas en el laboratorio	21
3.3	Resultados de los análisis de laboratorio	26
IV.	DISCUSIÓN	31
V.	CONCLUSIÓN	33
VI.	RECOMENDACIONES	35
VII.	REFERENCIAS	37
	ANEXOS	41



## LISTA DE TABLAS

Tabla 01:	Operacionalización de variables	24
Tabla 02:	Muestras para los tratamientos	25
Tabla 03:	Etapas para el desarrollo de la investigación	26
Tabla 04:	Análisis Inicial del Mercurio	34
Tabla 05:	Consolidado de Análisis obtenidos	34
Tabla 06:	Reducción del mercurio en mg/L y rendimiento en % de eficiencia	36
Tabla 09:	Análisis descriptivo con 95% de intervalo de confianza de la media	36
Tabla 10:	Análisis de varianza con ANOVA	38
Tabla 11:	Pruebas post hoc – Subconjuntos homogéneos	38

## LISTA DE FIGURAS

Figura 01 y 02:	canal de regadío y muestra de agua tomada	30
Figura 03:	Pesaje del Dióxido de titanio en balanza analítica	30
Figura 04 y 05:	Construcción artesanal de la base del reactor tipo Batch	30
Figura 06 y 07:	Pruebas iniciales del reactor artesanal tipo Batch	30
Figura 08 y 09	Forrado interior con papel aluminio del reactor artesanal tipo Batch	31
Figura10 y 11:	Mezcla de las concentraciones para los tratamientos	32
Figura 12:	Tratamiento sometido a 08 horas de exposición con radiación UV con el reactor Artesanal Tipo Batch	33
Figura 13 y 14:	Envasado en recipientes para el análisis	33

## LISTA DE GRAFICOS

Grafico 01:	Nivel de oxidación del mercurio con una concentración de 0.4034 gr/0.5 L de Dióxido de Titanio	35
Grafico 02:	Nivel de oxidación del mercurio con una concentración de 0.5018 gr/0.5 L de Dióxido de Titanio	35
Grafico 03:	Nivel de oxidación del mercurio con una concentración de 0.6020 gr/0.5 L de Dióxido de Titanio	35
Grafico 04:	Tratamiento 01 con 0.0058 de Desviación estándar	37
Grafico 05:	Tratamiento 02 con 0.0058 de Desviación estándar	37
Grafico 06:	Tratamiento 03 con 0.0058 de Desviación estándar	37
Grafico 07:	Tendencia potencial con una media armónica de 3	38

## Resumen

La presente investigación tiene como propósito determinar si con la técnica fotocátalisis heterogénea se puede reducir concentraciones de mercurio presentes en el agua contaminada por la minería artesanal en río seco distrito de Carabaylo. Los tratamientos se realizaron con Dióxido de titanio a pH 2 y sometido a una radiación ultravioleta de 253.5 nm de longitud de onda por un periodo de 08 horas continuas. El rendimiento fue obtenido al finalizar los tratamientos. De la investigación se determinó que el mercurio si se puede reducir mediante la técnica fotocátalisis heterogénea con dióxido de titanio; el tratamiento 01 logró reducir el nivel de mercurio a 0.020 mg/L con una concentración de 0.40 g/0.5L de dióxido de titanio; el tratamiento 02 redujo el nivel de mercurio a 0.014 mg/L con una concentración de 0.50 g/0.5L de dióxido de titanio y el tratamiento 03 redujo el nivel de mercurio a 0.011 mg/L con una concentración de 0.60 g/0.5/L de dióxido de titanio siendo este último el más eficiente, el análisis inicial del agua contaminada correspondía a 0.097 mg/L. Por otro lado el mercurio reducido no alcanza la calidad de agua para riego categoría III, según el ECAs aprobado con D.S. 002-2008 MINAM.

**Palabras Claves:** Dióxido de titanio, Mercurio y Fotocatálisis heterogénea.

## Abstrac

This research aims to determine whether the heterogeneous photocatalysis technique can reduce mercury concentrations in water contaminated by artisanal mining in Río Seco village at Carabayllo district. Treatments were performed with titanium dioxide to pH 2 and subjected to ultraviolet radiation of 253.5 nm wavelength during 08 hours. The yield was obtained at the end of the treatments. From the investigation it was determined that mercury can be reduced by heterogeneous photocatalysis technique with titanium dioxide; Treatment N° 01 managed to reduce the level of mercury 0.020 mg / L with a concentration of 0.40 g / 0.5L of titanium dioxide; treatment N° 02 reduced the mercury level to 0.014 mg / L with a concentration of 0.50 g / 0.5L of titanium dioxide and treatment N° 03 reduced the mercury level to 0.011 mg /L with a concentration of 0.60 g0.5 / L titanium dioxide latter being more efficient, the initial analysis of contaminated water corresponded to 0.097mg / L. On the other hand the mercury reduced in water not reach the quality of water for irrigation category III, according to the FFS approved DS MINAM 002-2008.

**Keywords:** Titanium Dioxide , Mercury and heterogeneous photocatalysis.