

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de **INGENIERÍA AMBIENTAL**

**“INFLUENCIA DE LA ADSORCIÓN DE LA ZEOLITA Y  
CARBÓN ACTIVADO EN LA REMOCIÓN DE CROMO EN  
EFLUENTES INDUSTRIALES DE CURTIEMBRE EN LA  
PROVINCIA DE TRUJILLO EN EL AÑO 2022”**

Tesis para optar el título profesional de:

**INGENIERA AMBIENTAL**

**Autor:**

Claudia Alexandra Haro Eustaquio

**Asesor:**

Ing. Luis Enrique Alva Díaz

<https://orcid.org/0000-0003-0470-5908>

Trujillo - Perú

**JURADO EVALUADOR**

Jurado 1 Presidente(a)	<b>Ing. Elvar Renato Miñano Mera</b>	<b>18130961</b>
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 2	<b>Ing. Ronald Alvarado Obeso</b>	<b>44562630</b>
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 3	<b>Ing. Wilberto Effio Quezada</b>	<b>42298402</b>
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

## Tabla de contenido

JURADO CALIFICADOR	2
DEDICATORIA	3
AGRADECIMIENTO	4
TABLA DE CONTENIDO	5
ÍNDICE DE TABLAS	6
ÍNDICE DE FIGURAS	7
ÍNDICE DE ECUACIONES	8
RESUMEN	9
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	10
1.1. Realidad problemática	10
1.2. Formulación del problema	20
1.3. Objetivos	20
1.4. Hipótesis	21
CAPÍTULO II: METODOLOGÍA	22
CAPÍTULO III: RESULTADOS	35
CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	44
REFERENCIAS	50
ANEXOS	56

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Sistemas de Experimentación con Zeolita y Carbón activado en aguas residuales de curtiembre.....	30
Tabla 2 Resultados de la remoción del Cromo al aplicarse la Zeolita y Carbón activado.....	35
Tabla 3 Estadísticos de dispersión de la remoción del Cromo.....	36
Tabla 4 Prueba de esfericidad de varianzas de Mauchly .....	37
Tabla 5 ANOVA de efectos intra-sujetos de factores .....	37
Tabla 6 ANOVA de efectos inter-sujetos de los tratamientos .....	38
Tabla 7 Estadísticos de dispersión para el factor tratamientos.....	38
Tabla 8 Comparación por parejas en el factor tratamientos.....	39
Tabla 9 Estadísticos de dispersión para el factor semanas.....	39
Tabla 10 Comparación por parejas en el factor semanas .....	39
Tabla 11 Prueba T de Student .....	40
Tabla 12 Porcentajes de remoción de cromo total en el sistema G1 - Zeolita. ....	41
Tabla 13 Porcentajes de remoción de cromo total en el sistema G2 - Carbón Activado. ....	41
Tabla 14 Comparación de los valores obtenidos en el G1 – Zeolita según los Valores Máximos Admisibles del Decreto Supremo N° 010-2019-VIVIENDA. ....	42
Tabla 15 Comparación de los valores obtenidos en el G2 – Carbón Activado según los Valores Máximos Admisibles del Decreto Supremo N° 010-2019-VIVIENDA.....	42

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Boceto de los dos Grupos Experimentales. G1 contiene 1kg de Zeolita tipo clinoptilolita, G2 contiene 1kg de Carbón Activado.....	31
Figura 2 Remoción del cromo al aplicarse la Zeolita en semana 0 y semana 2.....	35
Figura 3 Remoción del cromo al aplicarse el carbón activado en semana 0 y semana 2.....	36

## ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1 Porcentaje de Remoción .....	30
---	----

## RESUMEN

La presente investigación pretende evaluar la influencia de la adsorción de la zeolita y carbón activado en la remoción de cromo en efluentes industriales de curtiembre. El tipo de investigación tiene un enfoque cuantitativo, nivel explicativo y de diseño experimental, siendo el método hipotético deductivo y experimental puro. Para el presente estudio se construyó dos sistemas experimentales, el primero a base de zeolita pura (G1) y el segundo a base de carbón activado (G2), realizándose dos mediciones (semana 0 y después de 2 semanas) y 6 experimentos (repeticiones) de cada sistema. En cada experimento se realizó la caracterización de las muestras teniendo en cuenta el parámetro cromo total. Los análisis de los parámetros mencionados se realizaron usando la metodología de EPA Method 200.7, Rev. 4.4, los cuales se realizaron en un laboratorio acreditado por el INACAL. Finalmente, se demostró la influencia significativa de la zeolita y el carbón activado con la prueba paramétrica *T Student* y el método del ANOVA; se determinó los porcentajes de adsorción en cada sistema, siendo el más adsorbente el primer sistema a base de zeolita y los valores de los parámetros se compararon con los VMA's del D.S 010-2019-VIVIENDA.

**PALABRAS CLAVES:** zeolita, carbón activado, remoción de cromo, adsorción.

## **NOTA**

El contenido de la investigación no se encuentra disponible en **acceso abierto**, por determinación de los propios autores amparados en el Texto Integrado del Reglamento RENATI, artículo 12.

## REFERENCIAS

- Aguilar, Y., Rodríguez, S., Fernández, E., & Cabrera, E. (2017). Tratamiento de residuales líquidos de tenerías utilizando membranas. Scientific Electronic Library Online (SciELO), 38 (1), 113-127.  
[http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1680-03382017000100009#:~:text=Estas%20consisten%20en%20dos%20etapas,de%20membranas%20v%C3%ADtreas%20y%20zeol%C3%ADticas.](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1680-03382017000100009#:~:text=Estas%20consisten%20en%20dos%20etapas,de%20membranas%20v%C3%ADtreas%20y%20zeol%C3%ADticas.)
- Bansal, R & Goyal, M. (2005). Adsorción de Carbón Activado.  
<http://www.elaguapotable.com/Manual%20del%20carb%C3%B3n%20activo.pdf>
- Calderón, A., López, V., & Siete, C. (2016). Estudio comparativo de la aplicación de zeolita activada y carbón activado en el tratamiento de aguas residuales de la fabricación de pinturas base agua. Universidad de El Salvador. El Salvador.  
<http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/12509/1/Estudio%20comparativo%20de%20la%20aplicaci%C3%B3n%20de%20Zeolita%20activada%20y%20Carb%C3%B3n%20activo%20en%20el%20tratamiento%20de%20aguas%20residuales%20de%20la%20fabricaci%C3%B3n%20de%20pinturas%20base%20agua.pdf>
- Castiblanco, Y., & Perilla, A. (2019). Remoción de cromo hexavalente en aguas residuales proveniente de procesos de cromado de plásticos en empresas de Bogotá. Universidad Cooperativa de Colombia. Colombia.  
<https://repository.ucc.edu.co/server/api/core/bitstreams/fcf9d32f-d056-426e-8cf9-30b4b8b934e8/content>
- Cerón, P. (2011). Estudio de un sistema físico-químico a escala prototipo de tratamiento de aguas residuales provenientes de una curtiembre. Universidad de San Francisco de Quito. Ecuador. <https://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/1248/1/101733.pdf>

- Chávez, Á. (2010). Descripción de la nocividad del cromo proveniente de la industria curtiembre y de las posibles formas de removerlo. *Redalyc*, 9 (17), 41-50.  
[http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1692-33242010000200004#:~:text=Los%20diversos%20compuestos%20de%20cromo,d e%20eliminaci%C3%B3n%20es%20muy%20lenta.](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-33242010000200004#:~:text=Los%20diversos%20compuestos%20de%20cromo,d e%20eliminaci%C3%B3n%20es%20muy%20lenta.)
- Diario La República. (2021). Arequipa: Parque Industrial Río Seco no para de contaminar quebrada de Añashuayco. <https://larepublica.pe/sociedad/2021/12/27/arequipa-parque-industrial-rio-seco-no-para-de-contaminar-quebrada-de-anashuayco-lrsd>
- Escuela Politécnica de la Universidad de Sevilla. (2009). Manual del Carbón Activado. España.  
<http://www.elaguapotable.com/Manual%20del%20carb%C3%B3n%20activo.pdf>
- Fierro, V., & Ramírez, P. (2016). EVALUACIÓN DEL PROCESO DE REMOCIÓN DE HIERRO POR MEDIO DE LA ZEOLITA CLINOPTILOLITA EN EL TRATAMIENTO D E AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES (tesis de pregrado). Fundación Universidad de América. Bogotá.  
<https://repository.uamerica.edu.co/handle/20.500.11839/834>
- Hernández-Sampieri, R., & Mendoza, C. (2018). Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. Editorial Mc Graw Hill Education.  
[https://books.google.com.pe/books?id=5A2QDwAAQBAJ&dq=hern%C3%A1ndez+sampieri&hl=es&sa=X&redir\\_esc=y](https://books.google.com.pe/books?id=5A2QDwAAQBAJ&dq=hern%C3%A1ndez+sampieri&hl=es&sa=X&redir_esc=y)
- Lagos, L. (2016). Bioadsorción de cromo con borra de café en efluentes de una industria curtiembre local. <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/6727>
- Larrea, C. (2015). Aplicación de un filtro de zeolita para potabilización del agua a nivel domiciliario en el sitio la Palestina, cantón el Guabo, provincia de El Oro. Unidad

Académica de Ingeniería Civil. Universidad Técnica de Machala. Ecuador.

<http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/3120>

Lavado, C., Sun, M., & Bendezu, S. (2010). Adsorción de plomo de efluentes industriales usando carbones activados con  $H_3PO_4$ . Scientific Electronic Library Online (SciELO), 76 (2).

[http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1810-634X2010000200007](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2010000200007)

Martín, D., & Velazquez, M. (2012). Comparación de dos muestras de zeolita en la adsorción de humedad y remoción de olores. INFOMIN, 4(1), 21-31.

<https://xdoc.mx/preview/infomin-pp-21-31-2012-centro-de-investigaciones-para-la-5e67f6b92ec9c>

Martínez, S., & Romero, J. (2016). Revisión del estado actual de la industria de las curtiembres en sus procesos y productos: un análisis de su competitividad.

Universidad Militar Nueva Granada. Colombia. Redalyc

<https://doi.org/10.18359/rfce.2357>

Maya, E. (2014). Métodos y técnicas de investigación. Universidad Nacional Autónoma de

México. <http://www.librosoa.unam.mx/handle/123456789/2418>

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2013). Resolución Ministerial N° 273-2013-VIVIENDA: Aprueban el Protocolo de Monitoreo de la Calidad de los

Efluentes de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o

Municipales – PTAR. Perú.

<http://www3.vivienda.gob.pe/direcciones/Documentos/anexo-rm-273-2013-vivienda.pdf>

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2019). Decreto Supremo N° 010-2019- Vivienda. Perú.

<https://busquedas.elperuano.pe/download/url/decreto-supremo-que-aprueba-el-reglamento-de-valores-maximos-decreto-supremo-n-010-2019-vivienda-1748339-3>

Núñez, Y. (2009). Estudio de una zeolita natural del tipo clinoptilolita activada y no activada y su actividad en la deshidratación de alcoholes. Tesis de Licenciatura. Cumaná, Departamento de Química, Universidad de Oriente Núcleo de Sucre.  
<http://201.249.180.234/handle/123456789/3214>

OEFA. (2014). FISCALIZACIÓN AMBIENTAL EN AGUAS RESIDUALES.  
<https://centroderecursos.cultura.pe/sites/default/files/rb/pdf/Brochure%20Aguas%20Residuales%20CS5%20AM%20final%20individual.pdf>

Oficina Nacional de Normalización. (2012). Norma Cubana 27:2012 - Vertimiento de Aguas Residuales A Las Aguas Terrestres y Al Alcantarillado. Especificaciones. Cuba.

Organización de las Naciones Unidas. (2015). WATER FOR A SUSTAINABLE WORLD.  
ISBN: 978-92-3-100080-5 (set), 978-92-3-100071-3.  
<http://unesdoc.unesco.org/images/0023/002318/231823E.pdf>

Prías, J., Rojas, C., Echeverry, A., Fonthal, G., & Ariza, H. (2011). Identificación de las variables óptimas para la obtención de carbón activado a partir del precursor GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH. Scientific Electronic Library Online (SciELO), 35 (135): 157-166.  
[http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0370-39082011000200004](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0370-39082011000200004)

- Revelo, A., Proaño, D., & Banchón, C. (2015). Biocoagulación de aguas residuales de industria textilera mediante extractos de *Caesalpinia spinosa*. Universidad Tecnológica Equinoccial. Ecuador.  
<http://ingenieria.ute.edu.ec/enfoqueute/index.php/revista/article/download/50/54/>
- Reyes, C., Lobo, M. & Feher, S. (2009) Informe Aspectos Ambientales, Legales y Socioeconómicos Curtiembres. Ministerio de Industria y Turismo. Presidencia de la Nación; Secretaria de Industria y Turismo; Unidad de medio Ambiente, UMA. Argentina.
- Rivas, G., & Chuquipoma, R. (2017). Remoción de cromo (VI) usando zeolita tipo clinoptilolita modificada con fierro (II) en soluciones de agua residuales. Universidad Nacional de Trujillo.  
[https://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/9883/RivasSanchez\\_G%20-%20ChuquipomaTavara\\_R.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/9883/RivasSanchez_G%20-%20ChuquipomaTavara_R.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Sánchez, J., & Lujano, E. (2000). “Desarrollo de un Proceso para la Remoción y Recuperación de Iones Cr (III) en Efluentes de Tenerías”, presentado en XXVII Congreso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental, Porto Alegre.  
<https://docplayer.es/92694499-I-desarrollo-de-un-proceso-para-la-remocion-y-recuperacion-de-iones-cr-iii-en-efluentes-de-tenerias.html>
- Vera, I., Rojas, M., Chávez, W., & Arriaza, B. (2015). EVALUACIÓN DE MATERIALES FILTRANTES PARA EL REÚSO EN AGRICULTURA DE AGUAS RESIDUALES TRATADAS PROVENIENTES DE ZONAS ÁRIDAS. Scientific Electronic Library Online (SciELO), 26 (1), 5-19.

Villamarín, D. (2017). Estudio De Un Filtro Biológico Para El Control De Efluentes Generados En Una Quesera En La Parroquia Mulaló-Cantón Latacunga, A Base De Piedra Caliza, Canutillos De Cerámica, Zeolita Y Carbón Activado Granular De Cá Scara De Coco (tesis de pregrado). Universidad Técnica de Ambato, Ecuador.

<http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/25959/1/Tesis%201148%20-%20Villamar%C3%ADn%20Naranjo%20Diego%20Xavier.pdf>

Wang, S., & Peng, Y. (2010). Natural zeolites as effective adsorbents in water and wastewater treatment. Chemical Engineering Journal, 156, 11-24.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1385894709007219>

Zacarías, H., & Supo, J. (2020). Metodología de la investigación científica. Amazon Digital Services.

[https://books.google.com.pe/books?id=WruXzQEACAAJ&dq=metodolog%C3%A9a+de+investigaci%C3%B3n+cient%C3%ADfica&hl=es&sa=X&redir\\_esc=y](https://books.google.com.pe/books?id=WruXzQEACAAJ&dq=metodolog%C3%A9a+de+investigaci%C3%B3n+cient%C3%ADfica&hl=es&sa=X&redir_esc=y)