



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL

Diseño y construcción de una torre de empaque para la remoción de sulfuro de hidrógeno en aguas residuales de curtiembre – Laboratorio UCV, 2018

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniera Ambiental

AUTOR:

Castro Putpañi, Katherine Vanessa

ASESORA:

Mg. Rita Cabello Torres

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

LIMA – PERÚ

2018

El Jurado encargado de evaluar la tesis presentada por don (a).....

cuyo título es: Diseño y construcción de una torre de empaque para la remoción de sulfuro de hidrógeno en aguas residuales de curtiembre - laboratorio UCV, 2018

Reunido en la fecha, escuchó la sustentación y la resolución de preguntas por el estudiante, otorgándole el calificativo de: .18.....
(Número) Dionexho..... (letras).

Lima.....14.....de diciembre del 2018



.....
Mg. Fernando A. Sernaqué Aucchuasi

PRESIDENTE



.....
Mg. César F. Honores Balcázar

SECRETARIO



.....
Mg. Rita J. Cabello Torres

VOCAL

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante de la Dirección / Vicerrectorado de Investiación y Calidad	Aprobó	Rectorado
---------	----------------------------	--------	--	--------	-----------

Dedicatoria

Esta investigación es dedicada principalmente al forjador de mi camino, a nuestro Padre Celestial, El que me acompaña y siempre me levanta de mi continuo tropiezo.

A mi madre Iris por todo su amor y paciencia, a mi padre Leoncio por su apoyo y motivación para el término de mi carrera universitaria.

Con mucho amor para ustedes.

Agradecimientos

A mi casa de estudios, Universidad César Vallejo por abrir este espacio de formación académica de suma importancia, a mis docentes y a las personas que hicieron posible el desarrollo de esta investigación.

Declaratoria de autenticidad

Yo Katherine Vanessa Castro Putpañi con DNI N° 48488894, 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 Profesional de Ingeniería Ambiental, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica.

Asimismo, 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, 14 de diciembre del 2018



Katherine Vanessa Castro Putpañi
DNI: 48488894

Presentación

Señores miembros del jurado, en cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo presento ante ustedes la tesis titulada **“Diseño y construcción de una torre de empaque para la remoción de sulfuro de hidrogeno en aguas residuales de curtiembre – Laboratorio UCV, 2018”**, cuyo objetivo fue evaluar la capacidad de remoción de sulfuro de hidrógeno contenido en aguas residuales de curtiembre a partir de un diseño y construcción de una torre empacada, que someto a vuestra consideración y espero que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el título profesional de Ingeniera Ambiental. La investigación consta de seis capítulos. En el primer capítulo se detalla algunos trabajos previos que ayudan como referencia, algunas teorías aplicadas a esta investigación, además se plantea los objetivos; en el segundo capítulo se muestra el diseño de la investigación, las técnicas y los métodos de análisis de datos, en el tercer capítulo se detalla los resultados de esta investigación junto a su interpretación detallada. En el cuarto capítulo se explica la discusión y comparación con investigaciones anteriores que tengan relación entre sí. En el quinto capítulo se presenta las conclusiones para cada objetivo específico. En el sexto capítulo se detalla algunas recomendaciones que se podrían aplicar para la mejora de investigaciones futuras en relación a la actual.

Katherine Vanessa Castro Putpañi

48488894

Resumen

En la presente tesis, se evaluó la capacidad de remoción de sulfuro de hidrógeno contenido en aguas residuales de curtiembre a partir de una torre empacada, lo cual fue diseñada a través de ecuaciones matemáticas para su posterior construcción.

La torre de empaque fue diseñada a escala piloto para una capacidad de 3L/min de agua para una remoción de 95% del contaminante, con un diámetro de 0.125 m y una altura de 1.25 m, se usó como relleno de la torre anillos rashing de cerámica de 16mm x 16mm.

El sistema fue construido usando Acero inoxidable AISI 304 con una altura total de 1.60 m dividida en tres partes, la parte superior tiene 20cm de altura con tres perforaciones para la entrada del agua y salida del gas, el cuerpo de la torre donde ocurre la transferencia de masa tiene una altura de 1.25m y finalmente, el fondo de la torre mide 20 cm de altura también con tres perforaciones para salida del agua y entrada del gas.

Para evaluar la capacidad de remoción, se trabajó con una muestra de agua recogida de la etapa de pelambre previamente tratada para evitar que los sedimentos e impurezas provenientes de dicha etapa ingresen a la torre y pueda dañar básicamente a los anillos de cerámica junto al proceso de operación, la muestra de agua tuvo una concentración de sulfuros de 5, 529 mg/L, el ingreso del agua ayudada por una bomba de 0.5 HP fue por la parte superior de la torre, usando un rotámetro se controló el flujo de agua siendo constante a 3L/min y por el fondo de la torre se inyectó aire a distintos flujos: 17, 18,19 y 20 L/min. Para que la remoción ocurra ambos flujos ingresan en contracorriente produciéndose una transferencia de masa entre componentes que están en contacto alrededor de 10 a 15 min originándose un proceso de desorción, operación en la cual una mezcla líquida se pone en contacto con un gas para disolver uno o más componentes del líquido y obtener una solución de estos en el gas.

De los resultados que se obtuvo fue que con un flujo de aire de 17 L/min ocurrió una remoción de 83.07%, con 18 L/min un 90.63%, con 19L/min un 92.96% y con 20L/min un 97.79% concluyendo que con un flujo mayor de 20L/min la remoción fue mayor, pero si aumenta el flujo de gas la caída de presión puede ser mayor y la torre puede llegar a la condición de inundación.

Palabras clave: desorción, transferencia de masa, torre de empaque, remoción, sulfuro de hidrógeno.

Abstract

In this thesis, the capacity of removal of hydrogen sulphide contained in tannery wastewater from a packed tower was evaluated, which was designed through mathematical equations for its later construction.

The packing tower was designed at pilot scale for a capacity of 3L / min of water for a removal of 95% of the contaminant, with a diameter of 0.125 m and a height of 1.25 m, it was used as filling of the tower ceramic rashing rings 16mm x 16mm.

The system was built using AISI 304 stainless steel with a total height of 1.60 m divided into three parts, the upper part is 20cm high with three perforations for the water inlet and gas outlet, the body of the tower where the transfer occurs of mass has a height of 1.25m and finally, the bottom of the tower measures 20 cm in height also with three perforations for water outlet and gas inlet.

To evaluate the removal capacity, we worked with a sample of water collected from the previously treated scalp to prevent sediment and impurities from that stage from entering the tower and basically damaging the ceramic rings along with the process of operation, the water sample had a sulphides concentration of 5, 529 mg / L, the water intake helped by a 0.5 HP pump was by the top of the tower, using a rotameter the water flow was controlled being constant at 3L / min and at the bottom of the tower air was injected at different flows: 17, 18, 19 and 20 L / min. For the removal to take place, both flows enter countercurrent, producing a mass transfer between components that are in contact for about 10 to 15 minutes, resulting in a desorption process, in which a liquid mixture is put in contact with a gas to dissolve one. or more components of the liquid and obtain a solution of these in the gas.

From the results obtained was that with an air flow of 17 L / min a removal of 83.07% occurred, with 18 L / min a 90.63%, with 19L / min a 92.96% and with 20L / min a 97.79% concluding that with a greater flow of 20L / min, the removal was greater, but if the gas flow increases, the pressure drop can be greater and the tower can reach the flood condition.

Keywords: desorption, mass transfer, packing tower, removal, hydrogen sulfide.

Índice general

I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Realidad problemática	3
1.2 Trabajos previos	4
1.3 Teorías relacionadas al tema	8
1.3.1 Industria curtiembre	8
1.3.2. Sulfuro de hidrogeno (H ₂ S).....	12
1.3.3. Transferencia de masa	14
1.3.4. Concepto de desorción.....	15
1.3.5. Torre empacada	17
1.4. Formulación del problema	25
1.5. Justificación del estudio:.....	25
1.6. Hipótesis.....	26
1.7. Objetivos.....	26
II. MÉTODO	27
2.1 Diseño de la investigación	28
2.2 Variables, Operacionalización	29
2.2.1 Variables.....	29
2.2.2 Operacionalización de las variables	29
2.2.3 Matriz de Operacionalización de las variables.....	30
2.3 Población y muestra	31
2.3.1 Población.....	31
2.3.2 Muestra.....	31
2.3.3 Muestreo.....	31
2.4 Técnicas, Instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad	31
2.4.1 Técnicas de recolección de datos.....	31
2.4.2 Instrumentos de recolección de datos	32
2.4.3 Validez y confiabilidad.....	32
2.5 Métodos de análisis de datos	33
2.6. Aspectos éticos	48
III. RESULTADOS	49
IV. DISCUSIÓN	57
V. CONCLUSIONES	59
VI. RECOMENDACIONES	60
VII. REFERENCIAS	62
ANEXOS	68

Índice de tablas

Tabla N° 1: Límites Máximos Permisibles (LMP) de efluentes para alcantarillado del sector curtiembre	10
Tabla N°2: Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para aire	11
Tabla N°3: Parámetros físicos, químicos y Biológicos de aguas residuales de una curtiembre	11
Tabla N°4: Solubilidad del sulfuro de hidrógeno en agua	13
Tabla N°5: Condiciones de la ciudad de Lima	18
Tabla N°6: Propiedades de los componentes.....	18
Tabla N°7: Constante de Henry para H ₂ S en agua a 25 C°	19
Tabla N°8: Características de los empaques aleatorios	25
Tabla N°9: Matriz de operacionalización de las variables.....	30
Tabla N°10: Validez y confiabilidad	32
Tabla N°11: Flujos de gas de entrada y salida en Kmol/s.....	36
Tabla N°12: Caída de presión para flujo de gas de 13 L/min.....	37
Tabla N°13: Caída de presión para flujo de gas de 14 L/min.....	38
Tabla N°14: Caída de presión para flujo de gas de 15 L/min.....	38
Tabla N°15: Caída de presión para flujo de gas de 16 L/min.....	39
Tabla N°16: Caída de presión para flujo de gas de 17 L/min.....	39
Tabla N°17: Caída de presión para flujo de gas de 18L/min.....	40
Tabla N°18: Caída de presión para flujo de gas de 19L/min.....	40
Tabla N°19: Caída de presión para flujo de gas de 20 L/min.....	41
Tabla N°20: Curva de equilibrio y línea de operación para un flujo de gas de 20 LPM	43
Tabla N°21: Integración del	44
Tabla N°22: Alturas para diseño de la torre de empaque para flujos de gas de 17, 18,19 y 20 L/min.....	45
Tabla N°23: Condiciones hidráulicas de la torre para distintos flujos de gas	50
Tabla N°24: Dimensiones finales para la construcción de la torre de empaque.....	50
Tabla N°25: Remoción de H ₂ S usando la torre de empaque	54
Tabla N°26: Límite Máximo Permisible para descarga de efluentes de aguas residuales industriales VS la concentración final de la muestra de agua después de usar la torre de empaque.....	56

Índice de figuras

Figura N° 1: Proceso de producción de cuero	9
Figura N°2: Operación de un desorbedor	16
.Figura N°3: Torre empacada con sus accesorios	17
Figura N°4: Inundación y caída de presión en torres con empaques al azar (correlación generalizada de Eckert)	21
Figura N°5: Líneas de operación para un desorbedor	23
Figura N°6: Torre empacada junto a sus flujos de operación	35
Figura N°7: Curva de equilibrio y línea de operación para un flujo de gas de 20 L/min ⁴³	
Figura N°8: Propuesta de diseño de una torre empacada para la remoción de H ₂ S en aguas residuales de curtiembre	47

Índice de gráficas

Gráfica N°1: Diámetro VS flujo de gas.....	51
Gráfica N°2: Caída de presión VS flujo de gas	52
Gráfica N°3: Altura teórica de la torre VS flujo de gas.....	53
Gráfica N°4: Remoción de H ₂ S VS flujo de aire	54
Gráfica N°5: % de remoción VS % de remoción experimental	55

Índice de anexos

Anexo N° 1: Matriz de consistencia	69
Anexo N° 2: Fichas de validación	70
Anexo N° 3: Instrumento de recolección de datos	75
Anexo N° 4: Cadena de custodia para el análisis de H ₂ S en agua de curtiembre	77
Anexo N° 5: Informes oficiales de los análisis de H ₂ S en agua de curtiembre.....	79
Anexo N° 6: Diseño propuesto de torre empacada a escala piloto.....	81

Yo, **Rita Jaqueline Cabello Torres** docente de la Facultad Ingeniería y Escuela Profesional Ingeniería Ambiental de la Universidad César Vallejo Lima Este. (Precisar filial o sede), revisor (a) de la tesis titulada

"..... *Diseño y construcción de una torre de empaque para la remoción de sulfuro de hidrógeno en aguas residuales de curtiembre - laboratorio UCV, 2018*

.....", del (de la) estudiante *Katherine Vanessa Castro Putpani*

....., constato que la investigación tiene un índice de similitud de *.15::%* verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

El/la suscrito (a) analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

Lima, 14 de diciembre del 2018



Mg. Rita Jaqueline Cabello Torres

DNI: 08947396

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante de la Dirección / Vicerrectorado de	Aprobó	Rectorado
---------	----------------------------	--------	---	--------	-----------