



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

## FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

*“Reducción de Aluminio y Zinc mediante tratamientos de Electrodiálisis a diferentes condiciones, para mejorar la calidad de efluentes de un laboratorio farmacéutico, Chorrillos – 2018”*

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERA AMBIENTAL

AUTORA:

HIDALGO CESPEDES, Merly Geraldine

ASESOR:

Dr. Ing. Elmer, Benites Alfaro

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

CALIDAD Y GESTIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES

LIMA-PERÚ

2018



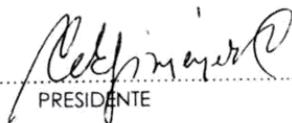
ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS

Código : F07-PP-PR-02.02  
Versión : 09  
Fecha : 23-03-2018  
Página : 1 de 1

El Jurado encargado de evaluar la tesis presentada por don (a) MERLY GERALDINE HIDALGO CESPEDES cuyo título es: "**Reducción de Aluminio y Zinc mediante tratamientos de Electrodiálisis a diferentes condiciones, para mejorar la calidad de efluentes de un laboratorio farmacéutico, Chorrillos - 2018**"

Reunido en la fecha, escuchó la sustentación y la resolución de preguntas por el estudiante, otorgándole el calificativo de: 16 (número)  
D.E.C.I.S.S.I.S (letras).

Los Olivos 10 de Diciembre del 2018

  
PRESIDENTE

  
SECRETARIO



  
VOCAL

Representante de la Dirección /

### **Dedicatoria**

El presente trabajo de investigación está dedicado en primer lugar a Dios, por permitirme presentarme ante ustedes, del mismo modo que a mis padres, que me brindaron su apoyo incondicional durante todo este periodo, además de mi familia, y en especial a mi hija Priscila que es mi mayor motivo para superarme día a día. Y también dedicarle mi trabajo a mi cantante favorito Peter Gene Hernández o Bruno Mars, que me acompañó con su música durante todo el proceso de realización de mi trabajo.

## **Agradecimientos**

Agradezco principalmente a mi familia, a mis padres, a mis hermanos, por su apoyo, confianza y el apoyo brindado para cumplir mis objetivos.

Al Ing. Elmer Benites por su apoyo, paciencia y dedicación, por brindarme su experiencia y aconsejarme de forma correcta para la realización del trabajo hoy presentado.

## **DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD**

Yo, MERLY GERALDINE HIDALGO CESPEDES, estudiante de pre-grado de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad César Vallejo, identificada con DNI: 47189224 y código universitario: 6700146491, con la tesis titulada: “REDUCCIÓN DE ALUMINIO Y ZINC MEDIANTE TRATAMIENTOS DE ELECTRODIÁLISIS A DIFERENTES CONDICIONES PARA MEJORAR LA CALIDAD DE EFLUENTES DE UN LABORATORIO FARMACÉUTICO, CHORRILLOS”.

Declaro bajo juramento que el presente tema de la tesis presentada para la obtención del Título de Ingeniero Ambiental, es original, siendo resultado de mi trabajo personal, el cual no he copiado de otro trabajo de investigación, ni utilizado ideas, fórmulas, ni citas completas. Caso contrario, menciono de forma clara y exacta su origen o autor, tanto en el cuerpo del texto, figuras, cuadros, tablas u otros que tengan derechos de autor.

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 .....

---

HIDALGO CESPEDES Merly Geraldine

## **PRESENTACIÓN**

Señores miembros del jurado:

En cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, presento ante ustedes la tesis titulada “REDUCCIÓN DE ALUMINIO Y ZINC MEDIANTE TRATAMIENTOS DE ELECTRODIÁLISIS A DIFERENTES CONDICIONES, PARA MEJORAR LA CALIDAD DE EFLUENTES DE UN LABORATORIO FARMACÉUTICO, CHORRILLOS”, la misma que someto a vuestra consideración y espero que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el Título de Ingeniero Ambiental.

## INDICE

Dedicatoria.....	III
Agradecimientos.....	IV
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD.....	V
PRESENTACIÓN.....	VI
RESUMEN.....	XIV
SUMMARY.....	XV
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 REALIDAD PROBLEMÁTICA.....	2
1.2 TRABAJOS PREVIOS.....	3
1.3 TEORIAS RELACIONADAS AL TEMA.....	8
1.4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	16
1.4.1 Problema General.....	16
1.4.2 Problemas Específicos.....	16
1.5 JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO.....	17
1.6 HIPÓTESIS.....	19
1.6.1 Hipótesis General.....	19
1.6.2 Hipótesis Específicas.....	19
1.7 OBJETIVOS.....	20
1.7.1 Objetivo General.....	20
1.7.2 Objetivos Específicos.....	20
II. MÉTODO.....	21
2.1 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....	21
2.1.1. Tipo de Investigación.....	21
2.1.2. Nivel de Investigación.....	21
2.2 MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN.....	22
2.3 POBLACIÓN Y MUESTRA.....	24
2.3.1 Población.....	24
2.3.2 Muestra.....	24
2.3.3 Muestreo.....	24
2.3.4 Unidad de análisis.....	25
2.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS, VALIDEZ Y CONFIABILIDAD.....	27

2.4.1	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS ...	27
2.4.2	INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS .....	30
2.4.3	VALIDEZ Y CONFIABILIDAD DEL INSTRUMENTO .....	30
	DESARROLLO DE LAS ETAPAS DE INVESTIGACIÓN .....	31
2.5	MÉTODOS DE ANÁLISIS DE DATOS .....	39
2.6	ASPECTOS ÉTICOS .....	39
III.	RESULTADOS .....	40
3.1.	ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE LA MUESTRA ANTES DEL TRATAMIENTO.....	40
3.1.1.	Pruebas Organolépticas .....	40
3.1.2.	Pruebas Físico – Químicas .....	42
3.1.3.	Condiciones de Operación.....	49
3.2.	ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE LAS MUESTRAS DESPUES DEL TRATAMIENTO.....	51
3.2.1.	Pruebas Organolépticas .....	51
3.2.2.	Pruebas Físico - Químicas .....	52
3.2.3.	PORCENTAJE DE REDUCCIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE ALUMINIO EN LAS MUESTRAS ANALIZADAS.....	59
3.2.4.	PORCENTAJE DE REDUCCIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE ZINC EN LAS MUESTRAS ANALIZADAS .....	62
3.3.	ANÁLISIS INFERENCIAL .....	67
3.3.1.	PRUEBA DE NORMALIDAD DE LOS DATOS .....	67
3.3.2.	PRUEBA DE T PARA MUESTRAS RELACIONADAS .....	69
IV.	DISCUSIÓN.....	72
V.	CONCLUSIÓN .....	74
VI.	RECOMENDACIONES .....	76
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	77
	ANEXOS.....	82
	Anexo 01 .....	82
	Ficha N° 1 - Hoja de Análisis In Situ .....	82
	Anexo 02 .....	83
	Ficha N° 2 - Hoja de Análisis Ex Situ .....	83
	Anexo 03 .....	84
	Ficha N° 3 – Características del tratamiento de Electrodiálisis .....	84

Anexo 04 .....	85
Ficha N° 5 – Características Físicas después del Tratamiento .....	85
Anexo 05 .....	86
Ficha N° 6 – Características Químicas después del tratamiento .....	86
Anexo 06 .....	87
Análisis antecedente de las muestras de agua del laboratorio .....	87
Anexo 07 .....	89
Análisis inicial del pozo sin residuos de producción alguna .....	89
Anexo 08 .....	90
Análisis de la muestra antes de aplicar el tratamiento .....	90
Anexo 08 .....	91
Análisis de las muestras luego de aplicar los tratamientos.....	91

## INDICE DE FIGURAS

<b>N° DE FIGURA</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>PÁGINA</b>
<b>Figura 1</b>	Esquema general de Electrodiálisis	9
<b>Figura 2</b>	Tambora de Recolección de Agua Residual	25
<b>Figura 3</b>	Ubicación del Laboratorio Farmacéutico	31
<b>Figura 4</b>	Pozo de Recolección y toma de muestras	33
<b>Figura 5</b>	Toma de Muestras Iniciales	33
<b>Figura 6</b>	Toma de muestras para análisis	34
<b>Figura 7</b>	Análisis In Situ	34
<b>Figura 8</b>	Preparación y montaje del equipo	35
<b>Figura 9</b>	División de muestras para análisis	36
<b>Figura 10</b>	Electrodiálisis – Tratamiento 1	36
<b>Figura 11</b>	Electrodiálisis – Tratamiento 2	37
<b>Figura 12</b>	Electrodiálisis – Tratamiento 3	37
<b>Figura 13</b>	Muestras Rotuladas luego del tratamiento	38
<b>Figura 14</b>	Muestras para envío a Laboratorio	38
<b>Figura 15</b>	Muestra para análisis In situ	40
<b>Figura 16</b>	Instrumentos para análisis Ex Situ	44

## INDICE DE GRÁFICOS

<b>N° DE GRAFICO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>PÁGINA</b>
<b>Gráfico 1</b>	Variación de Sólidos Suspendidos Totales en las muestras por Tratamiento	52
<b>Gráfico 2</b>	Comportamiento de la Turbidez en las muestras por Tratamiento	55
<b>Gráfico 3</b>	Variación del pH en las muestras por Tratamiento	56
<b>Gráfico 4</b>	Variación del Oxígeno Disuelto en las muestras por Tratamiento	57
<b>Gráfico 5</b>	Variación de la Concentración de Aluminio en las muestras por Tratamiento	59
<b>Gráfico 6</b>	Variación de la Concentración de Zinc en las muestras por Tratamiento	62
<b>Gráfico 7</b>	Variación del DBO por Tratamiento	64
<b>Gráfico 8</b>	Variación del DQO por Tratamiento	66
<b>Gráfico 9</b>	Prueba de Normalidad en la Concentración Final de Aluminio después de aplicar los tratamientos	67
<b>Gráfico 10</b>	Prueba de Normalidad en la Concentración Final de Zinc después de aplicar los tratamientos	68

## INDICE DE TABLAS

<b>N° DE TABLA</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>PÁGINA</b>
<b>Tabla 1</b>	Efectos del Zinc en los Usos del Agua de Riego	11
<b>Tabla 2</b>	Toma de Muestras	23
<b>Tabla 3</b>	Metodología de Extracción y Distribución de muestras	26
<b>Tabla 4</b>	Esquema De Investigación	27
<b>Tabla 5</b>	Promedio De Validación	30
<b>Tabla 6</b>	Coordenadas del Laboratorio Farmacéutico	31
<b>Tabla 7</b>	Coordenadas del punto de Muestreo	32
<b>Tabla 8</b>	Condiciones para la Aplicación del Tratamiento de Electrodiálisis	35
<b>Tabla 9</b>	Resultado de las pruebas de Olor de las muestras a tratar.	40
<b>Tabla 10</b>	Resultado de las pruebas de Color de las muestras iniciales	41
<b>Tabla 11</b>	Resultado de las pruebas de olor de las muestras iniciales	41
<b>Tabla 12</b>	Resultado de las pruebas de pH de las muestras iniciales	42
<b>Tabla 13</b>	Resultado de las pruebas de Conductividad de las muestras iniciales	43
<b>Tabla 14</b>	Resultado de las pruebas de Temperatura de las muestras a tratar.	43
<b>Tabla 15</b>	Resultado de las pruebas de Sólidos Suspendidos Totales de las muestras a tratar	44
<b>Tabla 16</b>	Resultado de las pruebas de Turbidez de las muestras a tratar.	45
<b>Tabla 17</b>	Resultado de las pruebas de Oxígeno Disuelto de las muestras iniciales	45
<b>Tabla 18</b>	Resultado de las pruebas de concentración de Aluminio de las muestras iniciales	46
<b>Tabla 19</b>	Resultado de las pruebas de concentración de Zinc de las muestras iniciales	47
<b>Tabla 20</b>	Resultado de las pruebas de DBO de las muestras iniciales	47
<b>Tabla 21</b>	Resultado de las pruebas de DQO de las muestras iniciales	48
<b>Tabla 22</b>	Condiciones del Tratamiento 3	49
<b>Tabla 23</b>	Condiciones del Tratamiento 2	49
<b>Tabla 24</b>	Condiciones del Tratamiento 1	50
<b>Tabla 25</b>	Resultado de las pruebas de Olor de las muestras a tratadas	51

<b>Tabla 26</b>	Resultado de las pruebas de Color de las muestras a tratadas	51
<b>Tabla 27</b>	Resultado de las pruebas de Sólidos Suspendidos Totales de las muestras a tratadas	52
<b>Tabla 28</b>	Resultado de las medidas de Temperatura de las muestras a tratadas	53
<b>Tabla 29</b>	Resultado de las medidas de Temperatura de las muestras a tratadas	54
<b>Tabla 30</b>	Resultado de las medidas de pH de las muestras a tratadas	55
<b>Tabla 31</b>	Resultado de las medidas de Oxígeno Disuelto de las muestras a tratadas	57
<b>Tabla 32</b>	Resultado de las medidas de Concentración de Aluminio (mg/L) de las muestras a tratadas	58
<b>Tabla 33</b>	Resultado de las medidas de Concentración de Zinc (mg/L) de las muestras a tratadas	61
<b>Tabla 34</b>	Resultado de las medidas de DBO (mg/L) de las muestras a tratadas	64
<b>Tabla 35</b>	Resultado de las medidas de DQO (mg/L) de las muestras a tratadas	65
<b>Tabla 36</b>	Resultado de las Pruebas de Normalidad para evaluar la concentración de Aluminio luego de aplicar los Tratamientos	67
<b>Tabla 37</b>	Resultado de las Pruebas de Normalidad para evaluar la concentración de Zinc luego de aplicar los Tratamientos	68
<b>Tabla 38</b>	Resultado de las Pruebas T para muestras relacionadas, respecto a la concentración final de Aluminio	69
<b>Tabla 39</b>	Resultado de las Pruebas T para muestras relacionadas, respecto a la concentración final de Zinc	70

## RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo, reducir la concentración del aluminio y zinc, metales presentes en las descargas de aguas residuales de un laboratorio farmacéutico, la metodología aplicada en este trabajo fue realizada a partir de técnicas electroquímicas, específicamente mediante la aplicación del tratamiento de electrodiálisis; para lo cual se propusieron tres condiciones diferentes de trabajo. En este proyecto, se consideraron tres características distintas para cada unidad de análisis. Además para la experimentación, se estableció un periodo de toma de muestras correspondientes a una semana continua, teniendo en cuenta, que el volumen y productos elaborados sean constantes, para obtener una muestra representativa de los efluentes de la empresa, los cuales fue analizados antes de aplicar los tratamientos, obteniendo como resultados una concentración de aluminio inicial de 8.02 mg/L y una concentración inicial de Zinc de 45.94 mg/L. por lo cual se establecieron tres condiciones diferentes de tratamiento, Tratamiento 1 se empleó un tiempo de 5 min a un voltaje de 2.5 V., el Tratamiento 2, que tuvo como condiciones un tiempo de 10 min. A un voltaje de 15 V y finalmente el Tratamiento 3, para un tiempo de 15 min a un voltaje de 25 V. obteniendo como resultados que las condiciones adecuadas para aplicar el tratamiento de Electrodiálisis sobre estas muestras, fueron las condiciones del tratamiento 2, ya que presento una eficiencia del 89.8 % para el Aluminio y el 99.23 % para el Zinc.

**PALABRAS CLAVE:** Electroquímica, Electrodiálisis, Zinc, Aluminio, Voltaje

## SUMMARY

The objective of this research was to reduce the concentration of aluminum and zinc, metals present in wastewater discharges from a pharmaceutical laboratory. The methodology applied in this work was carried out using electrochemical techniques, specifically through the application of electro dialysis treatment. ; For which three different work conditions were proposed. In this project, three different characteristics were considered for each unit of analysis. In addition, for experimentation, a sampling period corresponding to a continuous week was established, taking into account that the volume and products produced are constant, in order to obtain a representative sample of the company's effluents, which were analyzed before apply the treatments, obtaining as results an initial aluminum concentration of 8.02 mg / L and an initial Zinc concentration of 45.94 mg / L. for which three different treatment conditions were established, Treatment 1 was used a time of 5 min at a voltage of 2.5 V., Treatment 2, which had as conditions a time of 10 min. At a voltage of 15 V and finally Treatment 3, for a time of 15 min at a voltage of 25 V. Obtaining as a result that the adequate conditions to apply the Electro dialysis treatment on these samples, were the conditions of treatment 2, since that I present an efficiency of 89.8% for Aluminum and 99.23% for Zinc.

KEYWORDS: Electrochemistry, Electro dialysis, Zinc, Aluminum, Voltage

## I. INTRODUCCIÓN

La industria farmacéutica es un sector que viene incrementándose desde el siglo XIX, cuando los primeros boticarios, experimentaron de forma natural la extracción de sustancias, con propiedades analgésicas, a través de procesos simples como el secado y la molienda. Hoy en día las tecnologías empleadas para la extracción y preparación de productos farmacéuticos son mucho más complejas, lo que también nos permite imaginar la cantidad de desechos que generan.

A menudo, los diferentes laboratorios farmacéuticos, no cuentan con planes o cronogramas de control de efluentes o emisiones, que permitan conocer e identificar los componentes que están descargando, es por ello que es necesario identificar y estudiar cual es el efecto y comportamiento de los principales contaminantes en las aguas residuales de dicha industria.

Según, Luis Echarri (2007), que existen diversos factores evaluables que pueden indicar contaminación en el agua, entre ellos tenemos, pH, DBO, DQO, materiales en suspensión, espumas, conductividad, temperaturas, entre otros.

Hoy en día, las técnicas electroquímicas están tomando gran impulso, ya que por su manejo, disposición, fácil aplicación y efectividad, resultan ser aplicables para diversos tratamientos. Por lo cual, con información sobre los principales elementos contaminantes provenientes de los efluentes de un laboratorio farmacéutico, se aplicará principalmente un tratamiento a base de la técnica de Electrodialisis a diferentes condiciones de trabajo, las que permitirán reducir dichos compuestos hasta una cantidad aceptable o en el mejor de los casos, eliminarlos totalmente.

## 1.1 REALIDAD PROBLEMÁTICA

El estudio de la industria farmacéutica no es muy conocido, a pesar de ser uno de los sectores más importantes industrialmente. Esta no cuenta con un estudio específico sobre los compuestos que genera en sus efluentes. “Los productos farmacéuticos son compuestos complejos ampliamente utilizados en todo el planeta. Miles de moléculas activas diferentes se usan actualmente en el mundo para combatir o prevenir enfermedades, con cientos de nuevos productos que se sintetizan cada año para reemplazar otros ya obsoletos. El primer estudio sobre la contaminación por productos farmacéuticos tuvo lugar en una planta de tratamiento de residuos de Kansas City en 1976. Los resultados fueron publicados y luego ignorados por 15 años. [...] En los últimos 15 años, diferentes reportes demuestran que los fármacos representan una nueva clase de contaminantes del medio ambiente.” (QUESADA ET AL., 2009)

También por un estudio realizado, se conoce que los laboratorios farmacéuticos descargan sus aguas residuales de producción además de las del personal, con o sin tratamiento. Como medidas de la protección de las aguas y del medio ambiente, después de evaluar los puntos de diferentes descargas de aguas residuales, se hace necesaria la reducción de su contaminación mediante la aplicación de alguna técnica eficiente. Además se conoce que los análisis realizados a las mezclas de aguas residuales, indicaron que ellas son muy ácidas, también se supo que estas contienen elevadas concentraciones de compuestos orgánicos y sólidos totales. (CARIDAD, 2006).

Conforme a los informes presentados por el Ministerio de Salud y La Dirección General de Medicamentos Insumos y Drogas, en el Perú se tienen 333 laboratorios farmacéuticos registrados ante esta entidad; es por ello que al detenernos a tomar en cuenta el estudio de sus aguas residuales, como plan de mejora promovida por uno de los laboratorios farmacéuticos en Chorrillos, Lima, se generó una orden para realizar un estudio completo de sus efluentes, y se tuvo como condición de toma de muestras, planta operativa al 100 %. El propio laboratorio fue el encargado de la toma de muestras, posteriormente se llevaron las muestras a otro laboratorio certificado para realizar el análisis completo, en el cual dentro del reporte emitido,

se obtuvieron como parámetros fuera de especificación al: pH, DBO, DQO, y metales como aluminio y zinc, los cuales presentan un problema, al no cumplir con los *Valores Máximos Admisibles de las Descargas de Aguas Residuales No Domésticas*, brindados por SEDAPAL, Al tener ese número de laboratorios farmacéuticos acreditados para ejercer funciones en Perú, y evaluando la gran demanda de dichos productos en nuestro país, y conociendo que lima genera 1 millón 200 mil m<sup>3</sup> de aguas residuales por día (Diario correo, 2016). Entonces tenemos que estos compuestos residuales son generadores de serios efectos en el proceso de tratamiento en las plantas de tratamientos de aguas residuales (PTAR). Por lo cual, el presente trabajo está orientado a ofrecer y comparar la eficiencia de dos tecnologías que permitan la reducción de estos metales para su posterior descarga a las redes de alcantarillado público cumpliendo la normativa y finalmente para su re uso en el riego de parques y jardines del distrito.

## 1.2 TRABAJOS PREVIOS

En el libro *Proceedings of the First International Symposium on Water Desalination*, se presenta una breve historia sobre la evolución de las técnicas de electrodiálisis en Estados Unidos además de evaluar la posibilidad del uso de energías generadas en plantas nucleares para abastecer como fuentes a estas plantas; siendo las técnicas de electrodiálisis las principales propuestas para tratar los efluentes provenientes de zonas cloacales, además de los residuos cargados de sulfitos en plantas de producción de papel. (HOLUM Y DI LUCIO, 1965) que al día de hoy se puede comprobar que la tecnología de tratamientos de agua a través de membranas aplicando la técnica de electrodiálisis, resulta ser una de las más eficientes en el mercado.

Además en un informe presentado por un laboratorio, nos explica que para aplicar una tecnología de electrodiálisis, se debe tener en cuenta que este dispositivo utiliza un tipo especial de filtro-prensa, que consiste principalmente en el uso de membranas selectivas de aniones y cationes; que a su vez se encuentran separadas por redes inertes, que determinan la geometría del flujo; (KRATOCHVÍLA Y ŠNITA, 2014)

Es bien conocido que el problema de la contaminación de aguas por metales pesados, se da por fuentes ya sean naturales o antropogénicas, actualmente por la gran carga y demanda de producción, la contaminación es generada por fuentes antropogénicas; Según la Revista Ingeniería, Investigación y Desarrollo; indica que estudios recientes reportan la presencia de estos compuestos (metales pesados) en hortalizas, ya sean lechugas, repollo, calabaza y papas. Esto se da principalmente por el uso de aguas tratadas para los riegos de cultivos. Además también se tiene información sobre la presencia de estos metales en cierta concentración en alimentos como peces, carnes y leches, y estos son producto de la bio-acumulación en ellos. Además se sabe que por el tipo de metal o metaloide, pueden producir daños en órganos vitales hasta han llegado a producir cáncer. (REYES et al., 2016)

Además se conoce que los metales pesados principalmente aluminio, zinc y cadmio son producidos en cantidades apreciables en las etapas de los procesos productivos. Los diferentes metales se caracterizan principalmente por tener efectos bio-acumulativos causando impactos negativos sobre la salud y el ambiente, además de ser los responsables de ocasionar fuertes daños en el sistema nervioso central y periférico; y algunos pueden tener efectos carcinogénicos. “La contaminación ambiental con metales pesados, es un serio problema tanto para la salud humana como para el ecosistema, por lo que la necesidad de disminuir el impacto ambiental de los subproductos industriales debe ocupar un lugar creciente en la agenda pública [...]”. (ALDANA, E., 2014)

Gracias a estudios, se sabe que el aluminio y zinc son metales poco conocidos o usados en su forma pura, además son fácilmente solubles en el agua, y el problema principal de estos se da por su oxidación, cuando la cantidad de zinc o aluminio que está presente en el agua residual entra en contacto con gran cantidad de oxígeno, esta precipita en forma de hidróxido de aluminio e hidróxido de zinc, y este genera alteraciones en la turbidez del agua, además de la variación del pH. Otro gran problema que causa la presencia de Fe y Mn, se presenta debido a que estos elementos, son nutrientes muy importantes para un tipo de bacteria particular, la cual crece y se desarrolla a través de un proceso de metabolismo que implica el oxígeno. Estas bacterias forman grandes conglomerados de materia orgánica, de color negro-rojizo. Los cuales se desprenden y aparecen en el agua como partículas de lama, que además de perjudicar la apariencia del agua a la vista, le comunican

olores y sabores sumamente desagradables; es por ello que es necesario aplicar una técnica de remoción que permita reducirlo o eliminarlo. (ROCHA, 2009)

Desde la década de los noventa el uso de membranas ha sustituido muchos procesos de separación, y según estudios revelan que son más eficientes, con menor consumo de energía y mayor productividad. Además se conoce que las membranas fueron la inspiración a otras ciencias y tecnologías además de aportar al desarrollo del uso de polímeros. El uso de membranas es muy productivo, debido a la versatilidad de estas para adecuarlas al compuesto que se quiere reducir, es decir son de carácter selectivo. En los años 50 aproximadamente, el presidente Kennedy planteó la desalinización de agua de mar como una gran alternativa que podría cambiar al mundo, y es una opción que se ha llevado a cabo por procesos de osmosis inversa. En tanto es importante conocer la definición exacta de las membranas, se entiende por membrana a una barrera semipermeable que permite el paso de ciertas sustancias y limita a otras. En 1861 se realizaron los primeros experimentos sobre diálisis, usando membranas sintéticas. El uso de membranas de forma efectiva, requiere de ciertas condiciones tales sea como una fuerza conductora además de una fuerza de energía; gracias a estas es que las membranas pueden realizar una separación de los mismos compuestos o elementos; ya sea por tamaño, por forma, estructura entre otras. El uso de membranas, es una técnica que se adecua a las necesidades, presentando muchas ventajas comparados a otros procesos de separación. (PALACIOS, L, et al., 2014)

FENG et al., (2016), proponen una serie de tecnologías electroquímicas, como opción para la reducción de contaminantes y tratamiento de aguas residuales, en base a las opciones de eliminación o en todo caso a la transformación de los compuestos contaminantes en otros menos nocivos ambientalmente. Indican que los procesos electroquímicos son muy eficientes y pueden usarse de manera práctica, rápida y eficiente. También hacen hincapié en el proceso de oxidación electroquímica, destacando su efectividad para los tratamientos de materiales no biodegradables, además brinda información sobre técnicas de oxidación anódica, pero comparada a la técnica inicial, la oxidación electroquímica brinda mejores resultados.

En su tesis “Prototipo de una celda de electrocoagulación abastecida con energía fotovoltaica para tratamiento de aguas residuales en la industria minera” Ruiz Bello (2017), nos menciona que según evaluaciones realizadas, se propone la técnica de electrocoagulación como mecanismo eficaz en la reducción de contaminación de efluentes mineros de carbón; nos indica que la electrocoagulación es un método simple y eficiente para tratar aguas residuales, y según un trabajo previo, está comprobado que las técnicas de electrocoagulación fueron exitosas en el tratamiento de agua potable, aguas residuales textiles, aguas residuales de arena de alquitrán entre otros. Uno de las principales características de este proceso es su gran porcentaje de eficiencia en menor tiempo. Y también nos da a conocer que dentro de las principales ventajas de la aplicación de la técnica, su realización no es costosa comparado con los procesos usados en el tratamiento de aguas; además que necesita equipos de fácil adquisición y operación. No necesita gran uso de químicos, no hay gran presencia de lodos, ya que los que produce son más compactos y produce flóculos de mayor tamaño en relación a los producidos por la coagulación por el método convencional.

También se aplicaron técnicas de electrodiálisis para eliminar nitratos, tal como lo presenta López García en su tesis “Aplicación de la electrodiálisis a la eliminación de nitrato en agua” (2005) comenta que a lo largo de la evolución en tratamientos de aguas, se conocen diversos métodos para la desnitrificación, el tratamiento de electrodiálisis es un proceso el cual se realiza en un equipo especial en forma de un filtro prensa, dotado de compartimientos dotados de membranas de intercambio catiónico y aniónico, las cuales se caracterizan por permitir y denegar el paso de cationes o aniones. Siendo esta una propuesta eficiente por su selectividad.

En el 2014, se realizó la aplicación de los tratamientos de electrocoagulación en aguas contaminadas químicamente, la muestra se recolectó de las aguas residuales de un laboratorio de control de calidad de la Universidad Pontificia Bolivariana (UPB) en Colombia. Se midieron los parámetros antes y después de aplicar el tratamiento. Se realizó como medida de operación, la fragmentación de la muestra por lotes, teniendo como cantidad de muestra 1.4 litros aproximadamente por lote, se usaron electrodos de hierro y aluminio colocados de forma paralela que a su vez estuvieron conectados a una fuente de voltaje con control. Además se tomaron en

cuenta los parámetros de control de efectividad, la distancia entre electrodos y el voltaje aplicado, en su investigación se observó que a menor distancia y mayor voltaje, los resultados son más eficientes.

CASTILLO, A., LUCAS, L. (2015). Perú, realizaron una investigación evaluando los parámetros de un equipo de electrodiálisis para la recuperación de níquel a partir de efluentes galvánicos; su problemática se centró en el tratamiento de aguas residuales provenientes de los procesos de galvanoplastia, ya que las características de estas aguas, recaen en sus propiedades altamente contaminante, además de poseer características tóxicas y corrosivas. Teniendo en cuenta que la concentración del níquel dentro de los efluentes se encuentra entre 200 y 1000 ppm. Teniendo como resultados importantes un 99.2 % de separación, a una concentración inicial de sulfato de níquel de 50 ppm, con las condiciones de flujo de alimentación de 600 mL/min, potencial eléctrico de 15 V y concentración de lavado de electrodos de 0.03 M, ya que para la realización del proyecto se trabajó en rangos de concentraciones de 50 ppm, 100 ppm y 200 ppm a flujos de 400 mL/min, 500 mL/min t 600 mL/min; en voltajes de 5 V, 10 V y 15 V, a diferentes concentraciones de lavado de electrodos. Todos estos experimentos fueron realizados a base de muestras preparadas de concentraciones conocidas, cuando se llevó a cabo el procedimiento para muestras de aguas residuales provenientes de los procesos de galvanoplastia, se obtuvo, trabajando a las mismas condiciones que las de los blancos; 50 ppm de concentración inicial a las condiciones de flujo de 600 mL/min, potencial eléctrico de 15 V y concentración de lavado de electrodos de 0.03 M, que el porcentaje de recuperación fue de un 99.4 %.

MEDINA, J (2009). Lima. Realizo un estudio mediante la técnica de electrodiálisis para la desalinización de aguas salobres, explica que la electrodiálisis es una técnica que permite la separación de iones a través del transporte de estos, sobre membranas selectivas mediante un potencial eléctrico. Teniendo como propósito comprobar que la técnica aplicada puede generar resultados positivos sobre la problemática de escases de agua que actualmente atravesamos mundialmente. La investigación se realizó teniendo en cuenta factores de control y factores de ruido. Se utilizó seis membranas de intercambio catiónico FTCM-E y cinco membranas de intercambio aniónicos FTAM-E, un ánodo de titanio y un cátodo de acero, una fuente eléctrica de rangos de 0 a 30 Voltios; los experimentos

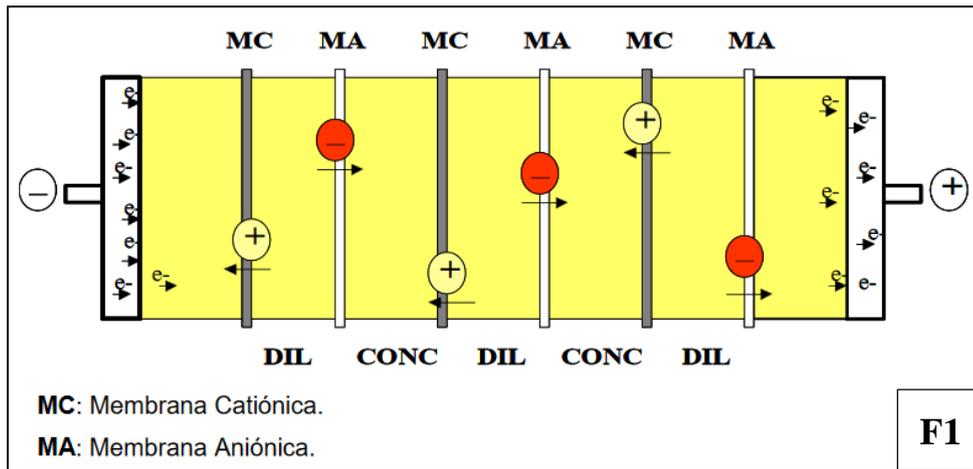
se realizaron a temperatura ambiente, se preparó soluciones de cloruro de sodio a diferentes concentraciones tales como 1000 ppm 2000 ppm y 3000 ppm, similares a las de aguas salobres, el potencial de trabajo fue de 6 V, 12 V y 18V, la capacidad del tanque fue de 3000 mL, y la solución de lavado del electrodo fue sulfato de sodio 0.05 M. Del proyecto, se obtuvo un mayor porcentaje de desalinización (67.1%) para una concentración de 1000 ppm, a una distancia de separación de membranas 4mm, con un potencial eléctrico de 18 V y un flujo de 500 mL/min. Según los resultados en base a las concentraciones se encuentra que a menor concentración mayor porcentaje de desalinización, además de la aplicación de mayor voltaje, que también es inversamente proporcional a la concentración, pero directamente proporcional al porcentaje de desalinización, también se debe considerar como punto importante a tomar en cuenta, la separación entre membranas, a menor distancia de separación, trabajados entre 4 mm, 6mm y 8 mm, el porcentaje de eficiencia es mayor.

### **1.3 TEORIAS RELACIONADAS AL TEMA**

#### **ELECTRODIÁLISIS**

La electrodiálisis consiste en el proceso que se rige en la separación de especies iónicas del agua a partir de una membrana; dichas especies pueden ser macro solutos y todos los solutos sin carga. Estos iones son inducidos a moverse por un potencial iónico, y esto con lleva a su separación facilitada, a través de membranas de intercambio iónico. Las membranas aplicadas, son altamente selectivas, permitiendo el paso de aniones y cationes y muy poca cantidad de otros. (CANONGIA, 2009)

La técnica de electrodiálisis, está basada en el transporte de iones a través de diferentes membranas selectivas por acción de un campo eléctrico. Tiene como fin separar moléculas o iones cargadas. (HARESH SADHWANI, 2009)



FUENTE: LOPEZ (2005)

FIGURA 1. Esquema general de Electrodiálisis

## MEMBRANAS DE INTERCAMBIO IÓNICO

Se define a la membrana como a una barrera semipermeable, que permite el paso de ciertos componentes y limita el paso de otros. (PALACIOS, PRADANOS y HERNANDEZ, 2014)

### Estabilidad Química

La estabilidad química, se define como la tendencia de cierto material para resistir el cambio o variación de su composición, debido a algún tipo de reacción interna, ya sea por la acción de los diversos factores externos. (LARA, 2013)

### Selectividad

Son membranas de intercambio iónico, son hechas de poli estireno como base y contienen grupos funcionales como sulfonato y grupos débiles como el carboxilato. (LOPÉZ, 2005)

### Resistencia

El término resistencia, aplica principalmente a describir la resistencia de un material, en este caso las membranas, a los efectos de las sustancias químicas que se están tratando. (ENSINGER, S/F)

### **Membranas de Intercambio Aniónica**

Es una división de las membranas iónicas, se denomina membranas aniónicas, a aquellas que permiten el paso de aniones, y estas a su vez obstaculizan el flujo de cationes dejándolos entre dichas membranas. (SANCHEZ, 2009)

### **Membranas de Intercambio Catiónica**

Una membrana catiónica es una lámina que contiene una matriz porosa de resina (cadenas poliméricas como por ejemplo poli estireno) en la cual están fijos grupos electronegativos. (SANCHEZ, 2009)

### **ELECTRODO**

Es un conductor eléctrico utilizado para hacer contacto con una parte no metálica de un circuito. Materiales conductores de electricidad por los cuales se realiza transferencia electrónica. (ECURED, s/f)

### **UNIDAD DE CELDA**

Compartimientos formados por una membrana aniónica y una catiónica. (LOPÉZ, 2005)

### **FUENTE ELÉCTRICA**

En términos de electricidad, se dice que una fuente eléctrica, es un elemento que puede generar diferencia de potencial. (ZAMORA, 2009)

### **ALUMINIO**

El aluminio es un elemento metálico muy abundante en la superficie terrestre ya que constituye un 8 %. Por lo general se conoce que se emplean sales de aluminio como tratamientos para las aguas residuales, este tipo de aplicaciones, puede generar un aumento de la concentración de este elemento sobre las aguas tratadas. (OMS, 2008)

TREJO, R.; HERNÁNDEZ, V. (2004). En un estudio sobre los riesgos del aluminio a la salud, indicaron que el aluminio es un elemento muy comercial y es usado para diversos procesos, y dentro de la industria farmacéutica es uno de los más empleados por sus propiedades, este estudio fue realizado en México, donde indican también que se emplean las sales de aluminio en sus procesos de tratamiento, pero dan hincapié que las sales que emplean son las

más corrientes y de baja calidad, lo que conlleva a distintos riesgos sobre la solubilidad de la misma, lo que indica que cierta parte del producto se queda sin diluir, lo que indica un mínimo grado de contaminación, y según otros autores, los monitoreos exclusivamente para aluminio no se realizan. Pero es de gran importancia identificar y cuantificar la presencia de este elemento ya que puede representar un problema para la salud.

## ZINC

El zinc es un elemento químico, cuyo símbolo es Zn, principalmente es usado para las aleaciones y como protector de otros metales. Es una sustancia común y esencial para la salud. Se conoce que en el agua potable existen ciertas cantidades de Zinc, y estas aumentan según las condiciones de almacenamiento a las cuales se encuentran sometidas, el zinc en exceso puede causar afecciones a la salud. (LENNTECH, s/f)

### Efectos del Zinc

El consumo excesivo de zinc, puede evidenciarse por los siguientes síntomas; náuseas, vómitos, diarrea, cólicos, pérdida de apetito, entre otros. El consumo de zinc excesivo y de forma periódica, puede influir en la absorción de cobre, generando una deficiencia, además de reducir los niveles de colesterol del cuerpo (bueno). (NATIONAL INSTITUTES OF HEALTH, 2016)

### Efectos del Zinc en Aguas para Riego

El zinc, es muy esencial para el crecimiento de las plantas, pero en cantidades superiores, puede influenciar en la toxicidad del suelo, debido al uso de aguas tratadas para destinadas al riego, ya que aumenta el pH, es por ello que algunos autores proponen trabajar el zinc como un aliado al pH en el suelo.

**Tabla 01 Efectos del Zinc en los Usos del Agua de Riego**

Usos de Agua de Riego	Efectos
<b>Aplicación a cultivos</b>	El rendimiento del cultivo es afectado por la sensibilidad del cultivo al zinc consumido a través de la raíz de la planta.
<b>Aplicación para mantener la sustentabilidad del suelo regado</b>	Acumulación en el suelo a concentraciones donde el estudio es afectado
<b>Mantención de equipos de riego</b>	Efectos desconocidos

**Fuente:** SOUTH AFRICAN WATER QUALITY GUIDELINES (2016)

### **Agua contaminada**

Se le denomina contaminación natural a la originada por restos animales y vegetales y por minerales y sustancias que se disuelven cuando los cuerpos de agua atraviesan diferentes terrenos. Por otro lado la contaminación artificial es aquella que va apareciendo a medida que el hombre comienza a interactuar con el medio ambiente y surge con la inadecuada aglomeración de las poblaciones y como consecuencia del exponencial aumento del sector industrial. (RAMÓN, LEÓN y CASTILLO, 2015)

### **Aguas Residuales**

Se consideran aguas residuales, a todas aguas aquellas que resulten del uso doméstico o industrial; estas una vez usadas constituyen un residuo, que no tiene ningún valor para un re uso. (DÍAZ, 2008)

### **Aguas Residuales Urbanas**

Las aguas residuales urbanas, corresponden a todas aquellas que proceden de la eliminación de residuos de fuentes domésticas y públicas; siendo sus principales contaminantes la materia orgánica en suspensión o disuelta, las sales y materia sólida, además de cloruros y tenso activos. (MANUAL DE DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES URBANAS, 2016)

### **Aguas Residuales Industriales**

Las aguas residuales industriales son consideradas a todas aquellas que son provenientes de la eliminación de los residuos líquidos de todo tipo de actividad industrial. (MANUAL DE DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES URBANAS, 2016)

### **Efluente**

Desechos líquidos, tratados o no tratados, que son descargados en el medio ambiente. Generalmente se refiere a descargas hechas en el agua. (SÁNCHEZ Y GUIZA, 1989)

### **Control**

La vigilancia, inspección y aplicación de medidas para la conservación del medio ambiente o para reducir y evitar la contaminación del mismo por algún tipo de actividad humana o producto de ella. (SÁNCHEZ Y GUIZA, 1989)

### **Compuestos Químicos**

Son sustancias químicas formadas por elementos que han reaccionado entre sí para dar otra sustancia diferente a los elementos iniciales (AREACIENCIAS, S F.).

### **Concentración**

Es la relación entre la cantidad de soluto (sólido, líquido y gaseoso) y la cantidad de solución o solvente (ZAMORA Y LUCONI, S.F.).

### **Agua contaminada**

Instrumento para la gestión ambiental que regula la concentración o el grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a un efluente o una emisión, y al ser excedida causa o puede causar a largo plazo daños a la salud del ser humano y al ambiente (MINAM, 2012).

### **Tratamiento de Aguas Residuales**

El tratamiento de aguas residuales se le conoce como un proceso de depuración, es un sistema que permite la remoción de contaminantes. Con frecuencia la descontaminación ocurre de forma natural, pero el tiempo que conlleva, es demasiado largo, es por ello que mediante la aplicación de pre-tratamientos, tratamientos primarios, tratamientos secundarios y/o tratamientos avanzados en una planta de tratamiento, este proceso se acelera. (SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES, 2014)

### **Límite Máximo Permisible**

Instrumento para la gestión ambiental que regula la concentración o el grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a un efluente o una emisión, y al ser excedida causa o puede causar a largo plazo daños a la salud del ser humano y al ambiente (MINAM, 2012).

## **Olor**

Sensación producida por la interacción de moléculas volátiles con células que forman la pituitaria (CANDENAS, 2007). En su forma natural el agua no produce sensaciones olfativas. El olor en el agua, puede medirse de forma subjetiva, y esto nos va ayudar a determinar su calidad, estado, contenido o procedencia, todo esto de forma cualitativa. (DIGESA, 2006)

## **Color**

Las muestras de agua pueden presentar un color característico, pero esto se presenta debido a la materia pigmentada en suspensión, por lo general provienen de la cantidad de hojas. Además cabe considerar que el color que se muestra debido a la materia en suspensión, es denominado color aparente. En los análisis de aguas es importante diferenciar el color aparente del color real. (DIGESA, 2006)

## **Turbidez**

La turbidez se considera como un parámetro asociado con la transparencia y limpieza de un agua, y esta depende de la cantidad de sólidos en suspensión presentes en el agua, en otras palabras, es una medida de la propiedad óptica que causa dispersión y absorción de la luz con disminución de la transmisión en línea recta. Se miden en unidades de turbidez nefelometría, (NTU). (CASTRO S. et al., 2013)

## **Sólidos Suspendidos Totales**

Los sólidos suspendidos totales son los materiales retenidos por un filtro estándar de fibra de vidrio y secado 103-105 °C. (CASTRO S. et al., 2013)

## **Temperatura**

La temperatura se denomina un parámetro muy importante, puede influir mucho en los resultados, ya que se encuentra relacionada en las reacciones químicas y velocidades de reacción. La temperatura también es considerada como un indicador de la calidad de agua. (DIGESA, 2006)

## **pH**

Se denomina pH a la medida de acidez o alcalinidad que tiene una sustancia. Y es necesaria para poder ser específicos en cuanto al manejo de estas. El pH en una muestra de agua, se ve influenciado por el tipo de sustrato, la cantidad de plantas, o la proveniencia de estas. (GONZÁLES, 2011)

## **Oxígeno Disuelto**

El oxígeno disuelto (OD), se considera a la cantidad de oxígeno que se encuentra disuelto en el agua y es esencial para preservar la vida según concentraciones determinadas. El parámetro de OD, es considerado también como un indicador del porcentaje de contaminación del agua. Generalmente un nivel de oxígeno disuelto alto, indica que el agua es de muy buena calidad, y bajos niveles, lo contrario, ya que no permite la vida de los animales y microorganismos presentes. (PEÑA, 2007)

## **DBO**

La demanda bioquímica de oxígeno, se define como la cantidad de oxígeno que necesitan los microorganismos para degradar la materia orgánica existente en cierta cantidad de agua residual. (SANTAMBROSIO, 2011)

## **DQO**

La demanda bioquímica de oxígeno, determina la cantidad de oxígeno necesario para oxidar la materia orgánica en una muestra de agua, bajo condiciones específicas de agente oxidante, temperatura y tiempo. (RODRÍGUEZ, 2007)

## **Conductividad**

Es una medida de la capacidad de una solución acuosa para transmitir una corriente eléctrica y es igual al recíproco de la resistividad de la solución.

Dicha capacidad depende de la presencia de iones; de su concentración, movilidad y valencia, y de la temperatura ambiental. (UPRM, 2002)

## **1.4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

### **1.4.1 Problema General**

**¿En qué medida la aplicación de las técnicas de electrodiálisis, reducen la cantidad de Aluminio y Zinc para mejorar la calidad de los efluentes de un laboratorio farmacéutico, Chorrillos - 2018?**

### **1.4.2 Problemas Específicos**

- ¿Qué porcentaje de reducción de la concentración de Aluminio se obtiene con el método de electrodiálisis para mejorar la calidad de los efluentes de un laboratorio farmacéutico, Chorrillos - 2018?
  
- ¿Cuál es el porcentaje de reducción de concentración de Zinc al aplicar los métodos de electrodiálisis para mejorar la calidad de los efluentes de un laboratorio farmacéutico, Chorrillos - 2018?
  
- ¿Qué características de operación del método de electrodiálisis debe tenerse en cuenta para el tratamiento y mejorar la calidad de los efluentes de un laboratorio farmacéutico, Chorrillos - 2018?

## 1.5 JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

### **Teórica**

La industria farmacéutica es uno de los pilares en la economía de nuestro país, ya que a diario se requieren productos que satisfagan las necesidades en el sector salud. Esta es una industria que va en aumento, y su crecimiento demanda el acogerse al cumplimiento de la normativa vigente en todos los aspectos. Siendo el más importante para nosotros, la carga de contaminantes sobre los efluentes, ya que el agua es la principal fuente y punto de partida para todos los procesos operativos; además se conoce que los efluentes desechados diariamente a la red de alcantarillado público, oscilan entre 1 millón 200 mil m<sup>3</sup>, dificultando la efectividad de los tratamientos aplicados en las plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR), debido a la composición y características de las mismas. En abril, un laboratorio Farmacéutico de gran demanda en el mercado, realizó un estudio sobre la composición de las aguas que descargaba a la red de alcantarillado público, obteniendo resultados no conformes, las cuales me llevaron a idear alguna alternativa que permita reducir o eliminar la concentración de dichos compuestos en las aguas residuales, para mejorar su calidad y pueda ser descargada sin problema alguno.

### **Práctica**

Actualmente se conoce a la electroquímica como una rama de la química que estudia la relación entre los procesos químicos y eléctricos mediante reacciones Redox, estas son aprovechadas ya que la mayoría de compuestos contaminantes en aguas residuales industriales son inorgánicos, teniendo un menor porcentaje de orgánicos, siendo el caso que cuando estos se disuelven en agua u otros líquidos, se separan (ionizan) en compuestos cargados positiva y negativamente (cationes y aniones), mediante la técnica que se plantea aplicar, se colocaran placas que atraerán los iones de la solución (electrolito) con una fuente de corriente continua, los iones negativos se dirigen a las placas positivas y los iones positivos hacia las placas negativas y estando en ellas se transforman en átomos neutros, las cuales permiten la reducción de los compuestos contaminantes en estas, generando un residuo menos contaminado. Esta técnica es de práctica aplicación, ya que consiste en hacer pasar

el efluente por una celda constituida de placas catiónicas y aniónicas alternas, cargadas con electricidad.

### **Económica**

El uso de este tratamiento resulta de coste alto inicialmente, ya que implica la fabricación de una celda que tenga las características electro dialíticas necesarias según el efluente que se va tratar, para que cumpla la efectivamente su función; luego de la implementación e instalación serán necesarios realizar estudios de estabilidad y funcionabilidad del tratamiento para así establecer periodos de mantenimiento y renovación de las placas iónicas, las cuales una vez programadas, resultan económicas.

### **Ambiental**

Esta alternativa resulta una técnica amigable con el ambiente, ya que no implica el uso de compuestos químicos que alteren la composición original del efluente. Si los tratamientos son bien diseñados y distribuidos, es posible reducir la carga contaminante hasta eliminarlos, además es considerada una tecnología limpia ya que utiliza como reactante principal a los electrones, además este tipo de tratamiento, no es selectivo, lo que permite reducir una serie de contaminantes a un único costo, y suministrando la energía eléctrica necesaria se puede alcanzar una efectividad de hasta un 100 %, lo que lo vuelve un tratamiento factible y recomendable.

## **1.6 HIPÓTESIS**

### **1.6.1 Hipótesis General**

La aplicación de la técnica de electrodiálisis, permite reducir la concentración de aluminio y zinc presentes en los efluentes de un laboratorio farmacéutico, mejorando su calidad, Chorrillos 2018.

### **1.6.2 Hipótesis Específicas**

El método de electrodiálisis permite reducir la concentración de Aluminio para mejorar la calidad de los efluentes de un laboratorio farmacéutico, Chorrillos - 2018.

El método de electrodiálisis permite reducir la concentración de Zinc para mejorar la calidad de los efluentes de un laboratorio farmacéutico, Chorrillos - 2018.

Las características de operación del método de electrodiálisis deben ser controladas en el tratamiento de los efluentes de un laboratorio farmacéutico para obtener resultados óptimos, Chorrillos - 2018

## **1.7 OBJETIVOS**

### **1.7.1 Objetivo General**

- ✚ Determinar en qué medida la aplicación de las técnicas de electrodiálisis, reducen la cantidad de aluminio y zinc para mejorar la calidad de los efluentes de un laboratorio farmacéutico, Chorrillos 2018.

### **1.7.2 Objetivos Específicos**

- ✚ Determinar el porcentaje de reducción del Aluminio aplicando el método de electrodiálisis para mejorar la calidad de las aguas residuales provenientes de un laboratorio farmacéutico.
- ✚ Evaluar el porcentaje de reducción de Zinc al aplicar las técnicas de electrodiálisis para mejorar la calidad de las aguas residuales provenientes de un laboratorio farmacéutico.
- ✚ Determinar las características de operación de las técnicas de electrodiálisis para mejorar la calidad de los efluentes de un laboratorio farmacéutico, Chorrillos - 2018.

## **II. MÉTODO**

### **2.1 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN**

#### **2.1.1. Tipo de Investigación**

El tipo de investigación que se desarrolló, según el análisis y alcance de resultados, es aplicada, ya que se controlará y evaluarán los resultados obtenidos a, en función a parámetros físico-químicos, como consecuencia de un experimento, con los que se realizará las comparaciones correspondientes. La reducción aluminio y zinc como principales contaminantes en los efluentes del laboratorio, se verá condicionada, a los diferentes tipos de técnicas y a su concentración inicial y final.

#### **2.1.2. Nivel de Investigación**

Se planteó un nivel de investigación explicativo para lo que se desarrolló una hipótesis la que se aprobó o desaprobó a lo largo de la experimentación con las muestras elegidas. En suma, para el estudio también se han identificado dos tipos de variables, una que es dependiente y otra, independiente.

## 2.2 MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
<i>Reducción de aluminio y zinc mediante tratamientos de ELECTRODIÁLISIS</i>	La electrodiálisis es un proceso de separación electroquímica, en el que las membranas cargadas y una diferencia de potencial eléctrico se usa para separar especies iónicas y otros componentes no cargados de una solución acuosa. (Cidta.usal.es, 2018) Se define como electrocoagulación al proceso que usa electricidad para eliminar diversos contaminantes que se encuentran en el agua, estos pueden estar suspendidos, disueltos o en emulsión. (ARANGO RUIZ, 2015)	La Reducción de la concentración de Zinc, Aluminio a través de las características el tratamiento aplicado	Concentración de Zinc	Concentración inicial	mg/L
				Concentración final	mg/L
				Cantidad Reducida	%
			Concentración de Aluminio	Concentración inicial	mg/L
				Concentración final	mg/L
				Cantidad Reducida	%
			Características De Operación De La Electrodiálisis	Tiempo	s
				Material de las placas	-
				Volumen de la Celda	cm <sup>3</sup>
				Voltaje	V
Volumen de la muestra	L				
Distancia	cm				

<i>Calidad de los efluentes</i>	Las aguas residuales son todas aquellas que han sufrido algún tipo de, modificación debido a las diversas actividades humanas, para lo cual necesitan un tratamiento previo para su descarga al sistema de alcantarillado o su re uso. (OEFA, 2018)	La evaluación de la variable dependiente, se realizó a través de la evaluación de las dimensiones descritas, comparación de las características iniciales y finales de las propiedades físicas y químicas del efluente.	Características Físicas Iniciales/ Finales	Olor	Indicadores		
				Color	Colorimetría		
				Solidos Suspendidos Totales	mg/L		
				Temperatura	°C		
			Características Físicas Iniciales/ Finales			Turbidez	NTU
						pH	s/u
						Oxígeno Disuelto	mg/L
						Concentración de aluminio	mg/L
						Concentración de Zinc	mg/L
						DBO	mg/L
DQO	mg/L						

## 2.3 POBLACIÓN Y MUESTRA

### 2.3.1 Población

La población de la presente investigación, está conformada por los efluentes del laboratorio farmacéutico en el distrito de Chorrillos, provincia de Lima, se tiene como dato que la cantidad de efluentes que esta empresa desecha son 6000 litros/día, dentro de las actividades de lavado de equipos, maquinarias, tanques y residuos de fabricaciones y envasado.

### 2.3.2 Muestra

Para el estudio, se contaron con 18 litros de agua proveniente de los efluentes, de las cuales, 3 litros correspondieron a la muestra blanco, y 15 litros se extrajeron del pozo de recolección divididos en tres lotes de 5 litros cada uno, de las cuales se sub dividieron en muestras de 1 litro, para realizar los análisis respectivos, y lo restante se guardó como contra muestras, a condiciones especiales.

### 2.3.3 Muestreo

Las muestras se tomaron en un periodo de tiempo de una semana, fueron extraídas diariamente, y el ultimo día, estas se homogenizaron; para obtener una muestra representativa de todo el lapso del tiempo de muestreo, se consideró que la producción semanal fuera constante.

**Tabla 02** Toma de Muestras

<b>DIA 1</b> <b>2018 – 10 – 01</b>	<b>DIA 2</b> <b>2018 – 10 – 02</b>	<b>DIA 3</b> <b>2018 – 10 – 03</b>	<b>DIA 4</b> <b>2018 – 10 – 04</b>	<b>DIA 5</b> <b>2018 – 10 – 05</b>
Se extrajeron 3 L de muestra	Se extrajeron 3 L de muestra y se homogenizaron con las otras muestras.			

**FUENTE:** PROPIA (2018)



FUENTE: PROPIA (2018)

**FIGURA 02.** Tambora de Recolección de Agua Residual

#### **2.3.4 Unidad de análisis**

Se analizaron 3 muestras por lote, siendo en total 9 muestras y 1 muestras blanco, se controlaran parámetros como pH y conductividad de tratamiento a tratamiento, y el análisis final constara de un análisis complejo que nos brinde información sobre la eficiencia de los tratamientos.

**Tabla 03** Metodología de Extracción y Distribución de muestras

MUESTRA	ANÁLISIS	DISTRIBUCIÓN	CODIFICACIÓN INICIAL	CONDICIONES DEL TRATAMIENTO	CODIFICACIÓN FINAL
 MUESTRA GENERAL (POZO DE RECOLECCIÓN)	ANÁLISIS INICIAL DE LA MUESTRA	 Muestra: M001R	M001R	TRATAMIENTO A CONDICIONES 1	M001R – T3(1C)
			M001R		M001R – T3(2C)
			M001R		M001R – T3(3C)
		 Muestra: M002R	M002R	TRATAMIENTO A CONDICIONES 2	M002R – T2(1C)
			M002R		M002R – T2(2C)
			M002R		M002R – T2(3C)
		 Muestra: M003R	M003R	TRATAMIENTO A CONDICIONES 3	M003R – T1(1C)
			M003R		M003R – T1(2C)
			M003R		M003R – T1(3C)

**Leyenda**

- M001R : Muestra de agua residual 1
- M002R : Muestra de agua residual 2
- M003R : Muestra de agua residual 3
- M001R – T3(1C): Muestra 1 tratamiento 3, primera corrida
- M001R – T3(2C): Muestra 1 tratamiento 3, segunda corrida
- M001R – T3(3C): Muestra 1 tratamiento 3, tercera corrida
- M002R – T2(1C): Muestra 2 tratamiento 2, primera corrida
- M002R – T2(2C): Muestra 2 tratamiento 2, segunda corrida
- M002R – T2(3C): Muestra 2 tratamiento 2, tercera corrida
- M003R – T1(1C): Muestra 3 tratamiento 1, primera corrida
- M003R – T1(2C): Muestra 3 tratamiento 1, segunda corrida
- M003R – T1(3C): Muestra 3 tratamiento 1, tercera corrida

**FUENTE:** PROPIA (2018)

## 2.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS, VALIDEZ Y CONFIABILIDAD

### 2.4.1 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

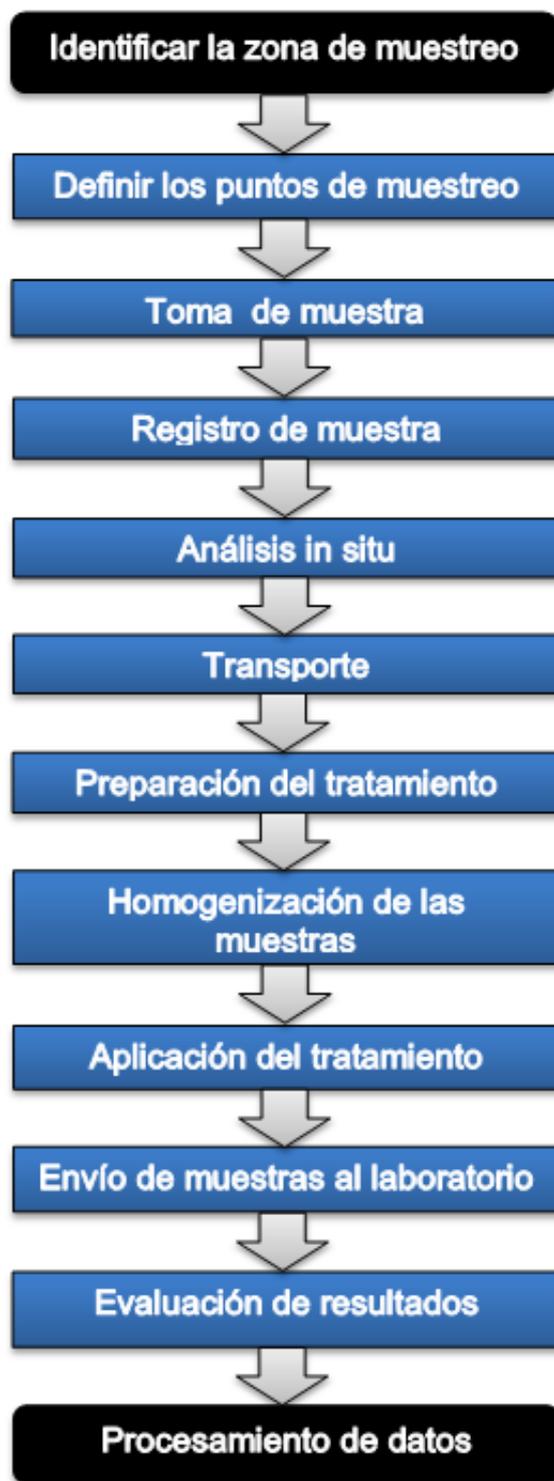
Tabla 04 Esquema De Investigación

ETAPA	ZONA	TÉCNICA	INSTRUMENTO
E1: <b>Identificación de la zona de muestreo.</b>	Zona de descarga de efluentes	Observación	<b>FICHA 1:</b> HOJA DE ANÁLISIS IN SITU (área de croquis)
E2: <b>Establecer los puntos muestreo.</b>	Tanque de recolección de efluentes	Observación	<b>FICHA 1:</b> HOJA DE ANÁLISIS IN SITU (área de croquis, especificando los puntos)
E3: <b>Toma de Muestras</b>	Efluente del laboratorio en el tanque, antes de su descarga a la red de alcantarillado público	Observación	<b>FICHA 1:</b> HOJA DE ANÁLISIS IN SITU (registro de datos)
E4: <b>Preparación de las muestras</b>	Se preparan los instrumentos de muestreo e identificación de la muestra	Observación	<b>ETIQUETAS DE MUESTREO</b>
E5: <b>Análisis in situ</b>	Se extrae la muestra en cantidades suficientes y se realizan los análisis necesarios.	Observación	<b>FICHA 1:</b> HOJA DE ANÁLISIS IN SITU
E6: <b>Preparación del tratamiento</b>	Se ajustan los parámetros necesarios para realizar los tratamientos	Observación	<b>FICHA 3:</b> CARACTERÍSTICAS DEL TRATAMIENTO DE ELECTRODIÁLISIS
E7:	Los tratamientos	Observación	<b>FICHA 5:</b>

<b>Aplicación del Tratamiento</b>	serán aplicados a nivel de laboratorio		<b>CARACTERÍSTICAS FÍSICAS</b> <b>DESPUES DEL TRATAMIENTO</b> <b>FICHA 6:</b> <b>CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DESPUES DEL TRATAMIENTO</b>
<b>E8: Análisis Ex situ</b>	Los análisis complejos, se realizarán en un laboratorio especializado	Análisis de Documentos	<b>FICHA 2:</b> <b>HOJA DE ANÁLISIS EX SITU</b>
<b>E9: Evaluación</b>	Oficinas	Análisis de Documentos	<b>HOJAS DE CÁLCULO Y PROGRAMAS ESTADÍSTICOS</b>

**FUENTE: PROPIA (2018)**

## DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE RECOLECCIÓN DE MUESTRAS Y DATOS



Fuente: Elaboración Propia

## 2.4.2 INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

La técnica usada en la investigación es la de la observación experimental, ya que el estudio tendrá lugar en la recolección de datos y muestras in situ, para luego de aplicado tratamiento ser analizado en un laboratorio especializado. Para el desarrollo del estudio, los instrumentos a utilizar serán:

- ✓ **FICHA 1:** HOJA DE ANÁLISIS IN SITU (Anexo 1)
- ✓ **FICHA 2:** HOJA DE ANÁLISIS EX SITU (Anexo 2)
- ✓ **FICHA 3:** CARACTERÍSTICAS DEL TRATAMIENTO DE ELECTRODIÁLISIS (Anexo 3)
- ✓ **FICHA 5:** CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DESPUES DEL TRATAMIENTO (Anexo 4)
- ✓ **FICHA 6:** CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DESPUES DEL TRATAMIENTO (Anexo 5)

## 2.4.3 VALIDEZ Y CONFIABILIDAD DEL INSTRUMENTO

### Validez de los Instrumentos

Los instrumentos empleados para la investigación, fueron revisados y validados por los 3 especialistas en el tema.

**Tabla 05** Promedio De Validación

INSTRUMENTOS	Porcentaje de Validación (%)			PROMEDIO
	Experto 1	Experto 2	Experto 3	
FICHA 1	95 %	100 %	95 %	93 %
FICHA 2	95 %	95 %	90 %	93 %
FICHA 3	90 %	95 %	95 %	93 %
FICHA 5	95 %	100 %	95 %	97 %
FICHA 6	95 %	95 %	100 %	97 %

FUENTE: PROPIA (2018)

## Confiabilidad de los instrumentos

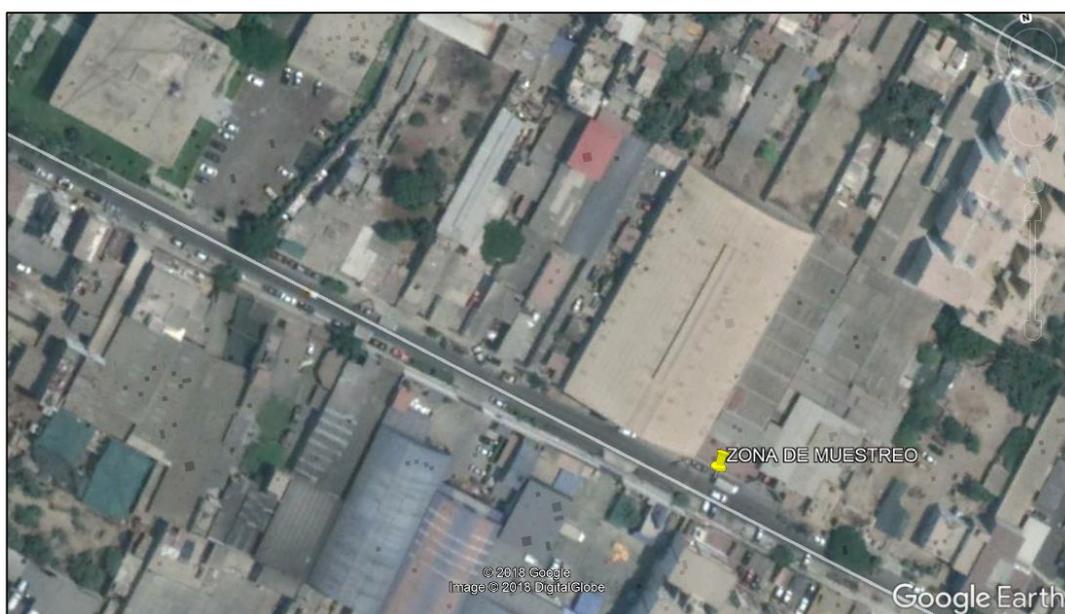
La confiabilidad corresponde a la exactitud con la cual las fichas aplicadas a las muestras se encuentran respecto a la población de la cual se extrajeron. Pero debido al tipo de investigación presentada, no es necesario determinar la confiabilidad para los instrumentos empleados.

## DESARROLLO DE LAS ETAPAS DE INVESTIGACIÓN

### ETAPA 1

#### Identificación de la zona de muestreo.

La investigación se realizó a partir de los efluentes generados por un laboratorio farmacéutico en el distrito de Chorrillos, Provincia de Lima, Departamento de Lima. Dicha industria centra en la elaboración de productos cosméticos y envasado de productos generales.



FUENTE: PROPIA (2018)

FIGURA 03. Ubicación del Laboratorio Farmacéutico

Tabla 06 Coordenadas del Laboratorio Farmacéutico

ZONA	COORDENADAS ESTE	COORDENADAS NORTE
18 L	283057	8652917

FUENTE: PROPIA (2018)

## **ETAPA 2**

### **Establecer los puntos muestreo.**

Para establecer los puntos de muestreo se tomó en consideración, los puntos críticos de descargas de efluentes de la empresa, antes de llegar a la zona de recolección, se identificaron, y se consideró la zona de descarga principalmente.

**Tabla 07** Coordenadas del punto de Muestreo

ZONA	IDENTIFICACIÓN	COORDENADAS ESTE	COORDENADAS NORTE
18 L	Tanque de Recolección	283062	8652918

FUENTE: PROPIA (2018)

## **ETAPA 3**

### **Toma de Muestras**

Esta etapa fue una de las más importantes del proceso, ya que mediante esta se determinaron los lugares exactos y adecuados para extraer las muestras que contengan la mayor cantidad de contaminantes, según los procesos realizados en cada una de estas. Se extrajeron muestras de las dos áreas principales de producción, además de la extracción final en el punto de acopio de aguas residuales (Pozo de Recolección) las cuales posteriormente son liberadas a la red de alcantarillado público. Se utilizaron los implementos necesarios para la toma de muestra, se emplearon tres galones de polietileno con capacidad de 4 L además de 10 frascos de polietileno de 1 L, vasos de precipitados para realizar el análisis In situ, en el laboratorio de la empresa, junto a la Ficha 1 –, para la recolección de datos. Se consideró la tabla del –para la manipulación y preservación de las muestras. Posteriormente la muestra fue rotulada y almacenada en un cooler, para su transporte al laboratorio especializado y a las instalaciones de la universidad Cesar Vallejo, Campus Lima Norte.



FUENTE: PROPIA (2018)

FIGURA 04. Pozo de Recolección y toma de muestras

#### ETAPA 4

##### Preparación de las muestras

Las muestras son preparadas individualmente, teniendo en cuenta los instrumentos necesarios para su extracción, además de tener en cuenta los frascos adecuados, la Ficha 1, además del rotulo de identificación Etiqueta de Muestreo.



FUENTE: PROPIA (2018)

FIGURA 05. Toma de Muestras Iniciales



FUENTE: PROPIA (2018)

FIGURA 06. Toma de muestras para análisis

## ETAPA 5

### Análisis in situ

Las muestras para el análisis Ex situ fueron separadas de las muestras para análisis In Situ, además de las muestras para envío al laboratorio especializado. Dichas muestras se colocaron en vasos de precipitados con capacidad de 1 L, se taparon con bolsas de polietileno para su traslado al laboratorio de la planta. En la empresa se procedió a realizar los análisis respectivos de Temperatura, pH, Conductividad, Olor, Color y Presencia de partículas.



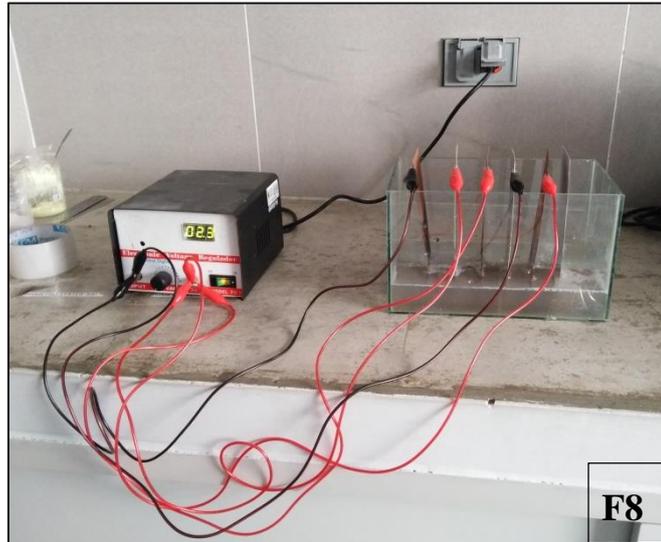
FUENTE: PROPIA (2018)

FIGURA 07. Análisis In Situ

## ETAPA 6

### Preparación del tratamiento

Previo a la aplicación del tratamiento, fue necesaria la implementación de los componentes de la celda de electrodiálisis, teniendo en cuenta los cuidados necesarios, además de las de los instrumentos de recolección de datos necesarios en esta etapa. Ficha 3.



FUENTE: PROPIA (2018)

FIGURA 08. Preparación y montaje del equipo

## ETAPA 7

### Aplicación del Tratamiento

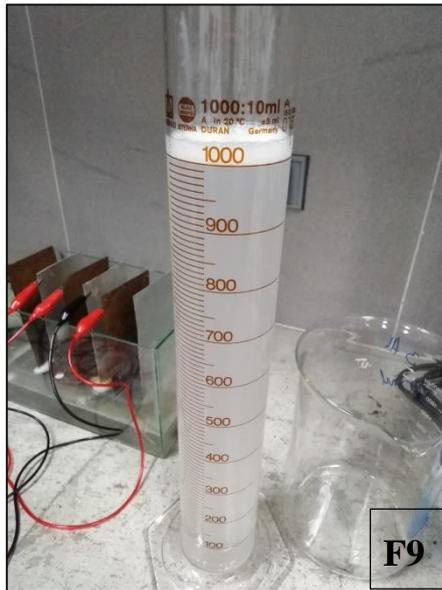
En la etapa de aplicación del tratamiento, se procedió a dividir las muestras generales de los galones (con ayuda de una probeta) en sub muestras de 1 litro cada una para aplicar el tratamiento a diferentes condiciones, realizándose por triplicado el análisis para tener mayor confiabilidad de los resultados obtenidos. Los tratamientos fueron aplicados de la siguiente manera:

Tabla 08 Condiciones para la Aplicación del Tratamiento de Electrodiálisis

Tratamiento	Material de las placas	Distancia entre placas (cm)	Voltaje	Tiempo (min)	Volumen (L)
Tratamiento 1	Hierro / Zinc	3.5	2.5	5	1
Tratamiento 2	Hierro / Zinc	3.5	15	10	1
Tratamiento 3	Hierro / Zinc	3.5	25	15	1

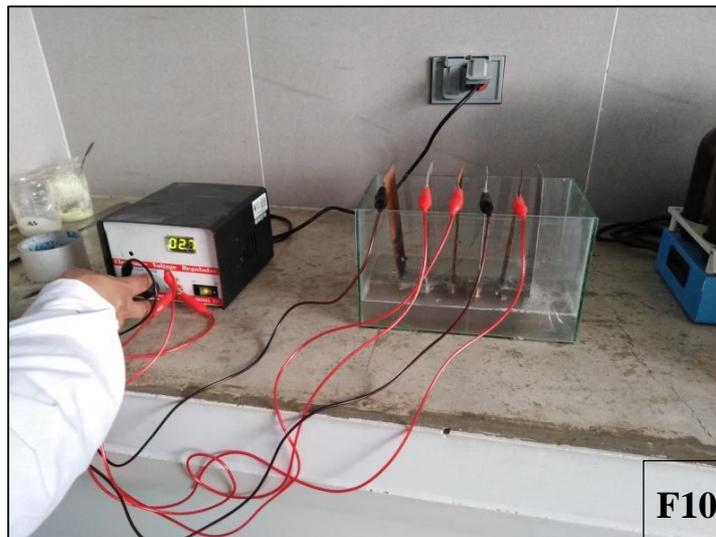
FUENTE: PROPIA (2018)

Se consideró la información de la tabla en la Ficha N°3, la cual fue tomada para cada muestra tratada.



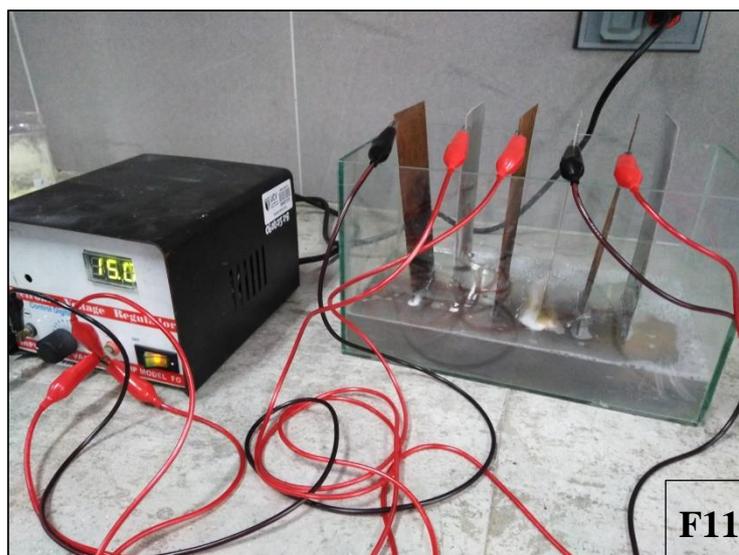
FUENTE: PROPIA (2018)

FIGURA 09. División de muestras para análisis



FUENTE: PROPIA (2018)

FIGURA 10. Electrodialisis – Tratamiento 1



FUENTE: PROPIA (2018)

FIGURA 11. Electrodiálisis – Tratamiento 2



FUENTE: PROPIA (2018)

FIGURA 12. Electrodiálisis – Tratamiento 3

Una vez finalizado el tratamiento, se procedió a realizar los análisis correspondientes a cada muestra, especificando las características físicas aplicados después del tratamiento en la Ficha N°5 –, así como también los características químicas después del tratamiento, especificadas en la Ficha N° 6.



FUENTE: PROPIA (2018)

FIGURA 13. Muestras Rotuladas luego del tratamiento

## ETAPA 8

### Análisis Ex situ

Los volúmenes de aguas tratadas que van de litro en litro fueron divididas en muestras de 500 ml para su tratamiento en el laboratorio de la Universidad Cesar Vallejo, y su envío a un laboratorio especializado, para lo cual fue necesario el uso de botellas de polietileno, tapones y tapas, para su preservación, además de la identificación correspondiente, en este caso se aplicaron las Etiquetas de Identificación –



FUENTE: PROPIA (2018)

FIGURA 14. Muestras para envío a Laboratorio

## **ETAPA 9**

### **Evaluación**

Después de culminar los tratamientos aplicados a las muestras, se procedió a realizar una comparación con los datos iniciales obtenidos en los análisis preliminares de las muestras, mediante los cuales, se determinará el porcentaje de reducción de los parámetros planteados, así por lo cual determinar la efectividad del tratamiento a diferentes condiciones.

## **2.5 MÉTODOS DE ANÁLISIS DE DATOS**

Para el proyecto de investigación sobre la reducción de Aluminio y Zinc mediante tratamientos de electrodiálisis para mejorar la calidad de efluentes de un laboratorio farmacéutico, se llevaran a cabo pruebas en el laboratorio de la Universidad César Vallejo además de algunos parámetros en los Laboratorios de la Universidad Nacional de Ingeniería. Los resultados de los instrumentos empleados, serán almacenados en tablas dinámicas de Excel, procesados en el programa SPSS.

## **2.6 ASPECTOS ÉTICOS**

La investigación realizada no incluye información directa sobre direcciones, nombres, entre otros, que puedan dañar la imagen ni la reputación del lugar estudiado, además se garantiza la veracidad de la investigación, ya que las muestras tratadas serán analizadas y reportadas por un laboratorio externo. También se cuenta con la validación de los instrumentos y metodología, que son propias del autor.

### III. RESULTADOS

#### 3.1. ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE LA MUESTRA ANTES DEL TRATAMIENTO

##### 3.1.1. Pruebas Organolépticas



FUENTE: PROPIA (2018)

FIGURA 15. Muestra para análisis In situ

Dentro de los parámetros organolépticos consideramos al Olor, y Aspecto (Presencia de partículas) Color, teniendo como resultados:

##### - Olor

**Tabla 09** Resultado de las pruebas de Olor de las muestras a tratar.

Numero de Muestra	Código de Muestra	Olor
0	M2017	Olor característico a productos de hospital y cítricos
1	MI001	Olor característico a productos de hospital
2	MI002	Olor característico a Thimolina y productos de hospital
3	M001R	Olor característico a cremas y productos de hospital
4	M002R	Olor característico a cremas y productos de hospital
5	M003R	Olor característico a cremas y productos de hospital

FUENTE: PROPIA (2018)

**Interpretación:**

En la **Tabla 09** se puede observar que los datos respecto al parámetro de olor de las muestras tienen la similitud, ya que presentan un patrón característico de olor a hospitales y productos cosméticos, lo con lo cual se afirma que los efluentes aún conservan parte de los productos elaborados en la empresa y mantienen una producción constante.

- **Color****Tabla 10** Resultado de las pruebas de Color de las muestras iniciales

Numero de Muestra	Código de Muestra	Color
0	M2017	Color anaranjado Lechoso
1	MI001	Color marrón pálido
2	MI002	Color anaranjado ligeramente Rojizo
3	M001R	Color Blanco Lechoso
4	M002R	Color Blanco Lechoso
5	M003R	Color Blanco Lechoso

FUENTE: PROPIA (2018)

**Interpretación:**

En la **Tabla 10** se tiene que la información respecto al parámetro de color en las muestras varía según los cronogramas de elaboración de productos y además del volumen de producción.

- **Aspecto (Presencia de Partículas)****Tabla 11** Resultado de las pruebas de olor de las muestras iniciales

Numero de Muestra	Código de Muestra	Aspecto (Presencia de Partículas)
0	M2017	Si existe presencia de partículas
1	MI001	Si existe presencia de partículas (restos del producto)
2	MI002	No existe presencia de partículas
3	M001R	Si existe presencia de partículas (grasas productos)
4	M002R	Si existe presencia de partículas (grasas productos)
5	M003R	Si existe presencia de partículas (grasas productos)

FUENTE: PROPIA (2018)

**Interpretación:**

En la **Tabla 11** se observa que la información sobre el contenido de partículas de forma visual, son de rápida percepción, ya que se encuentran en la superficie además de suspendidas en el efluente. Con lo que se confirma que las descargas mantienen restos del producto que no se ha logrado diluir completamente debido a su naturaleza.

**3.1.2. Pruebas Físico – Químicas****- pH****Tabla 12** Resultado de las pruebas de pH de las muestras iniciales

<b>Numero de Muestra</b>	<b>Código de Muestra</b>	<b>pH</b>
0	M2017	4.00
1	MI001	6.50
2	MI002	4.06
3	M001R	7.15
4	M002R	7.07
5	M003R	6.97

**FUENTE:** PROPIA (2018)**Interpretación:**

En la **Tabla 12**, se tienen valores del parámetro de pH que oscilan entre 7 y 4, con lo que se puede deducir que los efluentes descargados tienen naturaleza entre ácida y neutra.

- **Conductividad**

**Tabla 13** Resultado de las pruebas de Conductividad de las muestras iniciales

Numero de Muestra	Código de Muestra	Conductividad
0	M2017	-
1	MI001	No lo determina
2	MI002	4.06
3	M001R	660 $\mu\text{c}/\text{cm}$
4	M002R	656 $\mu\text{c}/\text{cm}$
5	M003R	659 $\mu\text{c}/\text{cm}$

FUENTE: PROPIA (2018)

**Interpretación:**

En la **Tabla 13** respecto al parámetro de conductividad se tiene que la concentración de compuestos ionizados presentes en los efluentes es elevada, por lo que resulta factible aplicar la técnica propuesta.

- **Temperatura**

**Tabla 14** Resultado de las pruebas de Temperatura de las muestras a tratar.

Numero de Muestra	Código de Muestra	Temperatura
0	M2017	22.0° C
1	MI001	20.1° C
2	MI002	20.4° C
3	M001R	23.9° C
4	M002R	21.8° C
5	M003R	22.6 ° C

FUENTE: PROPIA (2018)

**Interpretación:**

En la **Tabla 14** se tiene que los valores respecto la temperatura de las muestras mantienen un patrón con rango de variación de 3.8°C la cual oscila entre la temperatura ambiente.



FUENTE: PROPIA (2018)

FIGURA 16. Instrumentos para análisis Ex Situ

- **Sólidos Suspendidos Totales**

**Tabla 15** Resultado de las pruebas de Sólidos Suspendidos Totales de las muestras a tratar.

<b>Numero de Muestra</b>	<b>Código de Muestra</b>	<b>Sólidos Suspendidos Totales</b>
0	M2017	32 mg/L
1	MI001	-
2	MI002	320 mg/L
4	M001R	280 mg/L
5	M002R	280 mg/L
6	M003R	480 mg/L

FUENTE: PROPIA (2018)

**Interpretación:**

En la **Tabla 15** se puede observar que las muestras a analizar presentan una cantidad considerable de sólidos presentes y su concentración varía en las muestras tomadas debido al periodo de tiempo de toma de muestras, que por lo general está asociado al volumen de producción.

- **Turbidez**

**Tabla 16** Resultado de las pruebas de Turbidez de las muestras a tratar.

Numero de Muestra	Código de Muestra	Turbidez
0	M2017	
1	MI001	
2	MI002	
3	M001R	99.7 NTU
4	M002R	85.4 NTU
5	M003R	94.1 NTU

FUENTE: PROPIA (2018)

**Interpretación:**

En la **Tabla 16** se tienen los resultados no muy variables respecto al parámetro de turbidez, en función a las tres muestras que se van a tratar. Lo que es muy productivo ya que se podrá comprobar con mayor exactitud y precisión, la efectividad del tratamiento respecto a este parámetro.

- **Oxígeno Disuelto**

**Tabla 17** Resultado de las pruebas de Oxígeno Disuelto de las muestras iniciales

Numero de Muestra	Código de Muestra	Oxígeno Disuelto
0	M2017	
1	MI001	
2	MI002	3.71 mg/L
3	M001R	3.71 mg/L
4	M002R	3.71 mg/L
5	M003R	3.71 mg/L

FUENTE: PROPIA (2018)

**Interpretación:**

En la **Tabla 17** se observan los resultados, respecto al parámetro de Oxígeno Disuelto, el cual es estándar, ya que se tomó como muestra inicial para la aplicación del tratamiento. Este resultado indica que la concentración de

minerales presentes en la muestra es elevada, debido a su relación inversamente proporcional con el parámetro estudiado.

- **Concentración de Aluminio**

**Tabla 18** Resultado de las pruebas de concentración de Aluminio de las muestras iniciales

Numero de Muestra	Código de Muestra	[Al]
0	M2017	1330 mg/L
1	MI001	0.084 mg/L
2	MI002	8.02 mg/L
3	M001R	8.02 mg/L
4	M002R	8.02 mg/L
5	M003R	8.02 mg/L

**FUENTE:** PROPIA (2018)

**Interpretación:**

En la **Tabla 18** se tienen resultados respecto a la concentración de aluminio presente en las muestras, tomados en diferentes periodos de tiempo, con lo que se puede observar que la presencia de este metal en las muestras de agua varía radicalmente debido al flujo de producción de la empresa de donde se recolecto la muestra además del punto de toma de muestra y el periodo de toma de muestra, los cuales son factores muy importantes relacionados a los resultados mostrados.

- **Concentración de Zinc**

**Tabla 19** Resultado de las pruebas de concentración de Zinc de las muestras iniciales

Numero de Muestra	Código de Muestra	[Zn]
0	M2017	10.91 mg/L
1	MI001	0.455 mg/L
2	MI002	45.94 mg/L
3	M001R	45.94 mg/L
4	M002R	45.94 mg/L
5	M003R	45.94 mg/L

FUENTE: PROPIA (2018)

**Interpretación:**

En la **Tabla 19** se tienen resultados respecto a la concentración de zinc presente en las muestras, tomados en diferentes periodos de tiempo, con lo que se puede observar que la presencia de este metal en las muestras de agua varía principalmente por el periodo de tiempo de muestreo, las condiciones de toma de muestra y el volumen de producción.

- **DBO**

**Tabla 20** Resultado de las pruebas de DBO de las muestras iniciales

Numero de Muestra	Código de Muestra	DBO
0	M2017	840 mg/L
1	MI001	
2	MI002	871 mg/L
3	M001R	871 mg/L
4	M002R	871 mg/L
5	M003R	871 mg/L

FUENTE: PROPIA (2018)

**Interpretación:**

En la **Tabla 20** se tienen en función al parámetro de Demanda Bioquímica de Oxígeno, se puede observar que las muestras presentan valores elevados respecto a las VMA que nos dan como valor límite umbral una concentración de 500 mg/L.

**- DQO****Tabla 21** Resultado de las pruebas de DQO de las muestras iniciales

Numero de Muestra	Código de Muestra	DQO
0	M2017	2 500 mg/L
1	MI001	-
2	MI002	13 240 mg/L
3	M001R	13 240 mg/L
4	M002R	13 240 mg/L
5	M003R	13 240 mg/L

FUENTE: PROPIA (2018)

**Interpretación:**

En la **Tabla 21** apreciando los resultados según la Demanda Química de Oxígeno, los resultados obtenidos en comparación al año 2017 son muy elevados, esto corresponde debido a que existen muchas sustancias que son susceptibles a oxidarse químicamente en la muestra de agua analizada,

### 3.1.3. Condiciones de Operación

- **Muestra: M001R**  
**Tratamiento: T3**

**Tabla 22** Condiciones del Tratamiento 3

CARACTERISTICAS	Unid.	DATOS
Tiempo	min	15
Material de las Placas	s/u	Hierro/ Zinc
Volumen de la Celda	cm <sup>3</sup>	6000
Voltaje	v	25
Volumen de la muestra	L	4 (muestras de 1L)
pH	s/u	7.15
Distancia entre placas	cm	3.5

FUENTE: PROPIA (2018)

**Observaciones:** En la **Tabla 22** El volumen de muestra que sometido al tratamiento bajo estas condiciones (Tratamiento 3) fueron un total de 4 litros, separados en sub muestras, ya que se realizaron corridas de 1 litro, para tener mayor confiabilidad de los resultados obtenidos.

- **Muestra: M002R**  
**Tratamiento: T2**

**Tabla 23** Condiciones del Tratamiento 2

CARACTERISTICAS	Unid.	DATOS
Tiempo	min	10
Material de las Placas	s/u	Hierro/ Zinc
Volumen de la Celda	cm <sup>3</sup>	6000
Voltaje	v	15
Volumen de la muestra	L	4 (muestras de 1L)
pH	s/u	7.07
Distancia entre placas	cm	3.5

FUENTE: PROPIA (2018)

**Observaciones:** En la **Tabla 23** El volumen de muestra que sometido al tratamiento bajo estas condiciones (Tratamiento 2) fueron un total de 4 litros, separados en sub muestras, ya que se realizaron corridas de 1 litro, para tener mayor confiabilidad de los resultados obtenidos.

- **Muestra: M003R**  
**Tratamiento: T1**

**Tabla 24** Condiciones del Tratamiento 1

<b>CARACTERISTICAS</b>	<b>Unid.</b>	<b>DATOS</b>
Tiempo	min	5
Material de las Placas	s/u	Hierro/ Zinc
Volumen de la Celda	cm <sup>3</sup>	6000
Voltaje	v	2.5
Volumen de la muestra	L	4 (muestras de 1L)
pH	s/u	6.95
Distancia entre placas	cm	3.5

**FUENTE:** PROPIA (2018)

**Observaciones:** En la **Tabla 24** El volumen de muestra que sometido al tratamiento bajo estas condiciones (Tratamiento 1) fueron un total de 4 litros, separados en sub muestras, ya que se realizaron corridas de 1 litro, para tener mayor confiabilidad de los resultados obtenidos.

## 3.2. ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE LAS MUESTRAS DESPUES DEL TRATAMIENTO

### 3.2.1. Pruebas Organolépticas

#### - Olor

**Tabla 25** Resultado de las pruebas de Olor de las muestras a tratadas

Numero de Muestra	Antecedente	Código de Muestra	Olor
1	M001R	M001R-T3	Similar a productos de limpieza.
2	M002R	M002R-T2	Similar a productos de limpieza.
3	M003R	M003R-T1	Similar a productos de limpieza.

FUENTE: PROPIA (2018)

#### **Interpretación:**

En la **Tabla 25** según los resultados respecto al olor presente en las muestras luego de aplicar el tratamiento, se tiene que las tres muestras presentan el mismo patrón de olor, todas mantienen un olor característico en productos de limpieza.

#### - Color

**Tabla 26** Resultado de las pruebas de Color de las muestras a tratadas

Numero de Muestra	Antecedente	Código de Muestra	Color
1	M001R	M001R-T3	Color Anaranjado
2	M002R	M002R-T2	Color amarillo oscuro
3	M003R	M003R-T1	Color ligeramente transparente

FUENTE: PROPIA (2018)

**Interpretación:**

En la **Tabla 26** según las muestras analizadas, se observa gran variación respecto a los tres tratamientos aplicados, ya que según la cantidad de voltaje y tiempo, la muestra varió su color, de un color ligeramente transparente a un color anaranjado.

**3.2.2. Pruebas Físico - Químicas****- Sólidos Suspendedos Totales**

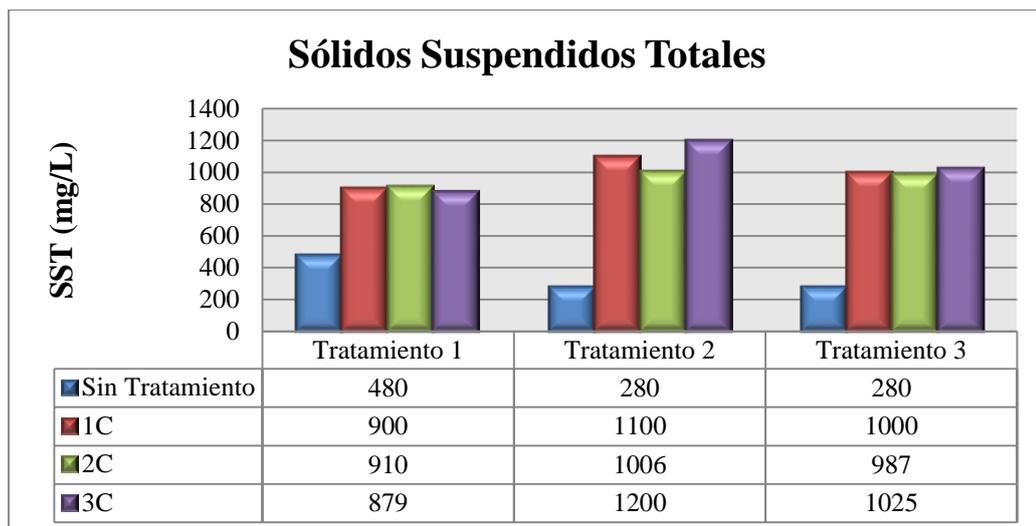
**Tabla 27** Resultado de las pruebas de Sólidos Suspendedos Totales de las muestras a tratadas

Numero de Muestra	Antecedente	Código de Muestra	Sólidos Suspendedos Totales
1	M001R	M001R-T3 (1C)	1000 mg/L
		M001R-T3 (2C)	987 mg/L
		M001R-T3 (3C)	1025 mg/L
2	M002R	M002R-T2 (1C)	1100 mg/L
		M002R-T2 (2C)	1006 mg/L
		M002R-T2 (3C)	1200 mg/L
3	M003R	M003R-T1 (1C)	900 mg/L
		M003R-T1 (2C)	910 mg/L
		M003R-T1 (3C)	879 mg/L

**FUENTE:** PROPIA (2018)

**Interpretación:**

En la **Tabla 27** se tiene que la evaluación respecto al parámetro de Sólidos Suspendedos Totales, que indica la cantidad de partículas de origen orgánico e inorgánico se encuentran presentes en la muestra, están elevadas respecto a las muestras iniciales.



**Gráfico 01**

Variación de Sólidos Suspendidos Totales en las muestras por Tratamiento

En el Gráfico 01, se puede observar según la imagen, que la cantidad de sólidos suspendidos totales aumentan respecto a sus valores iniciales, y dentro del grupo de tratamientos aplicados, el Tratamiento 1 es el que evidencia un menor porcentaje de aumento comparado a los otros Tratamientos.

**- Temperatura**

**Tabla 28** Resultado de las medidas de Temperatura de las muestras a tratadas

Numero de Muestra	Antecedente	Código de Muestra	Temperatura
1	M001R	M001R-T3 (1C)	23.5 °C
		M001R-T3 (2C)	23.4 °C
		M001R-T3 (3C)	23.2 °C
2	M002R	M002R-T2 (1C)	23.1 °C
		M002R-T2 (2C)	23.3 °C
		M002R-T2 (3C)	23.5 °C
3	M003R	M003R-T1 (1C)	23.4 °C
		M003R-T1 (2C)	23.1 °C
		M003R-T1 (3C)	23.5 °C

**FUENTE: PROPIA (2018)**

**Interpretación:**

En la **Tabla 28** se observan los resultados obtenidos respecto al parámetro de la temperatura, se ve que q todas las muestras se encuentran a una temperatura similar, lo que es provechoso, ya que la temperatura influye directamente en la química del agua relacionada a las funciones de los microorganismos presentes en esta, influyendo directamente en la cantidad de oxígeno que puede disolverse en la muestra de agua.

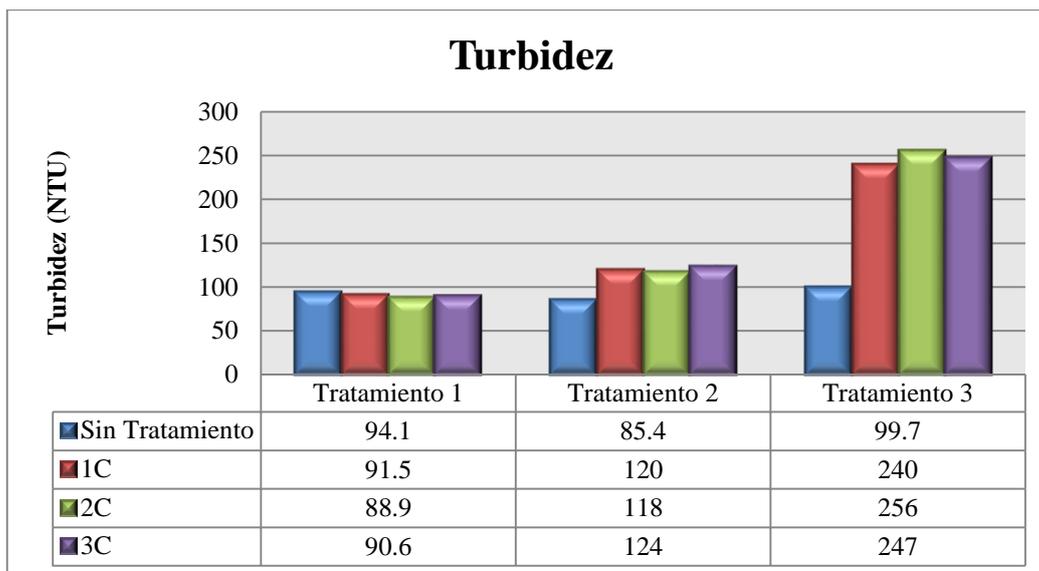
- **Turbidez****Tabla 29** Resultado de las medidas de Temperatura de las muestras a tratadas

<b>Numero de Muestra</b>	<b>Antecedente</b>	<b>Código de Muestra</b>	<b>Turbidez</b>
		M001R-T3 (1C)	240 NTU
1	M001R	M001R-T3 (2C)	256 NTU
		M001R-T3 (3C)	247 NTU
		M002R-T2 (1C)	120 NTU
2	M002R	M002R-T2 (2C)	118 NTU
		M002R-T2 (3C)	124 NTU
		M003R-T1 (1C)	91.5 NTU
3	M003R	M003R-T1 (2C)	88.9 NTU
		M003R-T1 (3C)	90.6 NTU

**FUENTE:** PROPIA (2018)

**Interpretación:**

En la **Tabla 29** se puede observar que los valores respecto al parámetro de turbidez, los cuales refieren a la cantidad de sólidos suspendidos presentes en la muestra, según los datos obtenidos y observados, se estima que la muestra del tratamiento tres presente mayor turbidez, debido a que esta presenta un color más oscuro respecto a las otras muestras.



**Gráfico 02**

Comportamiento de la Turbidez en las muestras por Tratamiento

En el **Gráfico 02**, se puede observar según la imagen, que la variación que se tiene respecto al parámetro de turbidez al aplicar los Tratamientos, observando que al aplicar el tratamiento 1, la turbidez no aumenta en gran cantidad respecto a su dato inicial, siendo la mejor condición para aplicar si se pretende reducir este parámetro en una muestra.

- **pH**

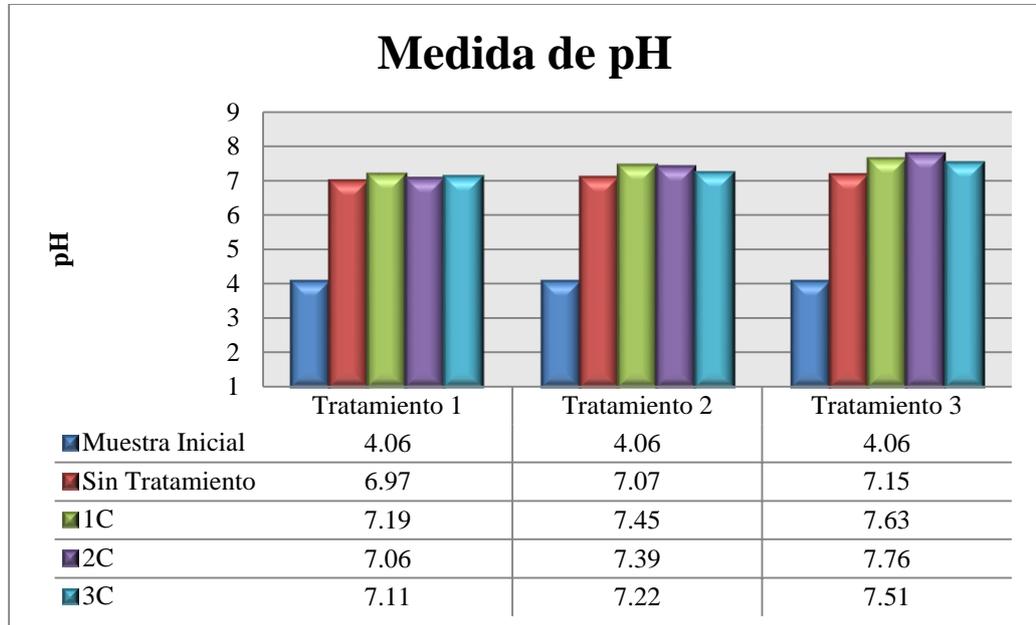
**Tabla 30** Resultado de las medidas de pH de las muestras a tratadas

Numero de Muestra	Antecedente	Código de Muestra	pH
1	M001R	M001R-T3 (1C)	7.63
		M001R-T3 (2C)	7.76
		M001R-T3 (3C)	7.51
2	M002R	M002R-T2 (1C)	7.45
		M002R-T2 (2C)	7.39
		M002R-T2 (3C)	7.22
3	M003R	M003R-T1 (1C)	7.19
		M003R-T1 (2C)	7.06
		M003R-T1 (3C)	7.11

**FUENTE:** PROPIA (2018)

**Interpretación:**

En la **Tabla 30** se puede observar que los valores respecto al parámetro de pH, con lo que se puede notar que todas las muestras mantienen un patrón de resultados, ya que en un rango casi neutro.



**Gráfico 03**

Variación del pH en las muestras por Tratamiento

En el **Gráfico 03**, se observa, que los valores del pH respecto a las muestras iniciales y las que se tomaron antes del tratamiento, aumentan en significativamente, lo que indica que la naturaleza acida de las aguas, llega casi a neutralizarse luego de aplicar los tratamientos de electrodiálisis a cual sea las condiciones, ya que para las tres se obtuvieron resultados favorables respecto a este parámetro.

- **Oxígeno Disuelto**

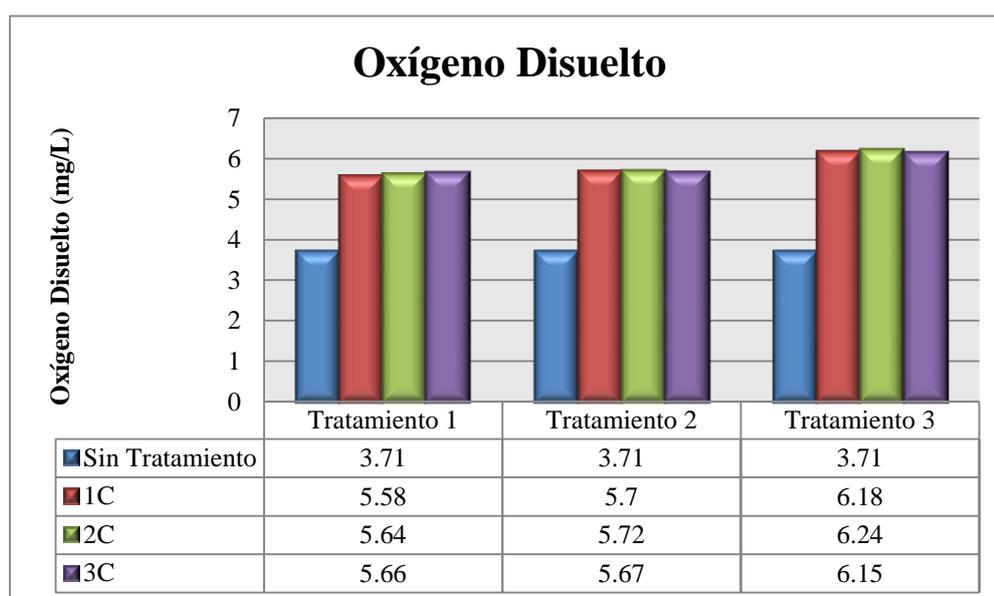
**Tabla 31** Resultado de las medidas de Oxígeno Disuelto de las muestras a tratadas

Numero de Muestra	Antecedente	Código de Muestra	Oxígeno Disuelto
1	M001R	M001R-T3 (1C)	6.18
		M001R-T3 (2C)	6.24
		M001R-T3 (3C)	6.15
2	M002R	M002R-T2 (1C)	5.70
		M002R-T2 (2C)	5.72
		M002R-T2 (3C)	5.67
3	M003R	M003R-T1 (1C)	5.58
		M003R-T1 (2C)	5.64
		M003R-T1 (3C)	5.66

FUENTE: PROPIA (2018)

**Interpretación:**

En la **Tabla 31** se puede tener los valores del análisis de Oxígeno Disuelto, los que respecto a los resultados iniciales han aumentado notablemente, lo que resulta beneficioso, ya que indica que la concentración de minerales ha disminuido.



**Gráfico 04**

Variación del Oxígeno Disuelto en las muestras por Tratamiento

En el **Gráfico 04**, se observa, lo beneficiosos que resulta aplicar los tratamientos de electrodiálisis para aumentar la cantidad de oxígeno disuelto en una muestra, ya que según los gráficos, la cantidad de oxígeno disuelto aumentó significativamente respecto a la muestra sin tratamiento, siendo el tratamiento 3 el más efectivo, ya que llegó a aumentar hasta casi el doble de su concentración inicial.

- **Concentración de Aluminio (mg/L)**

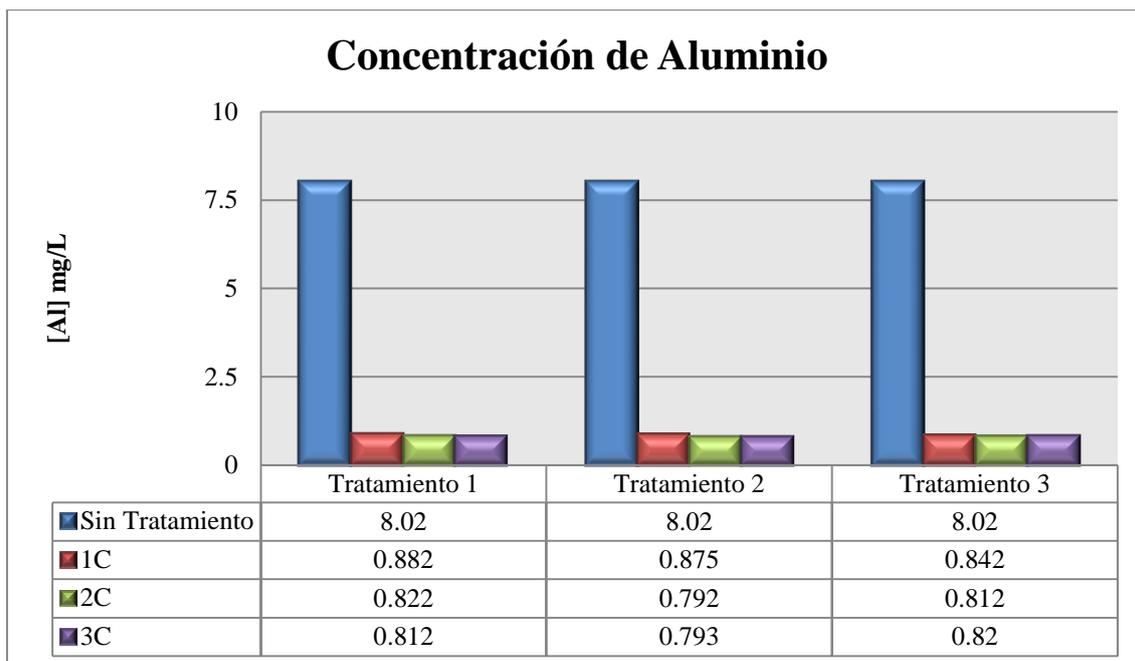
**Tabla 32** Resultado de las medidas de Concentración de Aluminio (mg/L) de las muestras a tratadas

<b>Numero de Muestra</b>	<b>Antecedente</b>	<b>Código de Muestra</b>	<b>Concentración de Aluminio (mg/L)</b>
		M001R-T3 (1C)	0.842
1	M001R	M001R-T3 (2C)	0.812
		M001R-T3 (3C)	0.820
		M002R-T2 (1C)	0.875
2	M002R	M002R-T2 (2C)	0.792
		M002R-T2 (3C)	0.793
		M003R-T1 (1C)	0.882
3	M003R	M003R-T1 (2C)	0.822
		M003R-T1 (3C)	0.812

**FUENTE:** PROPIA (2018)

**Interpretación:**

En la **Tabla 32** según los tratamientos aplicados, se observa que la concentración de aluminio re dedujo notablemente, respecto a los resultados iniciales y respecto a la muestra antes de aplicar el tratamiento.



**Gráfico 05**

Variación de la Concentración de Aluminio en las muestras por Tratamiento

En el **Gráfico 05**, se observa que al aplicar los tratamientos de electrodiálisis, la concentración de aluminio presente inicialmente, reduce notablemente su concentración, teniendo como condiciones efectivas las del tratamiento 2.

### 3.2.3. PORCENTAJE DE REDUCCIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE ALUMINIO EN LAS MUESTRAS ANALIZADAS

Fórmula aplicada

$$\% \text{ Reducción} = \left( 1 - \frac{\text{Concentración Final}}{\text{Concentración Inicial}} \right) \times 100 \%$$

**Concentración Final:** Concentración promedio, luego de aplicar el tratamiento

**Concentración Inicial:** Concentración antecedente, antes de aplicar el tratamiento

### CONDICIONES: TRATAMIENTO 1

<b>Concentración inicial</b>		<b>8.02 mg/L</b>		<b>Promedio</b>
<b>Concentración Final</b>	0.882 mg/L	0.822 mg/L	0.812 mg/L	<b>0.839 mg/L</b>

$$\% \text{ Reducción} = \left(1 - \frac{0.839 \text{ mg/L}}{8.02 \text{ mg/L}}\right) \times 100 \%$$

$$\% \text{ Reducción} = (1 - 0.1046) \times 100 \%$$

$$\% \text{ Reducción} = (0.8954) \times 100 \%$$

$$\% \text{ Reducción} = \mathbf{89.54\%}$$

### CONDICIONES: TRATAMIENTO 2

<b>Concentración inicial</b>		<b>8.02 mg/L</b>		<b>Promedio</b>
<b>Concentración Final</b>	0.875 mg/L	0.792 mg/L	0.793 mg/L	<b>0.820 mg/L</b>

$$\% \text{ Reducción} = \left(1 - \frac{0.820 \text{ mg/L}}{8.02 \text{ mg/L}}\right) \times 100 \%$$

$$\% \text{ Reducción} = (1 - 0.1022) \times 100 \%$$

$$\% \text{ Reducción} = (0.8978) \times 100 \%$$

$$\% \text{ Reducción} = \mathbf{89.76\%}$$

### CONDICIONES: TRATAMIENTO 3

<b>Concentración inicial</b>		<b>8.02 mg/L</b>		<b>Promedio</b>
<b>Concentración Final</b>	0.842 mg/L	0.812 mg/L	0.820 mg/L	<b>0.825 mg/L</b>

$$\% \text{ Reducción} = \left(1 - \frac{0.825 \text{ mg/L}}{8.02 \text{ mg/L}}\right) \times 100 \%$$

$$\% \text{ Reducción} = (1 - 0.1028) \times 100 \%$$

$$\% \text{ Reducción} = (0.8972) \times 100 \%$$

$$\% \text{ Reducción} = \mathbf{89.72\%}$$

- **Concentración de Zinc (mg/L)**

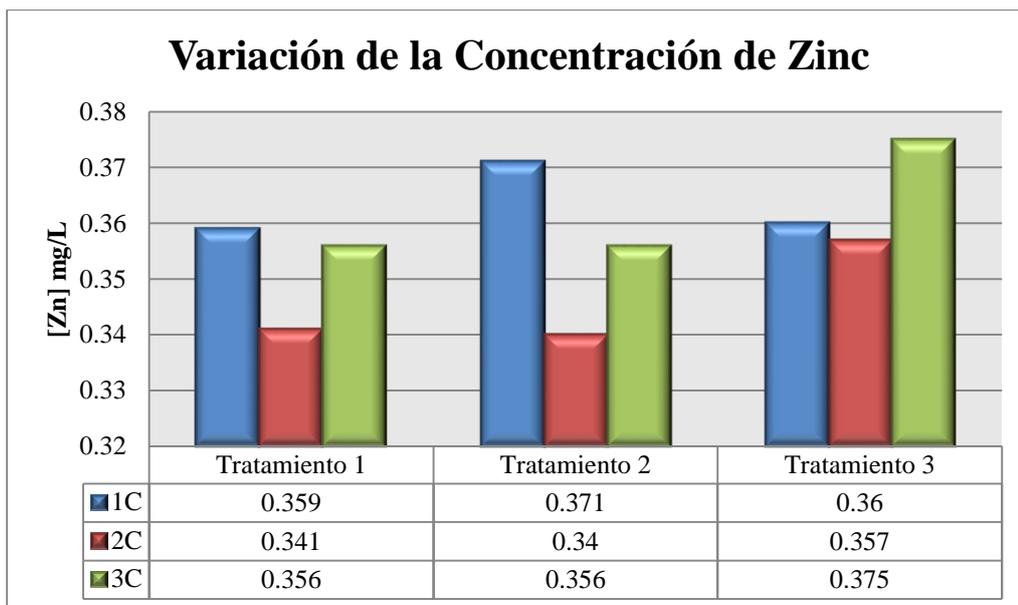
**Tabla 33** Resultado de las medidas de Concentración de Zinc (mg/L) de las muestras a tratadas

<b>Numero de Muestra</b>	<b>Antecedente</b>	<b>Código de Muestra</b>	<b>Concentración de Zinc (mg/L)</b>
1	M001R	M001R-T3 (1C)	0.360
		M001R-T3 (2C)	0.357
		M001R-T3 (3C)	0.375
2	M002R	M002R-T2 (1C)	0.371
		M002R-T2 (2C)	0.340
		M002R-T2 (3C)	0.356
3	M003R	M003R-T1 (1C)	0.359
		M003R-T1 (2C)	0.341
		M003R-T1 (3C)	0.356

**FUENTE:** PROPIA (2018)

**Interpretación:**

En la **Tabla 33** según los datos presentados, en base a la concentración de Zinc presentes en las muestras luego de aplicarles el tratamiento redujo de forma positiva.



**Gráfico 06**

Variación de la Concentración de Zinc en las muestras por Tratamiento

En el **Gráfico 06**, se observa que al aplicar los tratamientos de electrodiálisis, la concentración de zinc varía notablemente, pero no se mantiene homogeneidad en sus resultados, excepto en el tratamiento 3, pero comparados al tratamiento que presente mayor disminución de zinc, podemos aplicar el Tratamiento 1 y Tratamiento 2.

#### 3.2.4. PORCENTAJE DE REDUCCIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE ZINC EN LAS MUESTRAS ANALIZADAS

Fórmula aplicada

$$\% \text{ Reducción} = \left( 1 - \frac{\text{Concentración Final}}{\text{Concentración Inicial}} \right) \times 100 \%$$

**Concentración Final:** Concentración promedio, luego de aplicar el tratamiento

**Concentración Inicial:** Concentración antecedente, antes de aplicar el tratamiento

### CONDICIONES: TRATAMIENTO 1

<b>Concentración inicial</b>		<b>45.94 mg/L</b>			<b>Promedio</b>
<b>Concentración Final</b>	0.359 mg/L	0.341 mg/L	0.356 mg/L		<b>0.352 mg/L</b>

$$\% \text{ Reducción} = \left(1 - \frac{0.352 \text{ mg/L}}{45.94 \text{ mg/L}}\right) \times 100 \%$$

$$\% \text{ Reducción} = (1 - 0.0076621) \times 100 \%$$

$$\% \text{ Reducción} = (0.9923) \times 100 \%$$

$$\% \text{ Reducción} = \mathbf{99.23\%}$$

### CONDICIONES: TRATAMIENTO 2

<b>Concentración inicial</b>		<b>45.94 mg/L</b>			<b>Promedio</b>
<b>Concentración Final</b>	0.371 mg/L	0.340 mg/L	0.356 mg/L		<b>0.356 mg/L</b>

$$\% \text{ Reducción} = \left(1 - \frac{0.356 \text{ mg/L}}{45.94 \text{ mg/L}}\right) \times 100 \%$$

$$\% \text{ Reducción} = (1 - 0.007741) \times 100 \%$$

$$\% \text{ Reducción} = (0.99225) \times 100 \%$$

$$\% \text{ Reducción} = \mathbf{99.23\%}$$

### CONDICIONES: TRATAMIENTO 3

<b>Concentración inicial</b>		<b>45.94 mg/L</b>			<b>Promedio</b>
<b>Concentración Final</b>	0.360 mg/L	0.357 mg/L	0.375 mg/L		<b>0.364 mg/L</b>

$$\% \text{ Reducción} = \left(1 - \frac{0.364 \text{ mg/L}}{45.94 \text{ mg/L}}\right) \times 100 \%$$

$$\% \text{ Reducción} = (1 - 0.007923) \times 100 \%$$

$$\% \text{ Reducción} = (0.9921) \times 100 \%$$

$$\% \text{ Reducción} = \mathbf{99.21\%}$$

- **DBO (mg/L)**

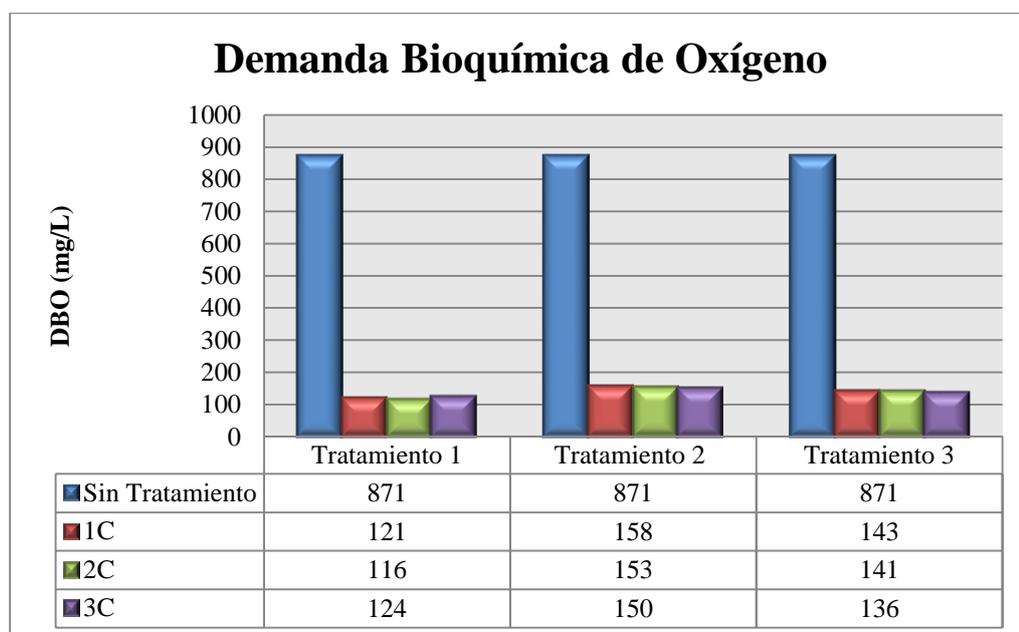
**Tabla 34** Resultado de las medidas de DBO (mg/L) de las muestras a tratadas

Numero de Muestra	Antecedente	Código de Muestra	DBO (mg/L)
1	M001R	M001R-T3 (1C)	143
		M001R-T3 (2C)	141
		M001R-T3 (3C)	142
2	M002R	M002R-T2 (1C)	158
		M002R-T2 (2C)	153
		M002R-T2 (3C)	150
3	M003R	M003R-T1 (1C)	121
		M003R-T1 (2C)	116
		M003R-T1 (3C)	124

FUENTE: PROPIA (2018)

**Interpretación:**

En la **Tabla 34** se observa que los resultados respecto al parámetro de DBO, comparados con las muestras iniciales, se han reducido en mayor proporción. Lo que indica que el tratamiento aplicado resulta efectivo para este indicador de calidad.



**Gráfico 07**

Variación del DBO por Tratamiento

En el **Gráfico 07**, se observa que los valores de DBO respecto a la muestra inicial, disminuyen de forma considerable, lo que indica que el tratamiento aplicado también resulta eficiente para su aplicación en reducción de este parámetro, se observa que el mayor porcentaje de reducción se encuentra en el Tratamiento 1.

- **DQO (mg/L)**

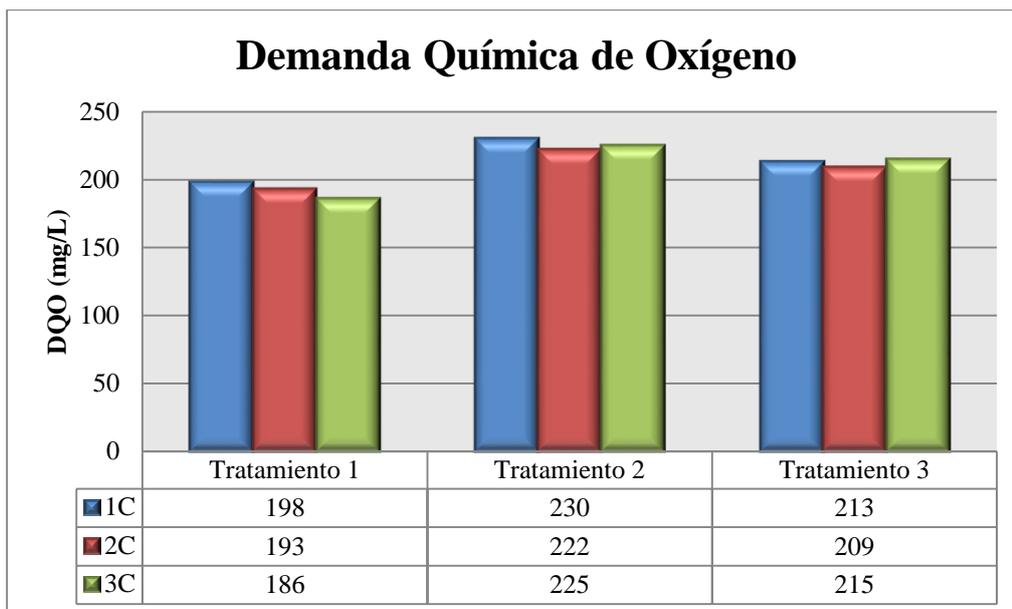
**Tabla 35** - Resultado de las medidas de DQO (mg/L) de las muestras a tratadas

<b>Numero de Muestra</b>	<b>Antecedente</b>	<b>Código de Muestra</b>	<b>DQO (mg/L)</b>
		M001R-T3 (1C)	213
1	M001R	M001R-T3 (2C)	209
		M001R-T3 (3C)	215
		M002R-T2 (1C)	230
2	M002R	M002R-T2 (2C)	222
		M002R-T2 (3C)	225
		M003R-T1 (1C)	198
3	M003R	M003R-T1 (2C)	193
		M003R-T1 (3C)	186

**FUENTE:** PROPIA (2018)

**Interpretación:**

En la **Tabla 35** se puede observar que los valores respecto al indicador DQO también han reducido notablemente respecto a los resultados iniciales, esto garantiza que los tratamientos aplicados resultaron provechosos.



**Gráfico 08**

Variación del DQO por Tratamiento

En el **Gráfico 08**, se observa que los valores de DQO no varían en mayor proporción, varían en mínimos valores, lo que indica que resultan efectivas las técnicas electrodiálíticas, pero en comparación a los tres tratamientos, es el Tratamiento 3 el que redujo en mayor proporción el DQO en la muestra tratada.

### 3.3. ANÁLISIS INFERENCIAL

#### 3.3.1. PRUEBA DE NORMALIDAD DE LOS DATOS

##### Concentración de Aluminio

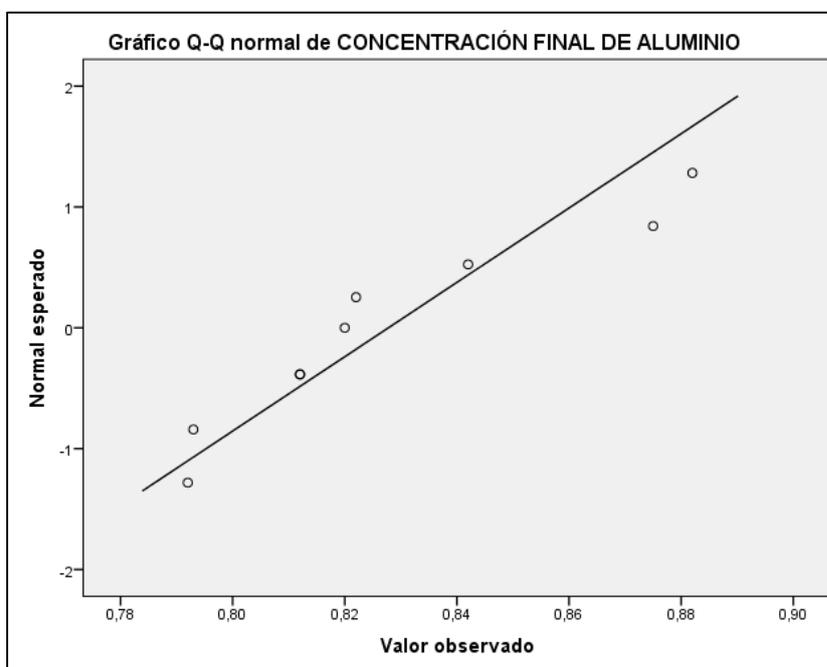
La prueba estadística de normalidad sobre la concentración de aluminio, indican que los datos se encuentran distribuidos de forma normal.

Según la gráfica de probabilidad normal en cuento a la concentración final de aluminio después del tratamiento (mg/L) presentan una distribución normal, para lo cual se obtuvo del p con un valor de 0,175

**Tabla 36** Resultado de las Pruebas de Normalidad para evaluar la concentración de Aluminio luego de aplicar los Tratamientos

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
TRATAMIENTO	,823	9	,037
CONCENTRACIÓN FINAL DE ALUMINIO	,884	9	,175

FUENTE: PROPIA (2018)



**Gráfica 09**

Prueba de Normalidad en la Concentración Final de Aluminio después de aplicar los tratamientos

### Criterio Usado para la distribución de datos normales

- Si  $p - \text{Valor} > 0.05$ , La muestra proviene de una distribución normal
- Si  $p - \text{Valor} < 0.05$ , La muestra no proviene de una distribución normal

### Concentración de Zinc

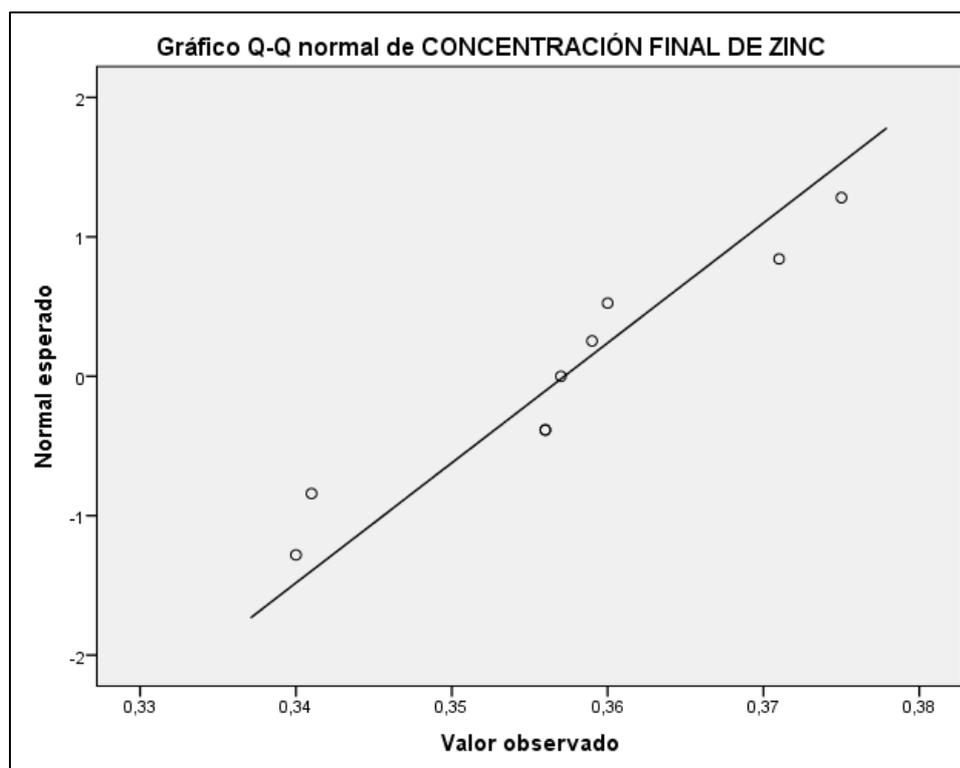
La prueba estadística de normalidad sobre la concentración de zinc, nos indica que los datos obtenidos se encuentran distribuidos de forma normal.

Según la gráfica de probabilidad normal en cuento a la concentración final de zinc después del tratamiento (mg/L) se puede observar que presenta una distribución normal, para lo cual se obtuvo del p con un valor de 0,344.

**Tabla 37** Resultado de las Pruebas de Normalidad para evaluar la concentración de Zinc luego de aplicar los Tratamientos

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
TRATAMIENTO	,823	9	,037
CONCENTRACIÓN FINAL DE ZINC	,914	9	<b>,344</b>

FUENTE: PROPIA (2018)



**Gráfica 10**

Prueba de Normalidad en la Concentración Final de Zinc después de aplicar los tratamientos

### Criterio Usado para la distribución de datos normales

- Si  $p - \text{Valor} > 0.05$ , La muestra proviene de una distribución normal
- Si  $p - \text{Valor} < 0.05$ , La muestra no proviene de una distribución normal

### 3.3.2. PRUEBA DE T PARA MUESTRAS RELACIONADAS

#### Para el tratamiento del Aluminio

Una vez verificada la normalidad de los datos, se aplica el análisis de comparación de medias (Prueba T) sobre los resultados obtenidos en los tratamientos aplicados para el aluminio, obteniéndose mediante el software SPSS el resultado que se observa en la tabla 38.

Considerando un alfa de 0.05 y con 95 % de nivel de confianza, se plantea:

- H0:** El método de electrodiálisis NO permite reducir la concentración de aluminio para mejorar la calidad de los efluentes de un laboratorio farmacéutico será de 80%, Chorrillos - 2018
- Ha:** El método de electrodiálisis permite reducir la concentración de aluminio para mejorar la calidad de los efluentes de un laboratorio farmacéutico será de 80%, Chorrillos - 2018

**Tabla 38** Resultado de las Pruebas T para muestras relacionadas, respecto a la concentración final de Aluminio

Prueba de muestras relacionadas								
	Diferencias relacionadas					t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media	95% Intervalo de confianza para la diferencia				
				Inferior	Superior			
TRATAMIENTO - Par 1 CONCENTRACIÓN FINAL DE ALUMINIO	1,172222	,872672	,290891	,501427	1,843017	4,030	8	,004

FUENTE: PROPIA (2018)

En la **Tabla 38**, se tiene un p menor a 0.05 con un nivel de confianza del 95 %, por lo cual la hipótesis nula queda desestimada, aceptándose la hipótesis alterna, es decir: *“El método de electrodiálisis permite reducir la concentración de aluminio para mejorar la calidad de los efluentes de un laboratorio farmacéutico será de 80%, Chorrillos 2018”*.

### Para el tratamiento del Zinc

Una vez verificada la normalidad de los datos, se aplica el análisis de comparación de medias (Prueba T) sobre los resultados obtenidos en los tratamientos aplicados para el Zinc, obteniéndose mediante el software SPSS el resultado que se observa en la tabla 39.

Considerando un alfa de 0.05 y con 95 % de nivel de confianza, se plantea:

- H0:** El método de electrodiálisis NO permite reducir la concentración de zinc para mejorar la calidad de los efluentes de un laboratorio farmacéutico será de 80%, Chorrillos - 2018
- Ha:** El método de electrodiálisis permite reducir la concentración de zinc para mejorar la calidad de los efluentes de un laboratorio farmacéutico será de 80%, Chorrillos – 2018

**Tabla 39** Resultado de las Pruebas T para muestras relacionadas, respecto a la concentración final de Zinc

Prueba de muestras relacionadas								
	Diferencias relacionadas					t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media	95% Intervalo de confianza para la diferencia				
				Inferior	Superior			
Par 1 TRATAMIENTO - CONCENTRACIÓN FINAL DE ZINC	1,642778	,860892	,286964	,981038	2,304518	5,725	8	<b>,000</b>

FUENTE: PROPIA (2018)

En la **Tabla 39**, se tiene un p menor a 0.05 con un nivel de confianza del 95 %, por lo cual la hipótesis nula queda desestimada, aceptándose la hipótesis alterna, es decir: *“El método de electrodiálisis permite reducir la concentración de zinc para mejorar la calidad de los efluentes de un laboratorio farmacéutico será de 80%, Chorrillos 2018”*.

## IV. DISCUSIÓN

Las técnicas electroquímicas son aquellas que tienen función en la interrelación entre los sistemas químicos y eléctricos, cuando los dos coexisten en un solo proceso. Principalmente se centran en la descomposición, a partir de la energía eléctrica, la cual actúa como fuente para llevar a cabo la degradación de los contaminantes mediante las reacciones electrolíticas. (Farrera, 2013), bajo este contexto los tratamientos electrodiálíticos en la muestra tratada, presentaron una tendencia elevada para reducir el Aluminio y Zinc presentes en ella, obteniendo un porcentaje de reducción de 89.68 % y 99.22 % respectivamente, como porcentaje general de efectividad del tratamiento.

Las técnicas Electrodiálíticas también resultan efectivas para reducir la cantidad de sales en aguas, se consideraron factores de control como voltaje, que varió de 0 a 30 Voltios, además la temperatura efectiva fue la del ambiente, el volumen del tanque de operación fue de 3000 cm<sup>3</sup>, la separación de las placas fue de 4 cm, obteniendo un porcentaje de desalinización de 67.10% (Medina, 2009). En tanto, en nuestra investigación para la reducción del aluminio, se desarrolló en una celda de 6000 cm<sup>3</sup> con tres muestras de 1000 mL cada una, además se consideró como distancia entre las placas de 3.5 cm. Para aplicar el **Tratamiento 1**, la muestra inicial presentó un pH de 6.95 además de una concentración inicial de aluminio de 8.02 mg/L, para las condiciones de operación se consideró un voltaje de 2.5 V por un periodo de tiempo de 5 minutos, que permitió alcanzar una concentración final de 0.839 mg/L que representa un **89.54%** de reducción. En el **Tratamiento 2**, se consideró un voltaje de 15 V por un periodo de tiempo de 10 minutos y un pH de 7.07, se obtuvo una concentración final de 0.820 mg/L, que expresado en porcentaje, equivale a un **89.78%** de reducción. Y finalmente el **tratamiento 3**, se consideró un pH de 7.15, un voltaje de 25 V durante un tiempo de 15 minutos, los que permitieron reducir la concentración inicial hasta 0.825 mg/L, que representa **89.71%**. De los resultados indicados, se observa que el tratamiento 2 es el que presenta un mayor porcentaje de reducción de aluminio.

La aplicación de las técnicas de electrodiálisis también fueron empleadas para la recuperación de níquel en efluentes galvánicos, se consideró como factor importante

para desarrollar esta investigación, que la concentración del Niquel en muestras iniciales, no debía ser menor a 1000 ppm, los factores de control fueron principalmente las de voltaje, que se desarrollaron a 5 V, 10 V y 15 V todas aplicadas por un minuto, de ello se obtuvo un porcentaje de recuperación de 99.2%. (Castillo y Lucas, 2015), en cuanto en nuestra investigación, se consideraron similares cargas voltaicas, pero variaron en función del tiempo de aplicación, en la reducción del Zinc, se desarrolló en una celda de 6000 cm<sup>3</sup>, con tres muestras de 1000 mL cada una, además se consideró como distancia entre las placas de 3.5 cm. Para aplicar el **tratamiento 1**, la muestra inicial presentó un pH de 6.95 además de una concentración inicial de Zinc de 45.94mg/L, para las condiciones de operación se consideró un voltaje de 2.5 V por un periodo de tiempo de 5 minutos, que permitió alcanzar una concentración final de 0.352 mg/L que representa un **99.23%** de reducción. Respecto al **Tratamiento 2** se consideró un voltaje de 15 V por un periodo de tiempo de 10 minutos y un pH de 7.07; para el cual se obtuvo una concentración final de 0.356 mg/L que expresado en porcentaje, equivale a un **99.23%** de reducción. Y finalmente para el **tratamiento 3** se consideró un pH de 7.15, un voltaje de 25 V durante un tiempo de 15 minutos, los que permitieron reducir la concentración inicial hasta 0.364 mg/L que representa **99.21 %**. De los siguientes resultados, se observa que el tratamiento 1 y tratamiento 2, presentaron un porcentaje de reducción similar, por lo cual ambos resultan efectivos para el tratamiento de la muestra presentada.

Además de tratar los metales en la muestra de agua residual, se consideraron otros parámetros, los que también presentaron reducción, entre estos tenemos; la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), que presentó una concentración inicial de 871 mg/L, que luego de la aplicación de los Tratamientos se obtuvo una concentración final promedio de 138.67 mg/L, lo cual representa un 84.08 % de reducción. Además de la Demanda Química de Oxígeno (DQO), que inicialmente presentó una concentración de 13240 mg/L, la que luego de aplicar los Tratamientos a diferentes concentraciones, se obtuvo como resultado promedio 210.11 mg/L, que expresado en porcentaje representa un 98.41% de reducción.

## V. CONCLUSIÓN

- Las técnicas de Electrodiálisis aplicadas con el objetivo de reducir el aluminio y zinc presentes en muestras de efluentes de un laboratorio farmacéutico, resulta ser efectivas, ya que lograron reducirlos hasta un 94.45% lo que representa un alto porcentaje de remoción de contaminantes, convirtiéndola en una alternativa viable, y lograron mejorar la calidad de estos efluentes.
- La reducción de aluminio presente en aguas residuales provenientes de un laboratorio farmacéutico, a través de la técnica de electrodiálisis, resultó ser muy beneficiosa, ya que al evaluarla a diversas condiciones; en el tratamiento 1 redujo un 89.50%, en el tratamiento 2 redujo un 89.80% y en el tratamiento 3 redujo un 89.7%, lo que en síntesis este tratamiento permite reducir el aluminio hasta en un 89.67%, mejorando la calidad de los efluentes en función al aluminio presente.
- La reducción del zinc presente en aguas residuales provenientes de un laboratorio farmacéutico, aplicando la técnica de electrodiálisis, resultó ser muy beneficiosa, ya que al evaluarla a diversas condiciones; en el tratamiento 1 redujo un 99.23%, en el tratamiento 2 redujo un 99.23% y en el tratamiento 3 redujo un 99.21 % lo que en síntesis este tratamiento permite reducir el aluminio hasta en un 99.22%, mejorando la calidad de los efluentes respecto al zinc presente.
- Las condiciones de operación efectivas para la reducción de aluminio y zinc en muestras provenientes de un laboratorio farmacéutico se desarrollaron mediante la aplicación del tratamiento 2, ya que el mayor porcentaje de reducción de zinc y aluminio que se plantean en nuestra hipótesis, se dieron a estas condiciones, Además de la reducción de metales, según los resultados obtenidos, se comprueba la eficiencia de los tratamientos de electrodiálisis para la reducción de los parámetros de DBO y DQO, los cuales presentaron una concentración inicial de 871 mg/L y 13240 mg/L respectivamente, para los que, al aplicar el tratamiento bajo las condiciones del tratamiento 1, se

obtuvo un porcentaje de efectividad del 86.18% y 98.54%, en tanto con el tratamiento 2, se obtuvo una reducción de 82.36 % y 98.30 %; finalmente al aplicar el tratamiento 3 se obtuvo, un porcentaje de reducción del 83.93 % y 98.40%. Lo que indica que además de la efectividad del tratamiento en cuanto a la reducción de metales, se puede aplicar este tratamiento para reducir notablemente los parámetros de DBO y DQO.

- De acuerdo con los resultados obtenidos, podemos afirmar que las técnicas de electrodiálisis sobre efluentes provenientes de un laboratorio farmacéutico con el objetivo de reducir la cantidad de metales, en este caso Aluminio y Zinc, resultan muy beneficiosas, ya que según los resultados generales, la aplicación de estas técnicas lograron reducir los metales en un 89.68 % y 99.22 % respectivamente, lo que resulta muy beneficioso.

## VI. RECOMENDACIONES

- Al aplicar los tratamientos de electrodiálisis, se debe establecer un conjunto de condiciones iniciales a las cuales se va aplicar el tratamiento, ya que establecer rangos ayuda a tener una mayor eficiencia en la aplicación del tratamiento.
- Según las referencias bibliográficas, existen otros parámetros que influyen directamente en la reducción de los compuestos contaminantes, es por ello que es recomendable que además de variar la cantidad de voltaje aplicado a la muestra por un periodo de tiempo determinado, también se puede aumentar y reducir las distancias entre las placas, ya que estas podrían presentar mayor eficiencia al aplicar los tratamientos.
- Dentro características iniciales de las muestras, se evidenció la presencia de partículas grandes, trozos de plástico, trozos de maderas pequeñas, pero visibles, hasta se pudo observar la presencia de grasas, por lo que se recomienda aplicar un tratamiento primario, tal como la filtración de la muestra con diferentes números de mallas, y en el mejor de los casos con papel filtro.
- Según los resultados del parámetro analizado de sólidos suspendidos totales, la concentración de estos aumentó significativamente, por lo que es recomendable, que luego de aplicar el tratamiento electroquímico, se prepare un tratamiento terciario de coagulación y floculación, ya sea con compuestos químicos ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  ó  $\text{FeCl}_3$ ) o preferentemente con compuestos naturales (*Moringa oleífera*, *Cassia obtusifolia*, *Aloe Vera*, etc), ya que estos no son dañinos con el medio ambiente.
- El tratamiento de electrodiálisis, es muy práctico, de fácil aplicación, y con altos porcentajes de rendimiento tras su aplicación, por lo cual, es recomendable aplicarlo no solo para la reducción de metales en muestras de agua, sino también para tratar otros tipos de contaminantes, en diferentes muestras de cualquier procedencia.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ✓ Aldana Arcila, E. (2014). Remoción de aluminio en aguas residuales industriales usando especies macrófitas: una aplicación para el pasto vetiver. [En línea] Manizales, COLOMBIA: Universidad Católica de Manizales. Disponible en: <http://repositorio.ucm.edu.co:8080/jspui/bitstream/handle/10839/782/Erika%20Juliana%20Aldana%20Arcila.pdf?sequence=1&isAllowed=y> [Fecha de Consulta: 6 de mayo 2018].
- ✓ ARANGO, Á. ed., (2015). La electrocoagulación: una alternativa para el tratamiento de aguas residuales. 2nd ed. [en línea] Colombia: Revista Lasallista de Investigación, [fecha de consulta: 20 de Abril 2018] Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=69520109>
- ✓ ARENAZ ERBURU, J. C. (1995). NTP 320: Umbrales olfativos y seguridad de sustancias químicas peligrosas. Recuperado de: [http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/301a400/ntp\\_320.pdf](http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/301a400/ntp_320.pdf)
- ✓ BVSDE. UNIDAD IV Conceptos de Hidrometría. Recuperado de: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/scan3/041225/041225-04.pdf> Disponible en: <http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/Demanda+Qu%C3%ADmica+de+Ox%C3%ADgeno..pdf/20030922-4f81-4e8f-841c-c124b9ab5adb>
- ✓ Candenas Henares, J. OLORES. DEFINICIÓN Y MEDICIÓN DEL OLOR. DESODORIZACIÓN POR VÍA SECA Y HÚMEDA. BIOFILTROS. TÉCNICAS COMBINADAS. (2007). Recuperado de: [http://www.cma.gva.es/comunes\\_asp/documentos/agenda/val/03.%20OLORES\\_JESUS%20CANDENAS.pdf](http://www.cma.gva.es/comunes_asp/documentos/agenda/val/03.%20OLORES_JESUS%20CANDENAS.pdf)
- ✓ CARIDAD, A. (2006). Revista CENIC Ciencias Biológicas. [en línea] Revista.cnic.edu.cu. Disponible en: <http://revista.cnic.edu.cu/revistaCB/sites/default/files/articulos/CB-2006-1-025-031.pdf> [fecha de consulta: 5 de Mayo 2018].
- ✓ Castillo Herrera, A. And Lucas Heras, L. (2015). Evaluación De Los Parámetros Operacionales En Un Equipo De Electrodialisis Para Recuperación De Iones Níquel A Partir De Efluentes Galvánicos. [Ebook] Trujillo: Biblioteca Digital - Dirección De Sistemas De Informática Y Comunicación, P.126. Disponible en:

- [http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/3624/CastilloHerrera\\_A%20-%20LucasHeras\\_L.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/3624/CastilloHerrera_A%20-%20LucasHeras_L.pdf?sequence=1&isAllowed=y) [Fecha de Consulta: 12 de mayo 2018].
- ✓ Castro, S., Medina, G., Simone, P., Huertas, R., Hill, M., Lucas, R. Y Mosacatelli, M. (2013). Manual De Procedimientos Analíticos Para Aguas Y Efluentes. 1st Ed. [En Línea] Uruguay: Laboratorio De Dinama, P.174. [fecha de consulta: 14 de Abril 2018] disponible en: [http://imasd.fcien.edu.uy/difusion/educamb/docs/pdfs/manual\\_dinama.pdf](http://imasd.fcien.edu.uy/difusion/educamb/docs/pdfs/manual_dinama.pdf)
  - ✓ Cidta.usal.es. (2018). [en línea] Disponible en: <http://cidta.usal.es/residuales/libros/logo/pdf/ELECTRODIALISIS.pdf> [fecha de consulta: 5 de Mayo 2018].
  - ✓ DIAZ, A. (2008). Tratamiento de Aguas Residuales. 1st ed. [en línea] Disponible en: <http://avdiaz.files.wordpress.com>[fecha de consulta: 5 de Mayo 2018].
  - ✓ ECHARRI, L. (2007). CONTAMINACIÓN DEL AGUA. 1st ed. [El Línea] España: Universidad de Navarra. [Fecha de consulta 7 de abril 2018]. Recuperado de: [http://biblioteca.iplacex.cl/RCA/Contaminación del agua.pdf](http://biblioteca.iplacex.cl/RCA/Contaminación%20del%20agua.pdf)
  - ✓ Farrera, L (2013) INTRODUCCIÓN A LA ELECTROQUÍMICA [El Línea] México: Universidad Nacional Autónoma de México [Fecha de consulta 2 de Noviembre 2018]. Recuperado de: [http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/INTRODUCCIONALAELECTROQUIMICA\\_22641.pdf](http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/INTRODUCCIONALAELECTROQUIMICA_22641.pdf)
  - ✓ Feng, Y., Yang, L., Liu, J. and Logan, B. (2016). Electrochemical technologies for wastewater treatment and resource reclamation. 2nd ed. [en línea] Pennsylvania, E.E.U.U.: ROYAL SOCIETY OF CHEMISTRY, p.32. Disponible en: <https://www.engr.psu.edu/ce/enve/logan/publications/2016-Feng-et-al-ESWRT-EC-review.pdf> [Fecha de Consulta: 26 de mayo 2018].
  - ✓ GONZALEZ, C. (2011). el pH en Monitoreo de la Calidad del Agua. [en línea] Puerto Rico: Colegio de Ciencias Agrícolas, p.12. [fecha de consulta: 13 de Mayo 2018] Disponible en: <http://academic.uprm.edu/gonzalezc/HTMLObj-862/maguaph.pdf>
  - ✓ HARESH, S. (2009). Diseño de una planta de electrodiálisis. 5th ed. [en línea] Tecnología de Membranas, p.46. [fecha de consulta: 04 de Abril 2018]

- Disponible en: [https://sanjanasadhvani.weebly.com/uploads/1/0/6/4/10643581/trabajo\\_electrodialisis.pdf](https://sanjanasadhvani.weebly.com/uploads/1/0/6/4/10643581/trabajo_electrodialisis.pdf)
- ✓ HERNÁN, c. (2007). DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO POR REFLUJO CERRADO Y VOLUMETRIA. 5th ed. [en línea] Colombia: IDEAM, p.11. [fecha de consulta: 16 de Mayo 2018]
  - ✓ HOLUM, K. and DI LUZIO, F. (1965). Proceedings of the First International Symposium on Water Desalination. 1st ed. [ebook] WASHINGTON, D.C.: U.S. DEPARTMENT OF THE INTERIOR. Disponible en: <https://books.google.com.pe/books?id=JChow5kkCmYC&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false> [Fecha de Consulta: 6 de abril. 2018].  
 ISSN Online: 2422-4342  
 ISSN Online: 1794-4449
  - ✓ Kratochvíla, N. and Šnita, K. (2014). Electrodialysis. 1st ed. [en línea] laboratory of electrodialysis, p.17., [fecha de consulta: 2 de Abril 2018]  
 Disponible en: [https://vscht.cz/kat/download/laboratory\\_em\\_8\\_electrodialysis.pdf](https://vscht.cz/kat/download/laboratory_em_8_electrodialysis.pdf)
  - ✓ López García, U. (2005). Aplicación De La Electrodiálisis A La Eliminación De Nitrato En Agua. [Ebook] Conacyt. Disponible En: <https://Cideteq.Repositorioinstitucional.Mx/Jspui/Bitstream/1021/157/1/Aplicacion%20de%20la%20electrodi%C3%A1lisis%20en%20agua..Pdf>  
 [Fecha De Consulta: 10 De Mayo 2018].
  - ✓ MEDINA COLLANA, J. (2009). “desarrollo de módulos de electrodiálisis para la desalinización de aguas salobres, determinación de parámetros físicos y evaluación experimental de modelo difusional”. [ebook] Lima, p.188. Disponible en: [http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/1066/1/medina\\_cj.pdf](http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/1066/1/medina_cj.pdf)  
 [Fecha de consulta: 2 Mayo 2018].
  - ✓ MINAM. (2012). GLOSARIO DE TÉRMINOS PARA LA GESTIÓN AMBIENTAL PERUANA. Recuperado de: <http://www.usmp.edu.pe/recursoshumanos/pdf/Glosario-de-Terminos.pdf>
  - ✓ Morante G., G. (2002). ELECTROCOAGULACIÓN DE AGUAS RESIDUALES. 34th ed. [ebook] COLOMBIA: REVISTA COLOMBIANA DE FÍSICA. Disponible en: <https://blog.condorchem.com/pdf/electrocoagulacion-caso-practico.pdf> [Fecha de Consulta: 6 de abril. 2018].

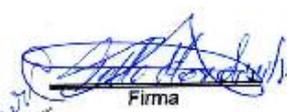
- ✓ Oefa.gob.pe. (2018). [en línea] disponible en: [https://www.oefa.gob.pe/?wpfb\\_dl=7827](https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=7827) [fecha de consulta: 5 de Mayo 2018].
- ✓ Palacio, L., Prádanos, P. and Hernández, A. (2014). Procesos de separación: membranas en el día a día. [ebook] España: Universidad de Valladolid. Disponible en: [https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=13&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwjgqjVjszbAhUQz1MKHSYYCNcQFghdMAw&url=https%3A%2F%2Fdialnet.unirioja.es%2Fdescarga%2Farticulo%2F4674758.pdf&usg=AOvVaw27Z\\_p7RdLhZbYsJ24OpcmP](https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=13&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwjgqjVjszbAhUQz1MKHSYYCNcQFghdMAw&url=https%3A%2F%2Fdialnet.unirioja.es%2Fdescarga%2Farticulo%2F4674758.pdf&usg=AOvVaw27Z_p7RdLhZbYsJ24OpcmP) [Fecha de Consulta 10 de Mayo 2018].
- ✓ PALACIOS, l., PRADANOS, p. and HERNANDEZ, a. (2014). Procesos de Separación: Membranas en el día a día. 1st ed. [en línea] España: Revista de Ciencias, p.10. [fecha de consulta: 8 de Abril 2018] Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4674758.pdf>
- ✓ PEÑA, E. (2007). Calidad de Agua Trabajo de Investigación Oxígeno Disuelto (OD). [en línea] Guayaquil. [fecha de consulta: 16 de Mayo 2018] Disponible en: <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/6162/5/Investigacion.pdf>
- ✓ QUESADA, I., JÁUREGU, U., WILHELM, A. and DELMAS, H. (2009). Contaminación de las aguas con productos farmacéuticos. Estrategias para enfrentar la problemática. 40th ed. [en línea] FToulouse cedex 1, France: Paulin Talabot. Disponible en: <http://www.redalyc.org/html/1812/181221662005/> [fecha de consulta: 5 de Mayo 2018].
- ✓ Reyes, Y., Vergara, I., Torres, O., Díaz, M. and González, E. (2016). Contaminación Por Metales Pesados: Implicaciones En Salud, Ambiente Y Seguridad Alimentaria. 2nd ed. [en línea] Colombia: Revista Ingeniería, Investigación y Desarrollo, [fecha de consulta: 27 de Abril 2018] Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6096110.pdf>
- ✓ Rocha, E. (2009). Fierro Y Manganeso Como Contaminantes Del Agua Potable. [en línea] Ingeniería de Tratamiento y Acondicionamiento de Ag UAS. Disponible en: <http://www.oocities.org/edrochac/sanitaria/fierromanganeso10.pdf> [Fecha de consulta: 1 de Mayo 2018].

- ✓ Ruiz Bello, P. (2017). Prototipo De Una Celda De Electrocoagulación Abastecida Con Energía Fotovoltaica Para Tratamiento De Aguas Residuales En La Industria Minera. [Ebook] Bogotá: Corporación Universitaria Minuto De Dios. Disponible En: [Http://Corporación Universitaria Minuto De Dios](http://Corporación Universitaria Minuto De Dios) [Fecha de Consulta: 10 de mayo 2018]
- ✓ SÁNCHEZ, V. Y GUIZA, B. (1989). GLOSARIO DE TERMINOS SOBRE MEDIO AMBIENTE. Recuperado de: <http://unesdoc.unesco.org/images/0008/000855/085533SB.pdf>
- ✓ SANTAMBROSIO, e. (2011). CATEDRA BIOTECNOLOGIA. [en línea] Buenos Aires: Universidad Tecnológica Nacional, p.26. [fecha de consulta: 11 de Mayo 2018] Disponible en: [https://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/quimica/5\\_anio/biotecnologia/D BO.pdf](https://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/quimica/5_anio/biotecnologia/D BO.pdf)
- ✓ Sistema De Tratamiento De Aguas Residuales. (2014). [en línea] México: interapas, p.4. [fecha de consulta: 17 de Mayo 2018] Disponible en: [http://www.interapas.gob.mx/Cultura/folleto/sistema\\_de\\_tratamiento\\_de\\_aguas\\_residuales.pdf](http://www.interapas.gob.mx/Cultura/folleto/sistema_de_tratamiento_de_aguas_residuales.pdf)
- ✓ TREJO, R. and Hernández Montoya, V. (2004). Riesgos a la salud por presencia del aluminio en el agua potable. 1st ed. [en línea] México: Conciencia Tecnológica. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=94402508>. [fecha de consulta: 16 de Mayo 2018]
- ✓ VERA, J. (2016). Remoción De Mercurio En Aguas Contaminadas Mediante Microorganismos Tolerantes, Una Aproximación A La Biorremediación Microbiana. 1st ed. [en línea] BOGOTÁ, p.64. Disponible en: <http://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/2952/Verajaime2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y> [Fecha de consulta: 1 de Mayo 2018].

# ANEXOS

## Anexo 01

### Ficha N° 1 - Hoja de Análisis In Situ

		Universidad César Vallejo Ingeniería Ambiental																													
<b>FICHA N°1</b> <b>HOJA DE ANALISIS IN SITU</b> (Parámetros Físico-Químicos)																															
Número de Muestra:		Fecha de muestreo:																													
Código de Muestra:		Fecha de análisis:																													
Hora inicial de Muestreo:		Analista a cargo:																													
Hora final de Muestreo:																															
<b>CROQUIS DE UBICACIÓN DE ZONA DE MUESTREO</b>																															
<b>CONDICIONES INICIALES</b> <b>PRUEBAS FÍSICO-QUÍMICAS</b>																															
<table border="1"><thead><tr><th>PARÁMETROS</th><th>UNID.</th><th colspan="2">RESULTADOS</th></tr></thead><tbody><tr><td>Temperatura</td><td>°C</td><td></td><td></td></tr><tr><td>pH</td><td>S/U</td><td></td><td></td></tr><tr><td>Conductividad</td><td>µs/cm2</td><td></td><td></td></tr><tr><td>Color</td><td>S/U</td><td></td><td></td></tr><tr><td>Olor</td><td>S/U</td><td></td><td></td></tr><tr><td>Presencia de Partículas</td><td>S/U</td><td>SI ( )</td><td>NO ( )</td></tr></tbody></table>				PARÁMETROS	UNID.	RESULTADOS		Temperatura	°C			pH	S/U			Conductividad	µs/cm2			Color	S/U			Olor	S/U			Presencia de Partículas	S/U	SI ( )	NO ( )
PARÁMETROS	UNID.	RESULTADOS																													
Temperatura	°C																														
pH	S/U																														
Conductividad	µs/cm2																														
Color	S/U																														
Olor	S/U																														
Presencia de Partículas	S/U	SI ( )	NO ( )																												
Observaciones: _____ _____ _____ _____																															
Realizado por:		Verificado por:																													
_____ Firma		_____ Firma																													
 <b>ELMER GÓZALES BENITES ALFARO</b> INGENIERO QUÍMICO CIP. 42355		 <b>César Eduardo Sánchez Calderón</b> CIP. 42355																													

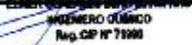
Anexo 02

Ficha N° 2 - Hoja de Análisis Ex Situ

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	Universidad César Vallejo Ingeniería Ambiental		
<p><b>FICHA N°2</b> <b>HOJA DE ANÁLISIS EX SITU</b></p>			
Número de Muestra:		Fecha de muestreo:	
Código de Muestra:		Fecha de análisis:	
Hora inicial de Análisis:		Analista a cargo:	
Hora final de Análisis:			
<b>PRUEBAS FÍSICAS</b>			
<b>PARÁMETROS</b>		<b>RESULTADOS</b>	
Sólidos Suspendidos Totales			
Turbidez			
<b>PRUEBAS QUÍMICAS</b>			
<b>PARÁMETROS</b>		<b>RESULTADOS</b>	
Oxígeno Disuelto			
Concentración de Aluminio			
Concentración de Zinc			
DBO			
DQO			
Observaciones:			
_____			
_____			
_____			
_____			
_____			
Realizado por:		Verificado por:	
_____		_____	
Firma		Firma	
 <p><b>ELMER PIZARRO ESPINOSA ALFARO</b> INGENIERO QUÍMICO Reg. CP N° 71996</p>		 <p><b>César Eduardo Jiménez Calderón</b> CP. 52395</p>	

Anexo 03

Ficha N° 3 – Características del tratamiento de Electrodiálisis

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	Universidad César Vallejo Ingeniería Ambiental																									
<h3 style="margin: 0;">FICHA N°3</h3> <h4 style="margin: 0;">CARACTERÍSTICAS DEL TRATAMIENTO DE ELECTRODIÁLISIS</h4>																										
Número de Muestra:																										
Código de Muestra:																										
Hora inicial de Análisis:																										
Hora final de Muestreo:																										
Analista a cargo:																										
Supervisor:																										
<b>ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO DE LA CELDA</b>																										
<b>CONDICIONES DE OPERACIÓN</b>																										
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 60%;">CARACTERÍSTICAS</th> <th style="width: 10%;">Unid.</th> <th style="width: 30%;">DATOS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Tiempo</td> <td>min</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Material de las Placas</td> <td>s/u</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Volumen de la celda</td> <td>cm<sup>3</sup></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Voltaje</td> <td>v</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Volumen de la muestra</td> <td>L</td> <td></td> </tr> <tr> <td>pH</td> <td>s/u</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Distancia entre placas</td> <td>cm</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>			CARACTERÍSTICAS	Unid.	DATOS	Tiempo	min		Material de las Placas	s/u		Volumen de la celda	cm <sup>3</sup>		Voltaje	v		Volumen de la muestra	L		pH	s/u		Distancia entre placas	cm	
CARACTERÍSTICAS	Unid.	DATOS																								
Tiempo	min																									
Material de las Placas	s/u																									
Volumen de la celda	cm <sup>3</sup>																									
Voltaje	v																									
Volumen de la muestra	L																									
pH	s/u																									
Distancia entre placas	cm																									
Observaciones: _____ _____ _____ _____																										
Realizado por:	Verificado por:																									
 _____ Firma	 _____ Firma																									
  Dr. César Eduardo Salazar Calderón CIP. 42335																										
 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO INGENIERO QUÍMICO Reg. CP N° 71980																										

Anexo 04

Ficha N° 5 – Características Físicas después del Tratamiento

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	Universidad César Vallejo Ingeniería Ambiental																										
<b>FICHA N°5</b> <b>CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DESPUES DEL TRATAMIENTO</b>																											
Número de Muestra:																											
Código de Muestra:																											
Hora inicial de Análisis:																											
Hora final de Muestreo:																											
Analista a cargo:																											
Supervisor:																											
<b>PRUEBAS FÍSICAS</b>																											
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 50%;">PARÁMETROS</th> <th style="width: 20%;">RESULTADOS</th> <th style="width: 10%;">C</th> <th style="width: 10%;">NC</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">Olor</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Color</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Solidos Suspendidos Totales (mg/L)</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Temperatura (°C)</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Turbidez (NTU)</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>				PARÁMETROS	RESULTADOS	C	NC	Olor				Color				Solidos Suspendidos Totales (mg/L)				Temperatura (°C)				Turbidez (NTU)			
PARÁMETROS	RESULTADOS	C	NC																								
Olor																											
Color																											
Solidos Suspendidos Totales (mg/L)																											
Temperatura (°C)																											
Turbidez (NTU)																											
(*) C = conforme (*) NC = No conforme																											
Observaciones:	_____ _____ _____ _____ _____																										
Realizado por:	Verificado por:																										
Firma	Firma																										
 JUAN BORJA BENITES ALFARO INGENIERO QUIMICO Reg. COP N° 71888	 Rafael Eduardo Jimenez Calderon CR. 42355 																										

Anexo 05

Ficha N° 6 – Características Químicas después del tratamiento

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO Universidad César Vallejo  
Ingeniería Ambiental

### FICHA N°6 CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DESPUES DEL TRATAMIENTO

Número de Muestra:	
Código de Muestra:	
Hora inicial de Análisis:	
Hora final de Muestreo:	
Analista a cargo:	
Supervisor:	

**PRUEBAS QUÍMICAS**

PARÁMETROS	RESULTADOS	C	NC
pH			
Oxígeno Disuelto			
Concentración de Aluminio			
Concentración de Zinc			
DBO			
DQO			

(\*) C = conforme  
(\*) NC = No conforme

Observaciones:

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Realizado por: \_\_\_\_\_ Verificado por: \_\_\_\_\_

Firma Firma



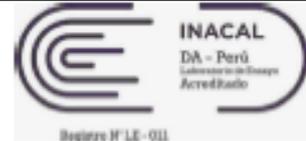
**EUSEBIO DONIZALES BENITES ALTARO**  
INGENIERO QUÍMICO  
Reg. CIP N° 71981



**Dr. César Eduardo Sánchez Caceres**  
CIP: 42555

## Anexo 06

### Análisis antecedente de las muestras de agua del laboratorio



#### Información General

Matriz: Agua  
Solicitud de Análisis: Cotización N° 32225 (Abr-440)  
Muestreado por: Cliente  
Procedencia: Laboratorio Win Perú

Identificación de Laboratorio: S-0001361437  
Tipo de Muestra: Agua Residual Doméstica  
Identificación de Muestra: Muestra  
Fecha de Recepción/Inicio de Análisis: 2017-04-17  
Fecha y hora de Muestreo: 2017-04-17 07:30

Análisis	Fecha de Fin de Análisis	Resultado	Unidad
<b>Química</b>			
* Temperatura. EPA Method 170.1, Revised March 1983	2017-04-17		
Temperatura		22.0	°C
* pH. EPA Method 150.1 Revised March 1983	2017-04-17		
pH		4.0	
Aceites y Grasas en Agua. EPA Method 1664, Revisión B, 2010	2017-04-19		
Aceites y Grasas (TL)		98	mg/L
Aluminio Total en Agua. EPA Method 200.7, Revised 4.4 May 1994	2017-04-21		
Aluminio Total		1.330	mg/L
Arsénico Total en Agua. EPA Method 200.7, Revised 4.4 May 1994	2017-04-21		
Arsénico Total		N.D. (<0.007)	mg/L
Boro Total en Agua. EPA Method 200.7, Revised 4.4 May 1994	2017-04-21		
Boro Total		0.134	mg/L
Cadmio Total en Agua. EPA Method 200.7, Revised 4.4 May 1994	2017-04-21		
Cadmio Total		N.D. (<0.001)	mg/L
Cianuro Total en Agua. EPA Method 335.2 6004-79-020, Revised March 1983	2017-04-20		
Cianuro Total		N.D. (<0.004)	mg/L
Cobre Total en Agua. EPA Method 200.7, Revised 4.4 May 1994	2017-04-21		
Cobre Total		0.051	mg/L
Cromo Hexavalente en Agua. SMEWW Part 3500Cr-B, 22nd Ed 2012	2017-04-18		
Cromo Hexavalente		N.D. (<0.01)	mg/L
Cromo Total en Agua. EPA Method 200.7, Revised 4.4 May 1994	2017-04-21		
Cromo Total		0.015	mg/L
DBO5 en Aguas. EPA Method 405.1, Revised March 1983	2017-04-22		
DBO5		840	mg/L
DQO en Agua. EPA Method 410.1, Revised March 1983	2017-04-26		
DQO		2.500	mg/L
Manganeso Total en Agua. EPA Method 200.7, Revised 4.4 May 1994	2017-04-21		
Manganeso Total		0.037	mg/L
Mercurio Total en Agua. EPA Method 245.7(Vol), Febrero 2005	2017-04-23		

FI20170427101830

J-00256396

pág 2 de 4

El presente informe no podrá ser reproducido parcial o totalmente excepto con la aprobación por escrito de NSF EnviroLab. Solamente los documentos originales son válidos y NSF EnviroLab no se responsabiliza por la validez de las copias. Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas del producto ni la autorización de uso de la Marca NSF. Los resultados se refieren únicamente a los elementos analizados, en la condición de muestra recibida por el laboratorio.

Análisis	Fecha de Fin de Análisis	Resultado	Unidad
<b>Química ( Continúa... )</b>			
<b>Mercurio Total</b>		N.D. (<0.0001)	mg/L
N-Amorfo en Agua. SMEWW Part 4500-NH3-F, 22nd Ed 2012	2017-04-22		
<b>N - Amorfo</b>		0,04	mg/L
Niquel Total en Agua. EPA Method 200.7, Revised 4.4 May 1994	2017-04-21		
<b>Niquel Total</b>		0,044	mg/L
Plomo Total en Agua. EPA Method 200.7, Revised 4.4 May 1994	2017-04-21		
<b>Plomo Total</b>		0,027	mg/L
Sulfatos en Agua. EPA Method 375.4 Revised March 1983	2017-04-17		
<b>Sulfatos (Turbidimétrico)</b>		86,0	mg/L
Sulfuro en Agua. SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-S <sub>w</sub> -D, 22nd Ed 2012	2017-04-19		
<b>Sulfuro</b>		0,770	mg/L
Sólidos Sedimentables. EPA Method 180.5, March 1983	2017-04-17		
<b>Sólidos Sedimentables</b>		1,0	ml/L/h
Sólidos Totales en Suspensión en Agua. SMEWW Part 2540-D, 22nd Ed 2012	2017-04-18		
<b>Sólidos Totales en Suspensión</b>		32	mg/L
Zinc Total en Agua. EPA Method 200.7, Revised 4.4 May 1994	2017-04-21		
<b>Zinc Total</b>		10,91	mg/L

**Notas de Ensayo:**

N.D.: Significa que el Resultado es No Detectable al nivel de cuantificación indicado en el paréntesis.

**Nota(s) del Informe Final:**

pH y Temperatura. Resultado referencial, la medición no fue realizada en el muestreo.

## Anexo 07

### Análisis inicial del pozo sin residuos de producción alguna



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**

**Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica**

Laboratorio de Espectrometría

#### ANALISIS DE MUESTRA DE AGUA

SOLICITADO POR : **MERLY GERALDINE HIDALGO CESPEDES**

Procedencia de muestra : Chorrillos - Lima

Recepción de muestra : Lima, 11 de Setiembre del 2018

#### RESULTADO DEL ANÁLISIS DE MUESTRA

Muestra	Al(mg/L)	Zn(mg/L)
Muestra Inicial – Tanque de recolección	0.084	0.455

Lima, 17 de Setiembre del 2018

  
MSc. Atilio Mendoza A.  
Jefe Lab. Espectrometría



Av. Túpac Amará N° 210, Lima 25, Apartado 1301-Perú  
Teléfono: (511) 4824427, Central Telefónica (511) 4811070, Anexo 4245  
e-mail: labespectro@uni.edu.pe

## Anexo 08

### Análisis de la muestra antes de aplicar el tratamiento



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**

**Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica**

Laboratorio de Espectrometría

#### ANALISIS DE MUESTRA DE AGUA

SOLICITADO POR : **MERLY GERALDINE HIDALGO CESPEDES**

Procedencia de muestra : Chorrillos - Lima

Recepción de muestras : Lima, 5 de Octubre del 2018

#### RESULTADO DEL ANÁLISIS DE MUESTRA

Muestra	Zn(mg/L)	Al(mg/L)
Muestra de estanque I-II	45.94	8.02

Lima, 15 de Octubre del 2018

MSc. Atilio Mendoza A.  
Jefe Lab. Espectrometría

Av. Túpac Amará N° 210, Lima 25, Apartado 1301-Perú  
Teléfono: (511) 4824427, Central Telefónica (511) 4811070, Anexo 4245  
e-mail: labespectro@uni.edu.pe

## Anexo 08

### Análisis de las muestras luego de aplicar los tratamientos



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**

**Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica**

Laboratorio de Espectrometría

#### ANALISIS DE DIEZ MUESTRAS DE AGUA

SOLICITADO POR : **MERLY GERALDINE HIDALGO CESPEDES**

Procedencia de muestras : Chorrillos - Lima

Recepción de muestras : Lima, 11 de Octubre del 2018

#### RESULTADO DEL ANÁLISIS DE MUESTRAS

N°	Muestras	Zn(mg/L)	Al(mg/L)
1	M003R-T1 (Primera corrida)	0.359	0.882
2	M003R-T1 (Segunda corrida)	0.341	0.822
3	M003R-T1 (Tercera corrida)	0.356	0.812
4	M002R-T2 (Primera corrida)	0.371	0.875
5	M002R-T2 (Segunda corrida)	0.340	0.792
6	M002R-T2 (Tercera corrida)	0.356	0.793
7	M001R-T3 (Primera corrida)	0.360	0.842
8	M001R-T3 (Segunda corrida)	0.357	0.812
9	M001R-T3 (Tercera corrida)	0.375	0.820

Lima, 18 de Octubre del 2018



Av. Túpac Amará N° 210, Lima 25, Apartado 1301-Perú  
Teléfono: (511) 4824427, Central Telefónica (511) 4811070, Anexo 4245  
e-mail: labespectro@uni.edu.pe

## FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN PARA LA PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DE LAS TESIS

### 1. DATOS PERSONALES

Apellidos y Nombres: (solo los datos del que autoriza)

Hidalgo Cepedez Merly Geroldine  
D.N.I. : 47189224  
Domicilio : Coop. Uranmarca, N° 3 L° 02 San Juan de Miraflores  
Teléfono : Fijo : 2924762 Móvil 922244996  
E-mail : merlygeroldine.14@gmail.com

### 2. IDENTIFICACIÓN DE LA TESIS

Modalidad:

Tesis de Pregrado

Facultad : Ingeniería

Escuela : Ingeniería Ambiental

Carrera : Ingeniería Ambiental

Título : .....

Tesis de Post Grado

Maestría

Grado : .....

Mención : .....

Doctorado

### 3. DATOS DE LA TESIS

Autor (es) Apellidos y Nombres:

Hidalgo Cepedez Merly Geroldine

Título de la tesis:

"Reducción de Aminoácidos y BHC mediante tratamientos de Electrodiálisis a diferentes condiciones para mejorar la calidad de alimentos de un laboratorio farmacéutico (Chorrillos) - 2018"

Lugar de publicación : .....



**AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE LA TESIS EN VERSIÓN  
ELECTRÓNICA:**

A través del presente documento,

Si autorizo a publicar en texto completo mi tesis.

No autorizo a publicar en texto completo mi tesis.

Firma : 

Fecha : 10.12.2018

 <b>UCV</b> UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	<b>ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DE TESIS</b>	Código : F06-PF-FP-02.02 Versión : 09 Fecha : 23-03-2018 Página : 1 de 2
--	--	---

Yo, ELMER BENITES ALFARO, docente de la Facultad Ingeniería y Escuela Profesional de Ing. Ambiental, de la Universidad César Vallejo Ln (precisar filial o sede), revisor(a) de la tesis titulada:

**"Reducción de Aluminio y Zinc mediante tratamientos de Electrodiálisis a diferentes condiciones, para mejorar la calidad de efluentes de un laboratorio farmacéutico, Chorillos - 2018"**

del (de la) estudiante **HIDALGO CESPEDES, MERLY GERALDINE** constató que la investigación tiene un índice de similitud de 21 % 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.

Los olivos R de PIC ..... de 2018



*[Handwritten signature]*

Firma de Docente

DNI: 07867259

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Responsable de SGC	Aprobó	Vicerrectorado de Investigación
---------	----------------------------	--------	--------------------	--------	---------------------------------

Feedback Studio Geraldine Hidaigo TESIS 2018 H HIDALGO CESPEDES MERLY GERALDINE

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

TÍTULO

**"Reducción de Aluminio y Zinc mediante tratamientos de Electrodiálisis a diferentes condiciones, para mejorar la calidad de efluentes de un laboratorio farmacéutico, Chorrillos - 2018"**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERA AMBIENTAL

AUTORA

MERLY GERALDINE HIDALGO CESPEDES

ASIS/SGH

Dr. Ing. Eliot, Buenos Aires

**Resumen de coincidencias**

**21 %**

Se están usando fuentes externas

Coincidencias

1	Inteligencia a lo grande	3 %
2	Inteligencia a lo grande	3 %
3	Inteligencia a lo grande	1 %
4	Inteligencia a lo grande	1 %
5	Inteligencia a lo grande	1 %
6	Inteligencia a lo grande	<1 %

Página: 1 de 134    Número de palabras: 18718




Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Responsable de SGC	Aprobó	Vicerrectorado de Investigación
---------	----------------------------	--------	--------------------	--------	---------------------------------



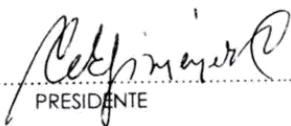
ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS

Código : F07-PP-PR-02.02  
Versión : 09  
Fecha : 23-03-2018  
Página : 1 de 1

El Jurado encargado de evaluar la tesis presentada por don (a) MERLY GERALDINE HIDALGO CESPEDES cuyo título es: "**Reducción de Aluminio y Zinc mediante tratamientos de Electrodíalisis a diferentes condiciones, para mejorar la calidad de efluentes de un laboratorio farmacéutico, Chorrillos - 2018**"

Reunido en la fecha, escuchó la sustentación y la resolución de preguntas por el estudiante, otorgándole el calificativo de: 16 (número)  
DIECISEIS (letras).

Los Olivos 10 de Diciembre del 2018

  
PRESIDENTE

  
SECRETARIO



  
VOCAL

Representante de la Dirección /



# UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

## AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

CONSTE POR EL PRESENTE EL VISTO BUENO QUE OTORGA EL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN DE  
LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

A LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN QUE PRESENTA:

**HIDALGO CESPEDES, Merly Geraldine**

INFORME TÍTULADO:

**"REDUCCIÓN DE ALUMINIO Y ZINC MEDIANTE  
TRATAMIENTOS DE ELECTRODIALISIS A DIFERENTES  
CONDICIONES PARA MEJORAR LA CALIDAD DE EFLUENTES DE  
UN LABORATORIO FARMACEÚTICO – CHORRILLOS, 2018"**

PARA OBTENER EL TÍTULO O GRADO DE:

INGENIERA AMBIENTAL

SUSTENTADO EN FECHA: \_10/12/2018\_

NOTA O MENCIÓN: \_16\_



FIRMA DEL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN

Dr. Elmer Benites Alfaro