



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERIA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

Eficiencia de la membrana de nanofiltración para obtener salmuera a partir de aguas residuales de regeneración de resinas de intercambio iónico en el distrito de Carabayllo - 2017

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

**AUTOR:**

Cahuaya Vargas Henry Roy

**ASESOR:**

Dr. Ordoñez Galvez Juan Julio

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Tratamiento y Gestión de Residuos

**LIMA – PERU**

**2017-II**

## **PAGINA DEL JURADO**

**TITULO:** Eficiencia de la membrana de nanofiltración para obtener salmuera pura de las aguas residuales de una planta de resinas de intercambio iónico en el distrito de Carabayllo - 2017

**AUTOR:** Henry Roy Cahuaya Vargas

---

**Dr. Elmer Gonzales Benites Alfaro**

---

**Dr. Ordoñez Gálvez Juan Julio**

---

**Dr. Alcántara Boza Francisco Alejandro**

**Los olivos, Perú Noviembre del 2017**

## **DEDICATORIA**

Esta tesis es dedicada a Dios por la fortaleza que me da día a día y la que me dio para culminar esta investigación, a mi madre Delia Vargas Laurente, por su amor incondicional, su paciencia y sabiduría inculcada en cada paso que he dado en mi vida

A todos los profesionales que he conocido, quienes se involucraron con su sabiduría y enseñanzas para crecer como profesional.

## **AGRADECIMIENTOS**

Mi más sincero agradecimiento:

A Dios, puesto que me ha brindado tranquilidad en los momentos más difíciles y complicados de mi vida y me ha dado el deseo de seguir avanzando para llegar hasta la culminación del presente trabajo de investigación.

A mi madre, por soportarme tanto, por su paciencia en cada día, ella sobre todas las cosas es mi más grande inspiración y fuerza que me motiva a seguir avanzando.

Al ingeniero Juan Ordoñez por brindarme su asesoría y sus conocimientos y motivarme desde el primer día a desarrollar esta investigación.

A la Ingeniería Haydee Suarez por brindarme su asesoría y paciencia cuando inicie el proyecto.

Al electricista Daniel Talaverano, por brindarme su apoyo para la instalación del proyecto.

## DECLARACION DE AUTENTICIDAD

Yo Henry Roy Cahuaya Vargas identificado con número de DNI: 46138582 a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Cesar Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Ambiental, declaró bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y autentica.

Así mismo, declaro también que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por la cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad Cesar Vallejo.

Lima 01 de Diciembre del 2017

---

Henry Roy Cahuaya Vargas

## **PRESENTACION**

### **Señores miembros del Jurado**

En cumplimiento del reglamento de grados y títulos de la universidad Cesar Vallejo presento ante ustedes la tesis de título: “Eficiencia de la membrana de nanofiltración para obtener salmuera pura de las aguas residuales de una planta de resinas de intercambio iónico en el distrito de Carabaylo” lo mismo que someto a vuestra consideración y espero que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el título profesional de Ingeniero Ambiental.

**Henry Roy Cahuaya Vargas**

## ÍNDICE

PÁGINA DEL JURADO	1
DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTOS	8
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD	4
RESUMEN	10
ABSTRACT	11
I. INTRODUCCIÓN	12
1.1. REALIDAD PROBLEMATICA	13
1.2. TRABAJOS PREVIOS	14
1.3. TEORIAS RELACIONADAS AL TEMA	17
1.4. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	26
1.4.1. Problema General	26
1.4.2. Problemas Especificos	26
1.5. JUSTIFICACION DEL ESTUDIO	26
1.6. HIPÓTESIS GENERAL	28
1.6.2. Hipotesis Especificos	28
1.7. OBJETIVOS	28
1.7.1. Objetivo General	28
1.7.2. Objetivo Especificos	28
II. MÉTODO	29
2.1 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	30
2.2 VARIABLES, OPERACIONALIZACIÓN	31
2.3 POBLACIÓN Y MUESTRA	32

2.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS VALIDEZ Y CONFIABILIDAD	33
III. RESULTADOS	47
IV. DISCUSIÓN	58
V. CONCLUSIÓN	61
VI. RECOMENDACIONES	62
VII. REFERENCIAS	64
ANEXOS	81
Anexo 1. Equipo ensamblado	82
Anexo .2 Agua Residual	83
Anexo .3 Ablandador de Agua	83
Anexo .4 Equipos de ablandamiento	83
Anexo .5 Membrana VONTRON	85
Anexo .6 Matriz	87
Anexo .7 Empresas comercializadoras de agua destilada y desionizada	88



### **Lista de tablas**

Tabla 1. Índice de dureza	18
Tabla 2. Salinidad de diferentes tipos de agua	188
Tabla 3. Matrix de diseño factorial	25
Tabla 4. Operacionalización de variables	31
Tabla 5. Tecnicas e instrumentos de recolección de datos	32
Tabla 6. Materiales para la estructura del proyecto	48
Tabla 7. Materiales y equipos de laboratorio	49
Tabla 8. Reactivos utilizados en el proyecto	49
Tabla 9. Matriz de experimentos	54
Tabla 10. Matriz de experimentos Organolepticos inicial	58
Tabla 11. Condiciones iniciales de parametros utilizados	58
Tabla 12. Matriz de experimento organoleptico despues del permeado	60
Tabla 13. Resultados de % de eficiencia de la membrana	61
Tabla 14. Resultados de % de separacion respecto a la conductividad en (ms)	62
Tabla 15. Resultados de conductividad (ms) del agua residual y dureza	62

### **Lista de Figuras**

Figura 1. Ablandador de Agua para obtener agua destilada	22
Figura 2. Proceso nanofiltracion	25
Figura 3. Filtro de Cartucho	43
Figura 4. Protector de membrana de nanofiltracion	43
Figura 5. Estrutura del proyecto	44
Figura 6. Plano de construccion del proyecto	45
Figura 7. Estrutura del proyecto ejecutado	45
Figura 8. Tanque para recolección de agua residual	46
Figura 9. Estrutura del proyecto ejecutado e instalado	46
Figura 10. Estrutura del proyecto ejecutado e instalado	47

Figura 11. Estructura del proyecto por la parte trasera	47
Figura 12. Materiales utilizados durante el experimento	50
Figura 13. Turbidímetro	50
Figura 14. Balanza electrónica	50
Figura 15. Conductímetro ADWA AD 330	51
Figura 16. Ph metro ADWA AD 12	51
Figura 17. Bomba de 0.75 HP marca "MEBA"	52
Figura 18. Descripción del equipo experimental	52
Figura 19. Diseño Factorial a dos niveles	53
Figura 20. Viraje de coloración	59
Figura 21. Condiciones finales de parámetros utilizados	60
Figura 22. % de Eficiencia de la membrana Nanofiltración	61
Figura 23. % de separación de sales	62
Figura 24. % Porcentaje de separación respecto a la conductividad en (ms)	63
Figura 25. Conductividad (ms) antes y después del permeado	63
Figura 26. Dureza (ppm) antes y después del permeado	64
Figura 27. Porcentaje de recuperación a una presión y con alimentación a 50 (ms) de conductividad	64
Figura 28. % de recuperación Vs presión con una alimentación a 70 ms de conductividad	65
Figura 29. Conductividad Vs presión con una alimentación a 50 ms de conductividad de alimentación	65
Figura 30. Conductividad Vs presión con una alimentación a 70 ms de conductividad de alimentación	66
Figura 31. Conductividad inicial vs la conductividad del permeado a una alimentación de 80 PSI	66
Figura 32. Conductividad inicial vs la conductividad del permeado a una alimentación de 120 PSI	67

## **RESUMEN**

La presente investigación tiene como objetivo determinar si es posible obtener Cloruro de Sodio- Salmuera pura (NaCl) a partir de las aguas residuales de regeneración de resinas de intercambio iónico mediante el uso de la membrana de nanofiltración Ventrón VNF1-4040

Durante la etapa inicial de investigación se realiza un tratamiento previo al agua de regeneración de resinas de intercambio iónico, para determinar los iones presentes concentración de sales presentes en el agua, así como el Ph, Turbidez, Color, Sabor y más. La determinación se realizó mediante un análisis cuantitativo de agua. (Determinación Organoléptica, determinación fisicoquímica, determinación de sustancias ionizadas, determinación volumétrica de cloruros, dureza total del agua).

En la etapa final de investigación, el agua obtenida después de la nanofiltración es empleada para utilizarse como agua para el retro-lavado, además será utilizada como detergente.

Los experimentos de esta investigación fueron realizados en trapiche – Carabayllo Lima Norte.

Palabras claves: Nanofiltración, NaCl, eficiencia, agua de regeneración de resinas de intercambio iónico.

## **ABSTRACT**

The objective of the present investigation is to determine if it is possible to obtain pure sodium brine (NaCl) chloride from the ionic exchange resins regeneration wastewater by using the nanofiltration membrane (Vontron VNF1-4040)

During the initial stage of research, a pre-treatment of ion exchange resins regeneration water is carried out to determine the present ion concentration of salts present in the water, as well as Ph, Turbidity, Color, Taste and more. The determination was made through a quantitative water analysis. (Organoleptic Determination, physicochemical determination, determination of ionized substances, volumetric determination of chlorides, total water hardness).

In the final stage of research, the water obtained after the nanofiltration is used to be used as water for backwashing, it will also be used as a detergent.

The experiments of this research were carried out in trapiche - Carabayllo Lima Norte.

Keywords: Nanofiltration, NaCl, efficiency, ion exchange resin regeneration water.

# **I. INTRODUCCIÓN**

## **1.1. Realidad Problemática**

Elevadas cantidades de agua se utilizan en la regeneración de resinas de intercambio iónico durante el ablandamiento del agua o retrolavado, produciendo aguas con alto contenido de sales que son desechados sin ningún tratamiento previo a la red de alcantarillado, esto provoca perturbaciones en la vida acuática y en el medio ambiente.

Este desperdicio, así como el alto consumo tiene efectos inmediatos, ya que se eleva los riesgos de escasez en ríos y lagos que son los que proveen del líquido elemento a la población. Si bien este problema es visible y es objeto de discusión en diversos niveles de la sociedad, hay otro problema relacionado a la calidad del agua y el desperdicio de sus componentes que no se toma con la misma preocupación, pero que presenta efectos alarmantes, y es que cuando se extrae agua de calidad y se trata y devuelve a los sistemas hidrográficos estas aguas están contaminadas por sales, herbicidas, residuos, pesticidas, entre otros, es decir las aguas tratadas se contamina y se vierte a los alcantarillados.

La presente investigación busca obtener mediante la nanofiltración cloruro de sodio (NaCl), a partir de las aguas residuales de resinas de intercambio iónico y así reducir la contaminación del agua; por lo tanto, la tecnología de membranas es prometedora, ya que puede operar con duración prolongada.

Por lo tanto, el estudio podría tener diversos beneficios, puede ser utilizado en otros procedimientos industriales, como la fabricación de detergentes, usos hospitalarios, para hacer cloro industrial y asimismo disminuir los niveles de cloruro de sodio (salmueras) que se vierte a los ríos, mares, lagos.

## **1.2. Trabajos previos**

### **Antecedentes internacionales**

Gómez y Vera (2013) presentaron el estudio “Simulación del pretratamiento de agua de mar para su desalación”. Su objetivo fue simular un tratamiento para desalinizar aguas de mar. La metodología utilizada fue la aplicada de diseño experimental. Como parte del estudio se empleó un módulo de ultrafiltración y microfiltración para obtener concentrado de sales de agua marina. Concluyendo que el uso de membranas de microfiltración y ultrafiltración fueron más efectivos que los tratamientos convencionales; la membrana de ósmosis inversa tiene mayor tiempo de vida para al ser aplicada en forma intensiva. Asimismo se estableció que la membrana con umbral 10000 Dalton es más efectiva ya que elimina un mayor porcentaje de sales.

Beatriz Cuartas Uribe (2005) presento “Estudio del proceso de nanofiltracion para la desmineralización de lactosuero dulce”. Su objetivo fue optimizar el proceso de nanofiltracion para la desmineralización y concentración de un lactosuero dulce procedente de una quesería con objeto de revalorizar la lactosa y minimizar su impacto ambiental. La metodología usada fue la aplicada de diseño experimental. Para el sistema de nanofiltracion se utilizó las membranas NF200, NF270, Ds-5 DK y Ds-5 DL. Concluyo que las variables de operación estudiadas (presión aplicada, concentración, caudal), permite establecer que la presión aplicada y la concentración, sean factores determinantes en el comportamiento de las membranas de nanofiltracion estudiadas.

Abouzaid et al. /CR Chemistry 6 (2003), facultad de ciencias, de la universidad chouaib-Doukkali, El Jadida, Marruecos, “Estudio de la retención de sales monovalentes y bivalentes por nanofiltracion” el objeto de este trabajo fue estudiar la influencia de la presión, concentración y tasa de conversión sobre la retención de sales por nanofiltracion. La metodología usada fue la aplicada de diseño experimental, este piloto consta de umbrane filmet NF-45 de DOW Chemical. Se concluyó que, los iones más pequeños y bivalentes de conservan mejor, especialmente a baja presión, donde la selectividad química es predominante.

Herrera, et al (2016) presentaron el estudio “Implementación de ósmosis directa y nanoaditivos magnéticos para desalinización de agua”. Su objetivo fue implementar un sistema de ósmosis para obtener sales del agua. La metodología usada fue la aplicada de diseño experimental. El sistema de osmosis empleado fue membrana comercial de triacetato celulosa. A partir de la implementación y aplicación del sistema de ósmosis se pudo obtener un incremento de 9,2% de porcentaje de sal, ello debido a que se utilizó nanoaditivos. Concluyendo que el sistema de ósmosis fue efectivo, ello debido a que contó con soluciones de arrastre para el transporte de moléculas y partículas, reteniendo mayores porcentajes y niveles de sal.

Isiordia, et al (2016) presentaron la investigación “Desalación por ósmosis inversa y su aprovechamiento en agricultura en el valle del Yaqui, Sonora, México”. Con el objetivo de aplicar un sistema de desalación por ósmosis inversa de aguas saladas para usarlas en la agricultura. La metodología empleada fue aplicada de diseño experimental. Concluyó que la aplicación de un sistema de ósmosis inversa es eficaz en la práctica ya que pudo remover el 99.7% de la concentración de sales del agua, posterior a ello la aplicación de agua desionizada incrementó la productividad en un 33%, mejorando así los sistemas productivos de los suelos agrícolas de la comunidad.

### **Antecedentes nacionales**

Medina (2009) presentó el estudio “Desarrollo de módulos de electrodiálisis para la desalinización de aguas salobres, determinación de parámetros físicos y evaluación experimental de modelo difusional”. Tesis para optar el grado académico de Magíster en ingeniería de procesos en la Universidad Nacional de Ingeniería. Su objetivo fue construir un módulo de electrodiálisis para desalinizar aguas salobres. El diseño fue experimental. Concluyó que con la aplicación de 18 voltios, separa membranas de 4 mm y un flujo de 500 ml por minuto, se logra una remoción más efectiva de los iones de cloruro y sodio. La aplicación del electrodiálisis es efectiva al momento de desalinizar aguas salobres, su alcance depende de la determinación de voltios.



Rojas (2011) presentó el estudio “producción de agua potable a partir de agua de mar por destilación y ósmosis inversa”. Su objetivo fue describir las diversas tecnologías de desalinización y destilación de agua de mar para obtener agua fresca. La metodología empleada fue aplicada de diseño no experimental. Dentro de las conclusiones se estableció que la ósmosis inversa es una de las técnicas más efectivas al momento de separar las sales del agua, alcanzando niveles de hasta el 99.0%. Para el uso de la técnica de ósmosis inversa usan membranas permeables al separar aguas con soluciones de sal, a pesar de que en el Perú aún no se universaliza su uso, diversas iniciativas han ido adoptando estas técnicas, obteniendo así agua sin altos porcentajes de sal.

Álvarez y Rado (2013) presentaron el estudio “Sistemas de tratamiento de agua por intercambio iónico y osmosis inversa”. Tesis para optar el grado de Ingeniería en la Universidad Católica Santa María. Su objetivo fue describir los diversos tratamientos de agua por intercambio iónico y osmosis inversa como método de controlar la calidad del agua. El diseño fue no experimental. Se concluyó que el intercambio iónico resulta eficaz en la obtención de sales alcanzando obteniéndose como resultado 0ppm de  $\text{CaCO}_3$ . El equipo de osmosis inversa tuvo como referencia el cálculo del flujo másico, con un máximo de 100 galones diarios.

### **1.3. Teorías relacionadas al tema**

#### **Parámetros característicos del agua**

- **Conductividad**

Es producida por la cantidad de electrolitos que se encuentran disueltos en el agua. Los electrolitos contienen iones, estos iones llevan la corriente eléctrica. “Los electrolitos incluyen ácidos, bases y sales, pudiendo haber electrolitos” débiles.

Chandrasekhar, R. M. Pashey, (2015), indica que Los iones mayoritarios que forman las sales disociadas en un agua suelen ser  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$  y  $\text{K}^+$ .

- **Presión (Psi):** Libras por pulgada cuadrada utilizada como variable
- **pH**

Raven, P. H., Johnson, G. B., Mason, K. A., Losos, S. R, (2014) señala que, “el pH es una medida de acidez o alcalinidad de una disolución. El pH indica la concentración de iones hidrógeno [H]<sup>+</sup> presentes en determinadas disoluciones”.

Se define el pH como:  $\text{PH} = -\text{LOG}_{10} [\text{a H}^+]$

- **Dureza total**

Sarah J. Bogart, (2016) indica que, “el grado de dureza es una medida de la concentración total, en peso, del contenido de iones Ca<sup>2+</sup> y Mg<sup>2+</sup>, expresada como equivalente de carbonato de calcio y medida en partes por millón”.

**Tabla 01.** *Índice de dureza del agua*

Denominación	Partículas por millón (Ppm)
Muy Suaves	0-15
Suaves	16-75
Medias	76-150
Duras	150-1300
Muy duras	Mayor a 300

**Fuente:** [http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/leip/valenzuela\\_m\\_td/capitulo3](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/leip/valenzuela_m_td/capitulo3).

- **Cloruros**

Son sales existentes en abastecimiento de agua y tiene sabor salado. Cuando están en forma de cloruro de sodio (NaCl), la concentración es 250 ppm de NaCl. El ion Cl<sup>-</sup> “es altamente corrosivo y da lugar a deterioros o picaduras en tuberías, se puede emplear un método volumétrico” para determinar la cantidad de cloruros en el agua.

- **Salmueras**

León, et al (2006) indican que “la salmuera presenta altas concentraciones de sal o de cloruro de sodio, excediendo los niveles de sal del 5%. La salmuera en su presentación natural es líquida pero cuando es tratado su aspecto es cristalino” (p.285).

González, et al (2008) señalan que “la salmuera es el agua con altas concentraciones de sal (NaCl), que en ocasiones pueden ser llevadas a un punto de fusión tipo hielo” (p.4).

**Tabla 2.** Salinidad de diferentes tipos de agua

Agua	SDT (mg/L)
Ultra pura	0.03
Pura	0.30
Desionizada	3.00
Potable	< 1000.00
Salobre	1000.00- 10 000.00
Salina	10 000.00-30 000.00
Marina	30 000.00- 50 000.00

**Fuente:** Adaptado de Isiordia, González y Ruiz (2013)

### **Nanofiltración**

Manahan (2007) define que “la nanofiltración es un proceso que remueve moléculas de masas molares que oscila entre 200 y 500 um y con una presión atmosférica de 5 a 15 atm” (p.220).

Isiordia, González y Ruiz (2013) revelan que “es una tecnología que retiene, separa y disuelve elementos disueltos en el agua, alcanzando rangos altos de retención (0,001-0,01 mm). Se aplica en procesos de desmineralización, desalinización y remoción del color, etc.” (p.7).

Patiño y Ordóñez (2014) refieren que “es una técnica que se utiliza para eliminar contaminantes, el cual emplea tecnologías de membrana, siendo efectivos para algunos micro contaminantes que no pueden ser disueltos o eliminados con métodos convencionales” (p.7).

### **Aplicaciones de la nanofiltración**

Para Ayala, Peñuela y Montoya (2006, p.4) La nanofiltración puede ser aplicada en diversos procesos e industrias, tales como:

- ✓ Industria de lácteos: elimina los nitratos y sólidos presentes en el suero, asimismo recupera la lactosa

- ✓ Industria de bebidas y alimentos: Desaliniza la gelatina así optimiza la claridad y color
- ✓ Industria farmacéutica: Purifica algunos componentes y productos empleados en esta industria
- ✓ Industria textil: desalina los tintes y recicla las aguas residuales generadas en el proceso de lavado
- ✓ Agro industria: elimina los pesticidas de aguas subterráneas

### **Membranas de nanofiltración**

Ribeiro, Bergamasco, Giménez y Müller (2007) señalan que “las membranas de nanofiltración es una técnica que permite seleccionar y filtrar determinados compuestos como los iones, elementos orgánicos, sales, etc., dentro de la clasificación de las membranas el tamaño de los poros que contiene son de < 0,002 mm” (p.3).

Chacón (2006) indica que “los procesos membranarios corresponden a técnicas de separación a partir de gradientes, pueden ser por presión o electrostático, disolviendo diversos elementos y agentes, los cuales pasan por una membrana porosa, alcanzando la separación deseada, incluso de tipo carga molecular” (p.243).

### **Sistema de operación de las membranas de nanofiltración**

Ayala, Peñuela y Montoya (2006) indican que el sistema de operación con la que constituye una membrana se le conoce como módulo, este consta de una estructura que soporta la presión, las puertas de entrada y salida del concentrado. (p.55)

El sistema de operación se encuentra constituido por:

- ✓ Módulo placa bastidor. - está compuesto con membranas planas y con placas de soporte.
- ✓ Arrollamiento en espiral. - envuelta por dos membranas planas, contiene una hoja flexible y que cumple la tarea de colector, se encuentra sellado por cada uno de sus bordes.

- ✓ Tubular. - lo constituye una membrana que envuelve la pared interior a partir de un tubo poroso.
- ✓ Fibra hueca. - está estructurado por miles de microtúbulos, sirve de flujo alimentador desde adentro para cada una de las fibras.

### **Tipos de membranas de intercambio iónico**

Las membranas de intercambio iónico son membranas aniónicas y catiónicas las cuales contienen grupos fijos cargados positivos y negativos. Por ejemplo, una vez que la membrana se encuentra en contacto con una solución acuosa los aniones móviles que ésta contiene pueden ser desplazados hacia la solución y reemplazados por aniones presentes en la fase acuosa (a los que la membrana resulta permeable).

Medina .R. (2007), Indica que “así como las membranas catiónicas operan de igual formas, al tenerse cationes móviles y aniones fijos, estas permiten el flujo de especies con carga positiva” (p.132)

### **Membrana de intercambio catiónica**

Medina .R. (2007), Una membrana catiónica es una lámina que contiene una matriz porosa de resina (cadenas poliméricas como por ejemplo el poliestireno) en la cual están fijos grupos electronegativos, los grupos de intercambio más usuales son los sulfatos y Carboxilato. (p.135)

### **Membrana de intercambio aniónico**

Medina .R. (2007), indica que una membrana aniónico permitirá solo el paso de aniones claro que en este caso los grupos fijos son de carga positiva, utilizando grupos de intercambio aniónico tales como el amonio cuaternario o amina terciaria. (p.136)

### **Aguas residuales**

Díaz, et al (2012) revelan que “las aguas residuales son aguas contaminadas por acción antrópica, cambiando la condición del agua y alterando su calidad, estas

aguas provienen de los sistemas de abastecimiento y que han sido alteradas en actividades industriales, comerciales, domésticas, etc. (p.81).

### **Intercambio iónico**

Cortijo (2013) señala que “es una técnica que permite equilibrar la composición de sal en el agua, consiste en intercambiar iones del agua por otros, los iones se reemplazan por otros menos nocivos o perjudicial. Ello se puede realizar a partir de una resina catiónica que regenerada con ácido, transformando sales en el agua” (p.288).

Herrera y Palomino (2013) indican que “el intercambio iónico por resinas utiliza polímeros diminutos que tienen la propiedad de intercambiar iones entre sí, con el objetivo de purificar o ablandar el agua de elementos minerales como es el caso de la sal (p.26).



*Figura 1. Ablandador de Agua usada para obtener el agua destilada*

### **Resinas de Intercambio Iónico**

Las resinas de intercambio iónico se dan de diferentes usos dependiendo siempre de la aplicación.

#### **Tipos de resina de intercambio iónico según el grupo funcional**

Harris (2001) señala que existen diversos tipos de resinas de intercambio iónico, las cuales se diferencian por su estructura constitución y forma de interactuar con el pH y su capacidad de regeneración. (p.735)

Entre los tipos de resinas destacan los siguientes:

- **Resinas catiónicas fuertes (CF)**

Harris (2001) Este tipo de resinas tienden a eliminar todos los cationes del agua, el intercambio es más veloz que en otros tipos y su estabilidad tienen una duración aproximada de 20 años. En el proceso de ablandamiento se regeneran con soluciones de Cloruro de Sodio al 10%. Soportan temperaturas de 100 grados a más. (p.735)

- **Resinas catiónicas débiles (CD)**

Harris (2001) Tiene una alta capacidad de captación del calcio y magnesio, solo operan con pH superior a 7 y son resistentes a oxidantes como el cloro. (p.736)

- **Resinas aniónicas fuertes (AF)**

Harris (2001) Tienen la capacidad de eliminar aniones de ácidos fuertes como débiles en cualquier nivel de pH. No son tan estables y pierden cierta capacidad al absorber ácidos húmicos. Las temperaturas que resiste solo alcanzan como máximo los 60 grados. (p.736)

- **Resinas aniónicas débiles (AD)**

Harris (2001) Solo eliminan aniones ácidos fuertes más no los débiles, dejan de funcionar si el pH es mayor a 6. Tienden a resistir el ensuciamiento orgánico. Al hincharse alcanza en forma 205 de su volumen, tiene una alta capacidad de eliminar colores del agua. (p.736)

### **Intercambio iónico en la resina del ablandamiento:**

A medida que la disolución pasa a través de la resina, los iones presentes en dicha disolución desplazan a los que estaban originalmente en los sitios activos. La eficiencia depende de factores como la afinidad de la resina por un ion en particular, el pH de la disolución, si el grupo activo tiene carácter ácido o básico la concentración de iones.

[<https://es.scribd.com/document/226713729/INTERCAMBIADORES-IONICOS>]

Villabona Castillo. Julian, Cuesta Gonzales .Harry, (2009) indican que “para que tenga lugar el intercambio iónico, los iones deben moverse de la disolución a la resina y viceversa”. (p. 98)

### **Regeneración de la Resina**

La resina agotada es tratada con una solución de cloruro de sodio (Salmuera) con una concentración de aproximadamente 10 % para que el sodio pueda remover el calcio y magnesio de la resina agotada.

El proceso de regeneración es realizado de acuerdo a la siguiente ecuación:

**Ecuación 1.** Regeneración de la Resina de IO



### **Retro-lavado.**

EL retro-lavado es el primer paso de la regeneración y consiste en introducir agua cruda por la parte inferior del lecho, para remover el material suspendido y aflojar el “lecho de resina. Normalmente se realiza en 15 minutos o cuando el agua de retro-lavado se torne clara”.

[<https://es.scribd.com/document/299257555/Desionizacion-de-Agua>]

### **Lavado Lento**

Este es el próximo paso a seguir, el agua permite desplazar el remanente de salmuera hacia la parte inferior del lecho al mismo flujo de la regeneración. Esto permite una completa regeneración debido a que se asegura el contacto con la parte inferior del lecho.

### **Lavado Rápido**

Finalizado el lavado lento se inicia el lavado rápido para remover el residuo de sal del lecho de resina y se realiza un flujo de 1,5 GPM / pie<sup>3</sup> de resina.



Generalmente, la unidad retorna al servicio cuando el contenido de cloruro del efluente es igual al del influente”

Hidalgo. D, GUAMAN. P. (2006) indica que “La frecuencia de la regeneración depende del caudal de agua, de la cantidad de calcio y magnesio en el agua, la cantidad de resina y de la cantidad de sal usada por regeneración”. (p.214)

### **Agua de regeneración de resina de intercambio iónico**

Cuando la resina está saturada de  $Ca^{+2}$  y  $Mg^{+2}$  se hace pasar una solución concentrada de cloruro de sodio , de modo que todos los iones de sodio que están en líquido , reemplacen a  $Ca^{+2}$  y  $Mg^{+2}$ , así activando la resina.

La solución con iones que provocan la dureza se llama agua de regeneración de resina de intercambio iónico.

### **Ecuación de regeneración de la resina:**

#### **Ecuación 2.** Regeneración de resina

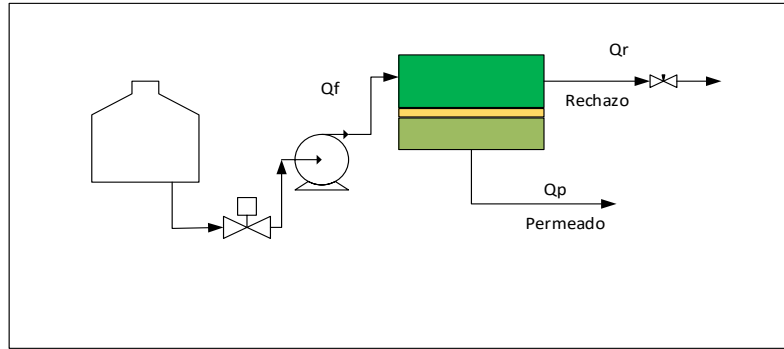
Agua de lavado + Resina inactivada ----- Agua de descarte + Resina regenerada.

### **Diseño Factorial de 2 variables a 2 niveles ( $2^2$ )**

**Tabla 3.** Matriz de diseño factorial  $2^2$

<b>Experimento</b>	<b>X<sub>1</sub></b>	<b>X<sub>2</sub></b>	<b>Respuesta</b>
1	-	-	Y <sub>1</sub>
2	+	-	Y <sub>2</sub>
3	-	+	Y <sub>3</sub>
4	+	+	Y <sub>4</sub>

**Fuente:** Medina.C.2009



**Figura 2:** Proceso del proyecto Nanofiltración donde muestro un inicio agua residual y dos salidas, permeado y rechazo

## 1.4 Formulación del problema

### 1.4.1. Problema general

¿Cuán eficiente es la membrana de nanofiltración en la obtención de salmuera pura de las aguas residuales generada a partir de resinas de intercambio iónico en el distrito de Carabayllo?

### 1.4.2. Problemas específicos

- a) ¿Cuál es el grado de concentración de salmuera presente en el agua residual de resinas de intercambio iónico que se descarga a la red de alcantarillado?
- b) ¿Cuál será la combinación óptima de las variables presión y conductividad inicial del agua residual para la obtención de salmuera pura de las aguas residuales de resinas de intercambio iónico?

## 1.5 Justificación del estudio

### Justificación teórica

Posterior a la exploración bibliográfica en los antecedentes de estudio se comprobó escasas investigaciones que abordan el tema relacionado a la aplicación de membranas de nanofiltración para la obtención de salmueras, sobre todo en el ámbito nacional, por ello el estudio pretende abordar un tema poco tratado e investigado, favoreciendo con ello en incrementar nuevos conocimientos e informaciones en la materia de la nanofiltración. De igual

forma los resultados y conclusiones serán fuente de consulta a otros investigadores.

### **Justificación Legal**

En la actualidad, según el DECRETO SUPREMO N°021-2009-VIVIENDA se establece en el artículo 1° Finalidad, Ámbito de aplicación y obligatoriedad de la Norma:

La presente norma regula mediante Valores Máximos Admisibles (VMA) las descargas de aguas residuales no domésticas del sistema de alcantarillado sanitario a fin de evitar el deterioro de las instalaciones, infraestructura sanitaria, equipos y asegurar su adecuado funcionamiento, garantizando la sostenibilidad de los sistemas de alcantarillado y tratamiento de aguas residuales

### **Justificación Tecnológica**

Este proyecto permitirá comprobar la obtención de salmuera pura utilizando la tecnología de membranas de nanofiltración.

### **Justificación Económica**

Una vez que el proyecto de investigación este realizado, permitirá que la industria de ablandamiento de agua pueda obtener salmuera pura a partir del agua de regeneración de resinas de intercambio iónico las cuales podrían reutilizarse en la generación de resinas de intercambio disminuyendo costos.

### **Justificación metodológica**

La metodología empleada se encuentra dentro del hipotético-deductivo, ya que se plantean hipótesis tentativas que buscan ser respondidas, con ello generar nuevas fuentes de conocimientos. El proceso de estudio se enmarca dentro de la metodología de la investigación científica, el cual permite responder a los objetivos y problemas de estudio, en función de los resultados encontrados. Cada uno de los pasos empleados en la investigación responde al enfoque cuantitativo, el cual llevará a conclusiones como parte de todo el proceso de investigación.

## **Justificación Ambiental**

Este proyecto de investigación no genera problemas de contaminación ambiental es más una alternativa de solución ya que daremos uso al agua de desecho de resinas de intercambio iónico contribuyendo así con el medio ambiente.

### **1.6 Hipótesis**

#### **1.6.1. Hipótesis general**

**H<sub>0</sub>:** La membrana de nanofiltración es eficiente en la obtención de salmuera pura de las aguas residuales generada a partir de resinas de intercambio iónico en el distrito de Carabayllo

#### **1.6.2. Hipótesis específicas**

- a) **H<sub>1</sub>:** la dureza del agua residual mediante el tratamiento de nano filtración está por debajo de lo que indica los ECAs.
- b) **H<sub>2</sub>:** Con la combinación de 80 Y 120 (PSI) y Conductividad de 50 y 70 (ms) se obtendrá el mayor porcentaje de separación de sales.

### **1.7 Objetivos**

#### **Objetivo General**

Determinar la eficiencia de la membrana de nanofiltración en la obtención de salmuera pura de las aguas residuales generada a partir de resinas de intercambio iónico en el distrito de Carabayllo

#### **Objetivos específicos**

- a) Evaluar el grado de concentración de salmuera presente en el agua residual de resinas de intercambio iónico que se descarga a la red de alcantarillado.
- b) Evaluar la combinación óptima de las variables presión y conductividad inicial del agua residual para la obtención de salmuera pura de las aguas residuales de resinas de intercambio iónico.

## **II. MÉTODO**

## **2.1 Diseño de investigación**

### **Por su tipo**

La investigación corresponde al tipo aplicada. Es aplicada porque se llevará a cabo el diseño del proceso para obtener salmuera pura de aguas residuales.

De acuerdo con Quezada (2015) “Los estudios aplicados contrastan los preceptos teóricos con la realidad, aplicándolos dentro del trabajo de campo o experimental” (p.25).

### **Enfoque de investigación**

Es cuantitativa ya que se obtienen datos numéricos

### **Nivel de investigación**

El nivel de investigación es descriptivo porque se obtendrá datos a partir de una muestra inicial y final y concluiremos de las mismas

## **2.2. Variables. Operacionalización**

En la presente investigación se empleara variables cuantitativas debido a que se expresara numéricamente.

- **Variable Independiente**  
Eficiencia de la Membrana de Nanofiltracion
- **Variable dependiente**  
Obtención de Salmuera pura

**Tabla 4.** Matriz de Operacionalización de variables

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensión	Indicador	Escala de Medición
<b>VD</b> Obtención de Salmueras puras	Es el agua con altas concentraciones de sal (NaCl), que en ocasiones pueden ser llevadas a un punto de fusión tipo hielo” (González, et al, 2008, p.4).	La obtención de salmuera en el agua del permeado se determinara por la medición de los parámetros fisicoquímicos.	Parámetros físico-químicos	<b>Presión</b> (PSI)	Continua
				<b>Conductividad</b> (ms)	
				<b>pH</b>	
				<b>Turbidez</b> (NTU)	
				<b>Cloruros</b> (g Cl- / L)	
				<b>Dureza</b> (ppm CaCO3 / L)	
<b>VI</b> Eficiencia de la Membrana de Nanofiltración	Es una técnica que permite seleccionar y filtrar determinados compuestos como los iones, elementos orgánicos, sales, etc., dentro de la clasificación de las membranas el tamaño de los poros que contiene son de < 0,002 mm” (Ribeiro, Bergamasco, Giménes y Müller, 2007, p.3).	La eficiencia de la membrana se determinara en base a la fórmula de recuperación en base a los parámetros presión y conductividad  $\% S = \left( \frac{C_F - C_P}{C_F} \right) \times 100\%$ $\% R = \frac{Q_P}{Q_F} \times 100\%$	Parámetros físico-químicos óptimos	<b>Presión (psi)</b> 80 y 120	Discretas
				<b>Conductividad</b> 50 y 70 (ms)	

**Fuente.** Elaboración propia

## 2.3 Población y Muestra

### Población:

La población está representada por el volumen del agua de regeneración de resinas de intercambio iónico de una planta que utiliza agua de caño como materia prima para obtener agua destilada.

### Muestra:

La muestra para la caracterización y tratamiento de nanofiltración es de 300 L del agua de regeneración de resinas de intercambio iónico para realizar el experimento.

## 2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos validez y confiabilidad

**Tabla 5.** *Técnicas e instrumentos de recolección de datos*

<b>Etapas</b>	<b>Fuentes</b>	<b>Técnica</b>	<b>Instrumentos</b>	<b>Resultados</b>
<b>Diseño de estructura del proyecto</b>	<b>propio</b>	<b>Observación Medidas de piezas</b>	<b>Programa AutoCAD</b>	<b>Diseño listo para fabricación</b>
<b>Fabricación de la estructura del proyecto</b>	<b>Daniel Talaverano</b>	<b>Observación</b>	<b>Equipo de soldadura con Tig</b>	<b>Estructura del proyecto terminado</b>
<b>Obtención de las aguas residuales</b>	<b>Aguas residuales del Retrolavado</b>	<b>Observación</b>	<b>Registro de aguas residuales</b>	<b>Cantidad de muestra 250 Litro de agua residual</b>
<b>Caracterización del agua residual</b>	<b>Equipos de medición</b>		<b>Registro de caracterización del agua residual</b>	
<b>Análisis de Permeado</b>	<b>Equipos de medición</b>	<b>Observación</b>	<b>Registro</b>	<b>Eficiencia de la membrana</b>

**Fuente.** Elaboración propia



### **Validez y Confiabilidad**

Para que se cumpla con los requisitos de validación la validez de instrumento tales como: ficha de caracterización del agua residual al inicio y fin, ficha de cálculo de eficiencia y separación se ha sometido a juicio de expertos colegiados, y la confiabilidad se determinó gracias a los equipos de medición como; conductímetro, Peachímetro, Tubímetro, Equipos de Laboratorio. Con una constancia otorgada por el Ingeniero Químico del Laboratorio, Por otro lado los instrumentos contaron con las respectivas calibraciones.

### **Diseño de la estructura**

Medida de Equipos y accesorios: a partir de las medidas que se obtuvo de la membrana ya comprada, los filtros, motor, se ha podido establecer un tamaño para la fabricación de la estructura del proyecto.



**Figura 3.** Filtro de Cartucho para el primer proceso



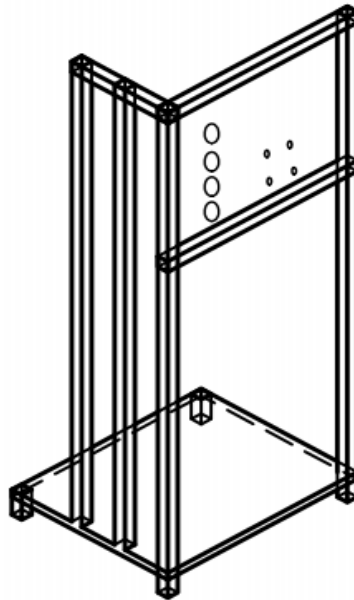
**Figura 4.** *Protector de la membrana de Nanofiltración capa de acero inoxidable de forma tubular*

### **Diseño y fabricación de equipo:**

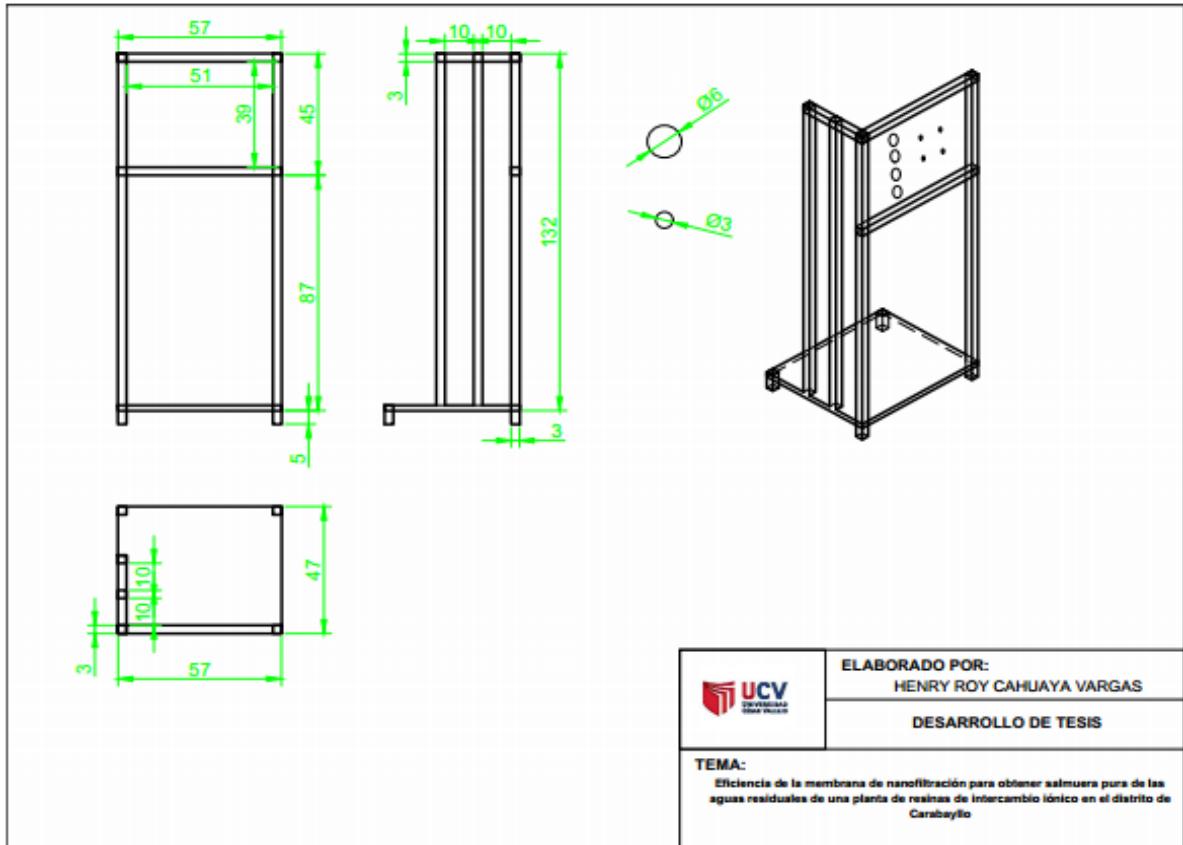
Para el diseño del proyecto se realizaron las medidas a partir de los accesorios que ya se tenían como:

- La membrana de nanofiltración Largo de 1.10 cm, diámetro 10 cm.
- Filtro de Cartucho de 30 cm, diámetro 15 cm
- Manómetro diámetro 6 cm
- Flujo metro diámetro 3 cm

El diseño se efectuó en el programa AutoCAD 2016,



**Figura 5:** Estructura del proyecto dibujado en el programa Auto-Cad 2016



**Figura 6.** Plano realizado en el Auto-Cad para mandar a fabricar al taller



**Figura 7:** Estructura del proyecto terminado

**Muestreo de las aguas residuales provenientes del retrolavado de las resinas de intercambio iónico.**

**Cantidad:** Las tres etapas que se tienen para el retrolavado y regeneración de la resina de intercambio iónico se tomó 300 L. de agua residual.

**Frascos:** Se utilizó frascos de 25 ml previamente lavado en cada muestra con agua destilada.



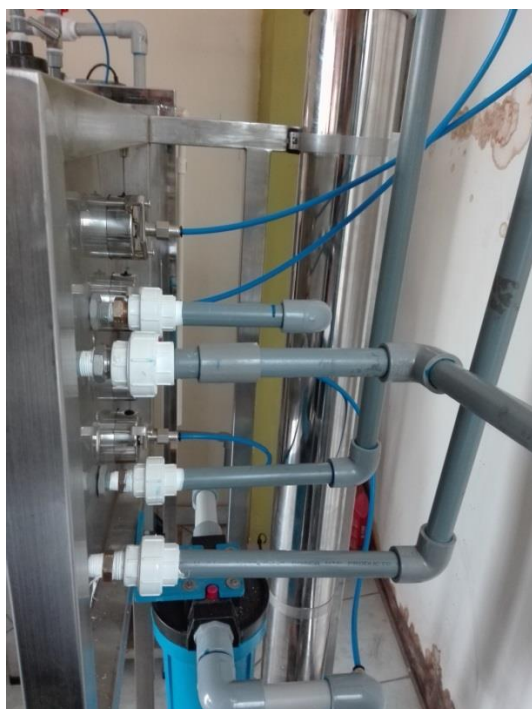
**Figura 8.** Tanque para recolección del agua residual de 250 L



**Figura 9.** Estructura del proyecto ejecutado e instalado



**Figura 10.** Estructura del proyecto ejecutado e instalado



**Figura 11.** Estructura del proyecto por la parte trasera

## Equipos, Materiales para la estructura del proyecto.

**Tabla 6.** *Materiales para la estructura del proyecto*

N°	Materiales y Equipos
1	Codos de PVC de 1" 90°
2	Tubería de PVC 6 metros de 1"
3	Abrazadera roscable de 1"
4	Válvulas de PVC de 1"
5	Válvula de acero de 1"
6	Teflón blanco de ¾
7	Empaquetadura color azul
8	Unión de PVC de 1"
9	Cable de PVC color azul de 3/8"
10	Tee Pvc de 1"
11	Manómetro
12	Flujómetro
13	Membrana de Nanofiltración
14	Bomba de Agua
15	Tanque de agua
16	Parihuela
27	Pernos

**Fuente.** Elaboración propia

**Tabla 7.** *Materiales y Equipos de laboratorio*

<b>N°</b>	<b>Materiales y Equipos</b>
1	Soporte universal
2	Pinza para soporte universal
3	Bureta de 25 ml
4	Vasos precipitados 100ml,250ml y 1L
5	Pipetas de 10 ml y 5ml
6	Matraces Erlenmeyer de 250 ml
7	Espátula
8	Bombilla
9	Piceta
10	Probetas de 100 ml y 500 ml
11	Conductímetro
12	Ph metro
13	Agitador magnético
15	Turbidímetro
16	Cocinilla
18	Balanza
20	Equipo de Membrana de Nanofiltración

**Fuente.** Elaboración propia

**Tabla 8.** *Reactivos utilizados en la experimentación*

<b>N°</b>	<b>Reactivos</b>	<b>Fórmula</b>
<b>1</b>	Cromato de Potasio	K <sub>2</sub> CrO <sub>4</sub>
<b>2</b>	Nitrato de Plata	AgNO <sub>3</sub>
<b>3</b>	Cloruro de Sodio	NaCl
<b>4</b>	EDTA	EDTA

5	Negro de ericromo	NET
6	Cloruro de Magnesio	MgCl <sub>2</sub> .6H <sub>2</sub> O
7	Nitrato de Potasio	KNO <sub>3</sub>
8	Buffer 10	

**Fuente.** Elaboración propia



**Figura 12.** Materiales de laboratorio utilizados durante el experimento



**Figura 13.** Turbidímetro



**Figura 14.** Balanza Electrónica





**Figura 15.** Conductimetro ADWA AD 330



**Figura 16.** pH metro ADWA AD 12

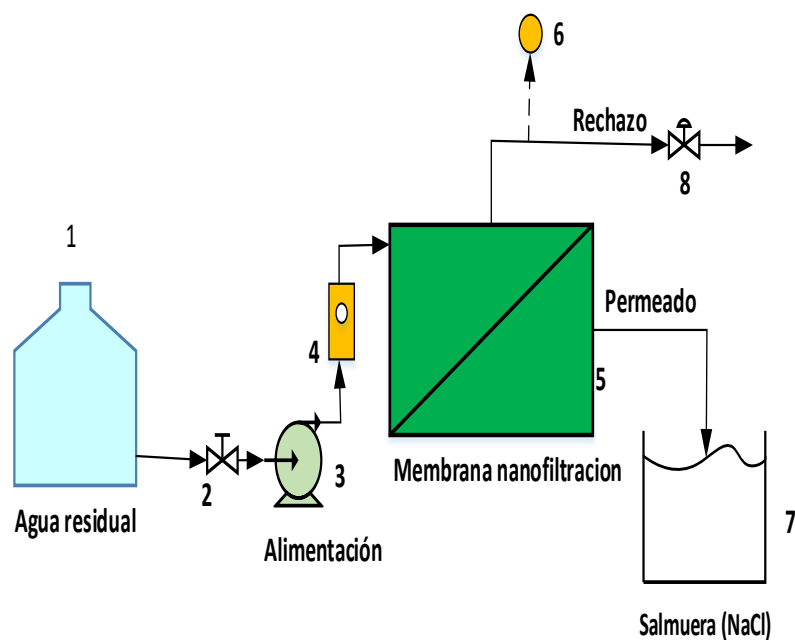
### **Ejecución del proceso experimental**

- a)** Se tomó muestras para cada etapa del retro-lavado de la resina de intercambio iónico, que en total se 300 L y para la caracterización se tomó 25 mil.
- b)** Se ha utilizado una bomba centrífuga de 0.75 HP monofásica con un flujo constante de alimentación de 300 L/h, para mantener ese flujo se ha efectuado un reciclo al tanque de alimentación.



**Figura 17.** Bomba de 0.75 HP marca “MEBA”

- c) Para mantener la presión a los valores propuestos en el diseño experimental se utiliza la válvula de PVC y acero de concentrado de forma manual.
- d) El tiempo efectuado de cada experiencia fue de 60 min. Sin incluir el tiempo de regulación de flujo, presión limpieza de tanque y otros.
- e) Se tomaran las lecturas de flujo de permeado y rechazo asimismo la conductibilidad del permeado.



**Figura 18.** Descripción del equipo experimental

1. Tanque de almacenamiento de agua residual producto de la regeneración de las resinas de intercambio iónico.
2. Válvula para regular el ingreso de agua residual a la bomba.
3. Bomba de impulsión
4. Flujómetro, para visualización de flujo de ingreso a la membrana de nanofiltración.
5. Membrana de nanofiltración tipo VNF-1-4040
6. Indicador de presión en PSI
7. Tanque de acumulación de salmuera purificada con cloruro de sodio
8. Válvula de aguja para el control de flujo del permeado y rechazo

Para la recolección de datos se utilizara dos factores y distintos niveles con se detalla en la figura

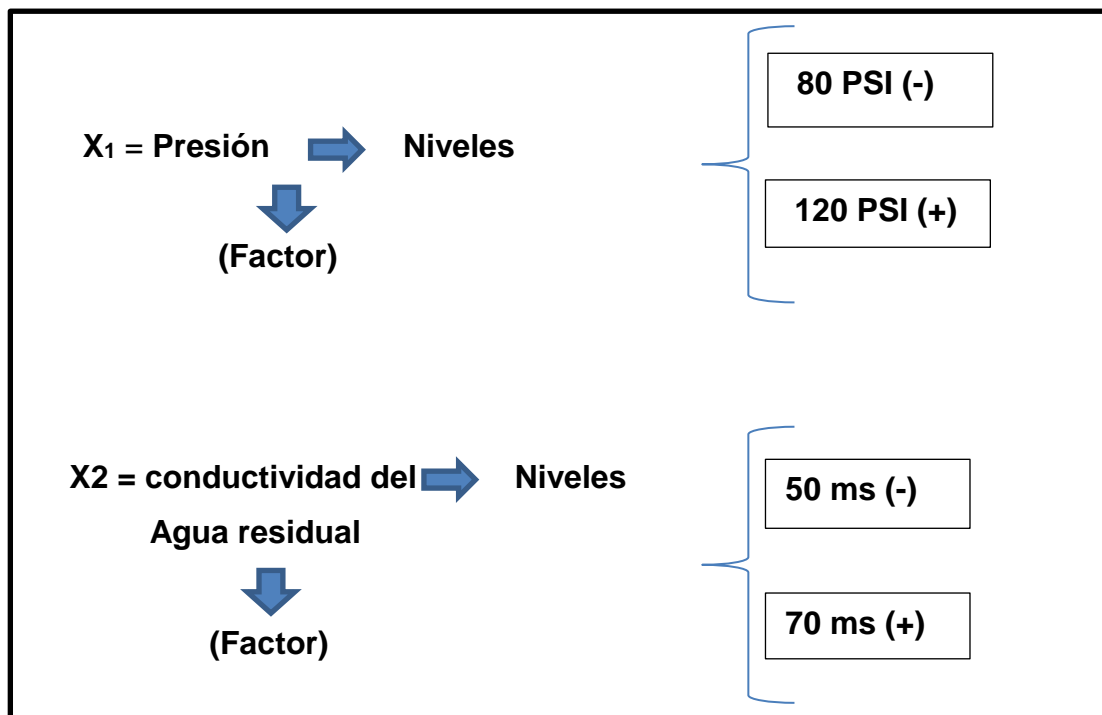


Figura 19. Diseño Factorial a dos niveles  $2^2$

- Factor 1: Presión (PSI)
- Factor 2: Conductividad del agua residual (ms)

- Niveles de Factor 1: 80 y 120 (PSI)
- Niveles de Factor 2: 50 y 70 (ms)

**En la siguiente tabla se muestra la matriz de experimentos:**

**Tabla 9.** *Matriz de experimentos*

Experimento	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	Respuesta
1	-	-	80	50	Y <sub>11</sub>
2	+	-	120	50	Y <sub>12</sub>
3	-	+	80	70	Y <sub>13</sub>
4	+	+	120	70	Y <sub>14</sub>

**Fuente.** Elaboración propia

**Dónde:**

**X<sub>1</sub>:** Presión (PSI): **Libras por pulgada cuadrada**

**X<sub>2</sub>:** Conductividad del agua residual (ms)

## 2.5 Método de análisis de dato

Para analizar los datos se hará uso de los programas Excel 2017 de tal modo que se pueda establecer una relación entre cada una de las variables que intervienen en la investigación; las mismas que luego serán interpretadas y presentadas mediante gráficos de barras y circulares.

### Ecuaciones Básicas

El balance de masa nos indica todos los materiales que ingresan, salen en la acumulación y pérdida de un proceso para un tiempo determinado.

### Balance de Flujo volumétrico.

La operación del módulo de nanofiltración es continua, el flujo de entrada (alimentación) es igual a los flujos de salida (Permeado y Rechazo).

### **Ecuación 3. Balance de flujo volumétrico**

$$Q_F = Q_P + Q_R$$

Donde  $Q_P$ ,  $Q_F$  y  $Q_R$  son velocidades de flujo volumétrico que se da por módulo de alimentación, permeado y retenido respectivamente.

#### **Porcentaje de recuperación de flujo.**

Es la relación porcentual del flujo de permeado con respecto al flujo de alimentación. Es una relación que puede variarse a voluntad según las necesidades de producción.

### **Ecuación 4. Porcentaje de recuperación de flujo**

$$\%R = \frac{Q_P}{Q_F} \times 100\%$$

#### **Porcentaje de separación, respecto a la conductividad**

Es el porcentaje que ha sido retenido en el equipo de nanofiltración y se evalúa mediante la siguiente relación.

### **Ecuación 5. Porcentaje de separación, respecto a la conductividad**

$$\%S = \left( \frac{C_F - C_P}{C_F} \right) \times 100\%$$

$\%S$  : Porcentaje de separación ((En función a la conductividad (ms))

$C_P$  : Conductividad del permeado (ppm)

$C_F$  : Conductividad en la alimentación (ppm)

## **2.6 Aspectos éticos**

Se deja constancia que la investigación respetó los derechos de autoría en cada una de las fuentes consignadas, asimismo los resultados serán registrados sin manipular su contenido.

De igual forma como parte del proceso de trabajo de campo y experimental se respetó el medio ambiente y su entorno, evitando contaminar los recursos naturales al momento de interactuar con ellos.

### **III. RESULTADOS**

**Caracterización agua residual de regeneración de resinas de intercambio iónico:  
Determinación organoléptica:**

**Tabla 10.** *Matriz de experimentos Organoléptica inicial*

MUESTRA	RESULTADO
COLOR	Incoloro
OLOR	inodoro
SABOR	Salado

**Fuente.** Elaboración propia

**Tabla 11.** *Condiciones iniciales de parámetros utilizados*

Ítem	pH	Turbiedad	Conductividad (ms)	Cloruros (g Cl <sup>-</sup> / L)	Dureza (ppm CaCO <sub>3</sub> / L)
1	7.04	30	50	47.925	8 200
2	7.02	30.1	50	49.700	8 320
3	7.01	30.3	70	47.925	8 220
4	7	30.1	70	47.712	8 452

**Fuente.** Elaboración propia

**Determinación de sustancias ionizadas**

**Determinación Volumétrica de Cloruros**

- Por triplicado, tomar 1 ml de la muestra y transferir a un Erlenmeyer.
- Agregar 2 gotas de K<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub> al 5% como indicador
- Agregar lentamente la solución de AgNO<sub>3</sub> 0.01 N, hasta que la solución de torne de color rojo anaranjado.
- Anotar la lectura final de la bureta.
- Tratar las otras dos muestras de la misma manera.
- Calcular la cantidad de cloruros presentes en la muestra.





Figura 20. Viraje de coloración

### Determinación de dureza total de agua

- Tomar tres alícuotas de 1 ml del agua a analizar y transferirlos a matraces de Erlenmeyer.
- Añadir 4 gotas de solución buffer 10 y 1 gota de negro de eriocromo – T (NET) como indicador y agitar.
- Desde la bureta se agrega lentamente la solución EDTA 0.01 N, hasta la aparición del color azul permanentemente.
- Anotar la lectura final de la bureta.
- Valorar las otras dos muestras de la misma manera.
- Calcular los gramos de  $\text{CaCO}_3$  por litro de solución.

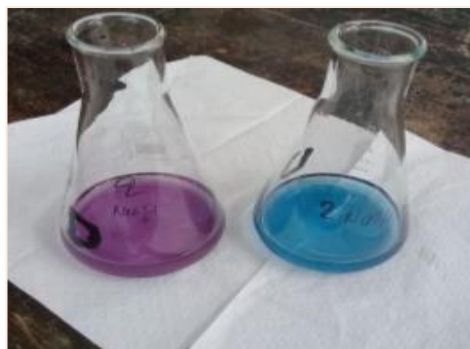


Figura 21: Viraje de coloración

## Resultados después del proceso de nanofiltración:

### Tablas de resultados: Determinación organoléptica:

**Tabla 12.** Matriz de experimentos Organoléptica

MUESTRA	RESULTADO
COLOR	Incoloro
OLOR	Incoloro
SABOR	Salado

Fuente. Elaboración propia

**Tabla 13.** Condiciones finales de parámetros utilizados

ítem	P (Psi)	C (ms)	PH	Turbiedad (NTU)	Conductividad (ms)	Cloruros (g Cl- / L)	Dureza (ppm CaCO <sub>3</sub> / L)
1	80	50	6.8	1.2	12	45	120
2	120	50	7.2	0.9	9	44	144
3	80	70	6.9	1	14	46	92
4	120	70	7.1	1.1	16	45.6	136

Fuente. Elaboración propia

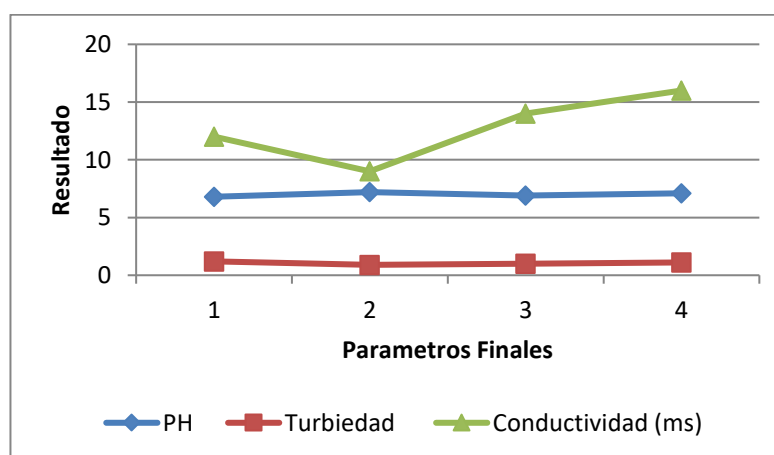
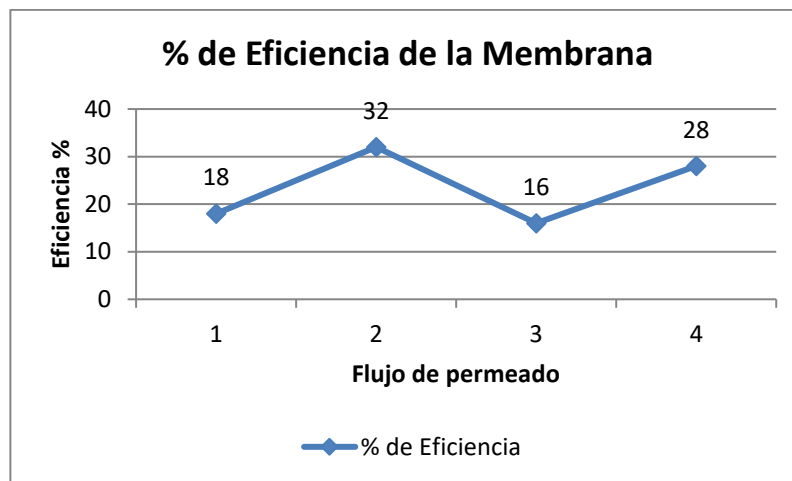


Figura 21. Condiciones finales de parámetros utilizados

**Tabla 13. Resultados de % de eficiencia de la membrana**

N°	X1 Presión (psi)	X2 Conductividad (ms) agua residual	Y		
			Flujo Permeado	% de Eficiencia	Conductividad (ms)
1	80	50	54 L/h	18	12
2	120	50	9677L/h	32	9
3	80	70	48L/h	16	14
4	120	70	84L/h	28	16

**Fuente.** Elaboración propia, 2017



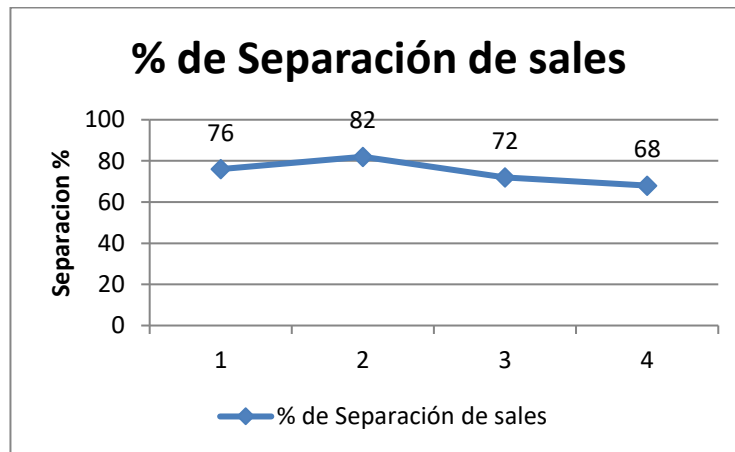
**Figura 22. % de Eficiencia de la membrana Nanofiltracion**

- a) H2:** Con la combinación óptima en tiempo de 60 min de la segunda experiencia, indico que la presión de 120 PSI y conductibilidad de 50 (ms), alcanza el mayor porcentaje de eficiencia para la membrana indicando un 32% lo cual da a entender que el 32% se fue al permeado y 68% al rechazo.

**Tabla 14.** Resultados de % de separación respecto a la conductividad en (ms)

N°	Agua residual sin tratamiento	Agua tratada por Nanofiltración Permeado	% de Separación de sales
	Conductividad (ms) del agua residual	Conductividad (ms)	
1	50	12	76
2	50	9	82
3	70	14	72
4	70	16	68

**Fuente.** Elaboración propia



**Figura 23:** % de separación de sales

**Tabla 15.** Resultados de Conductividad (ms) del agua residual y dureza

N°	Agua residual sin tratamiento			Agua tratada por Nanofiltración permeado	
	Presión PSI (X <sub>1</sub> )	Conductividad (ms) (X <sub>2</sub> )	Dureza (ppm)	Conductividad (ms)	Dureza (ppm)
1	80	50	8 200	12	120
2	120	50	8 320	9	92
3	80	70	8 220	14	144
4	120	70	8 452	16	136

**Fuente.** Elaboración propia

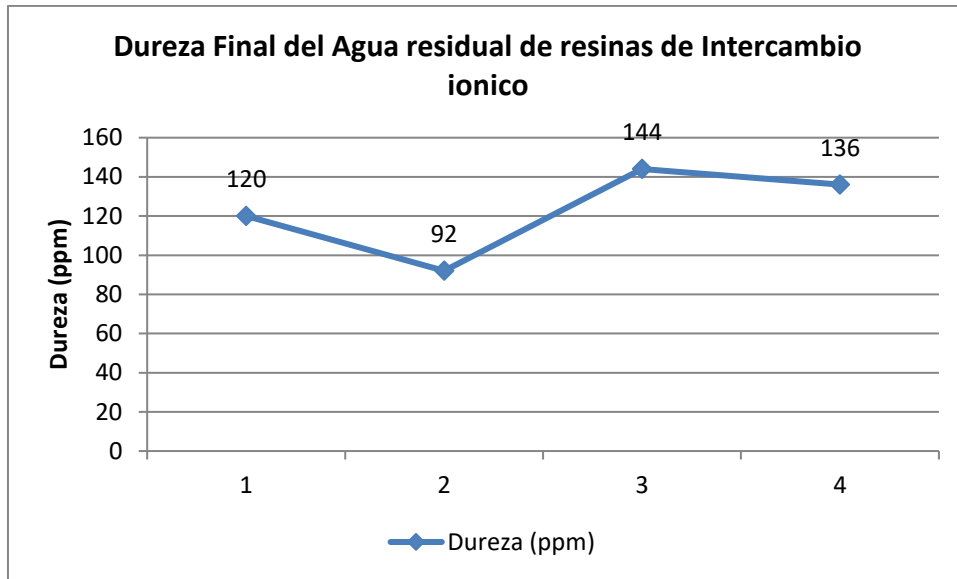


Figura 24. % Porcentaje de separación respecto a la conductividad en (ms)

H1: La dureza del agua residual está por debajo lo que indica los ECAs según la tabla 13.

Según la experiencia de tratamiento para del agua residual de resinas de intercambio iónico, con presión de 120 PSI y conductividad de 70 (ms) se obtiene una cantidad aceptable de Dureza que es 145 ppm.

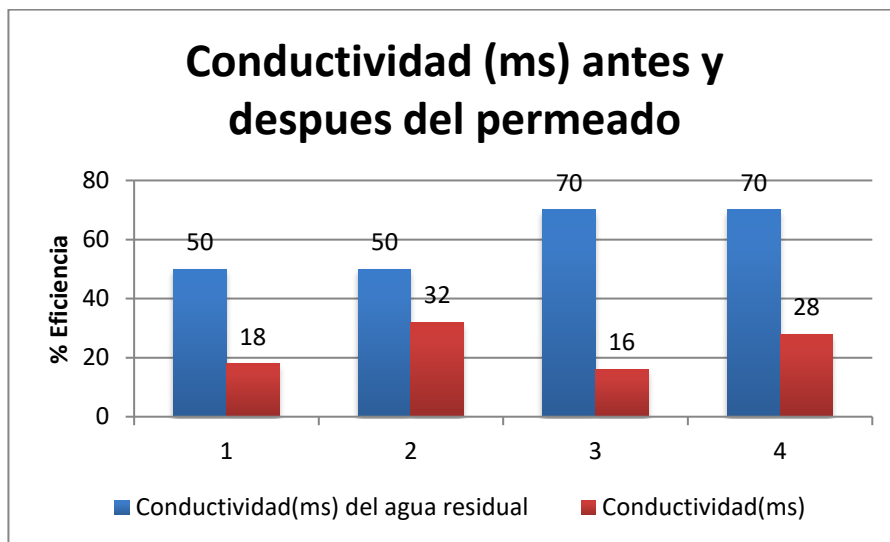
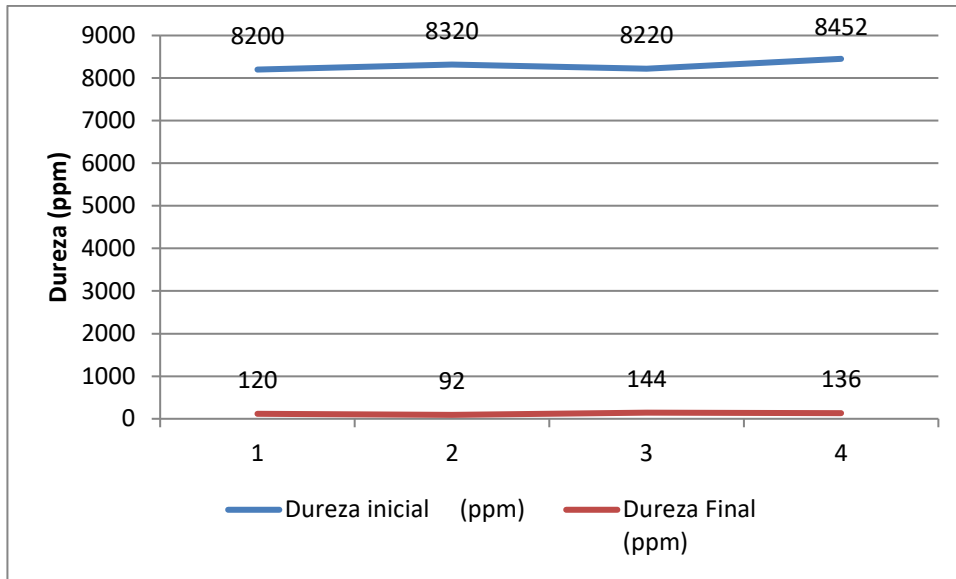


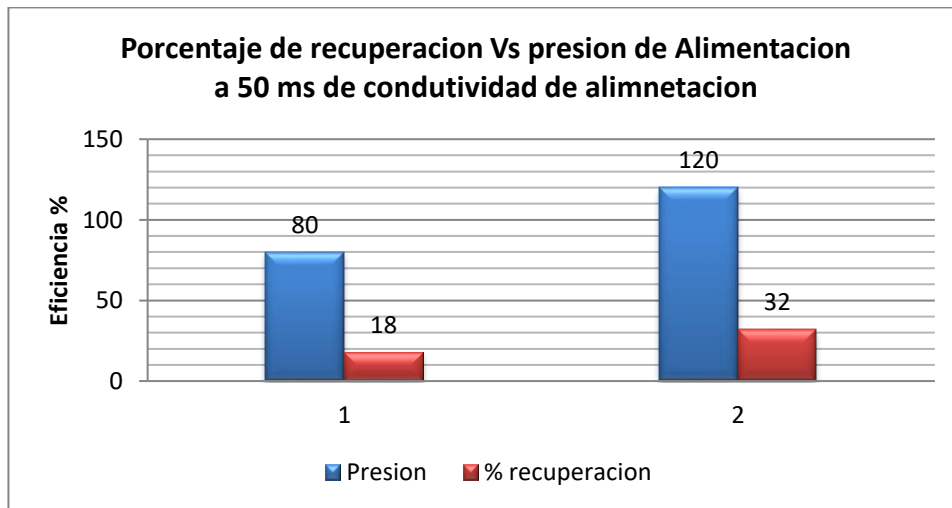
Figura 25. Conductividad (ms) antes y después del permeado

Se observa en la Figura 25 la conductividad (ms) medida al inicio del proceso y después del permeado con presión de 80 y 120 PSI por el tiempo estimado de 60 min. Para cada experiencia.



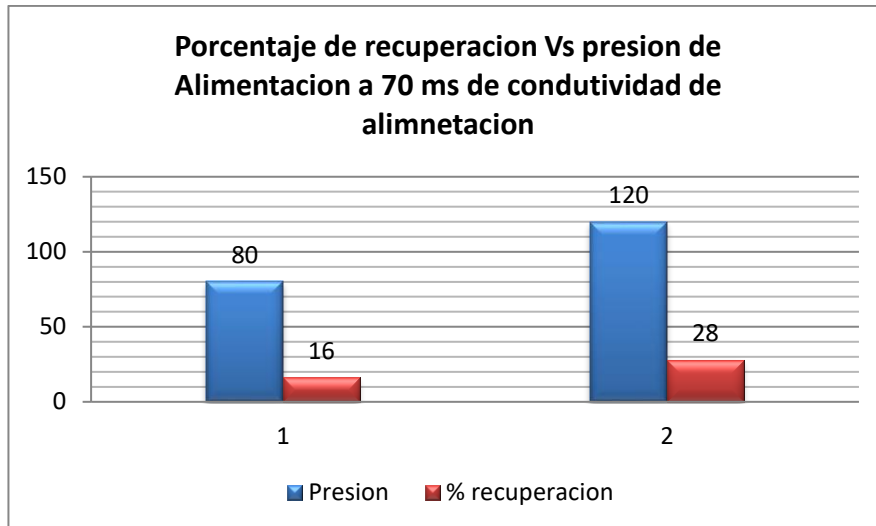
**Figura 26.** Dureza (ppm) antes y después del permeado

Se observa en la Figura 26 Dureza en (ppm), medida al inicio del proceso y después del permeado con presión de 80 y 120 PSI por el tiempo estimado de 60 min. Para cada experiencia. Se puede decir que la concentración de compuestos minerales ha disminuido considerablemente.



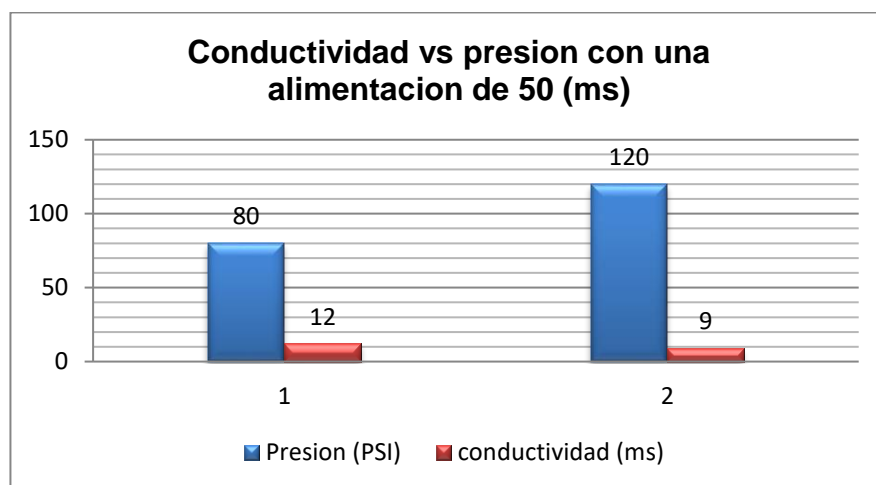
**Figura 27.** Porcentaje de recuperación a presiones y con alimentación a 50 (ms) de conductividad

Se puede observar en la Figura 27, el porcentaje de recuperación a una alimentación de 50 (ms) durante el tiempo de 60 minutos con una presión de 80 (PSI), donde se obtiene una recuperación del 18% y la segunda es a presión de 120 (PSI) con 50 (ms) de alimentación se obtiene una recuperación del 32%.



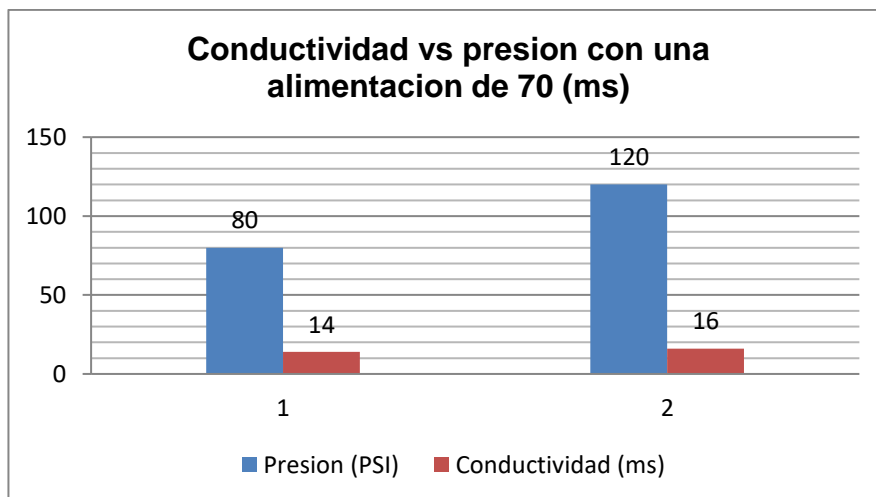
**Figura 28.** % de recuperación Vs presión con una alimentación a 70 (ms) de conductividad

Se puede observar en la Figura 28, el porcentaje de recuperación a una alimentación de 70 (ms) durante el tiempo de 60 minutos con una presión de 80 (PSI), donde se obtiene una recuperación del 16% y la segunda es a presión de 120 (PSI) con 70 (ms) de alimentación se obtiene una recuperación del 28%.



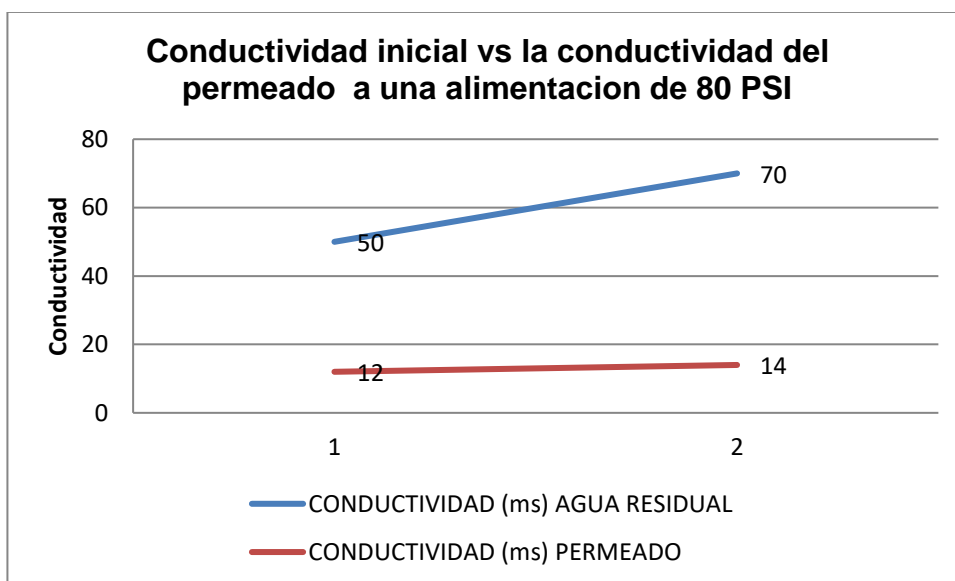
**Figura 29.** Conductividad Vs presión con una alimentación a 50 ms de conductividad de alimentación

Se observa en la Figura 29, la conductividad después del permeado a una alimentación de 50 (ms) durante el tiempo de 60 minutos con una presión de 80 (PSI), donde se obtiene de conductividad 12 (ms) y la segunda es a presión de 120 (PSI) con 50 (ms) de alimentación se obtiene de conductividad 9 (ms).



**Figura 30:** Conductividad Vs presión con una alimentación a 70 ms de conductividad de alimentación

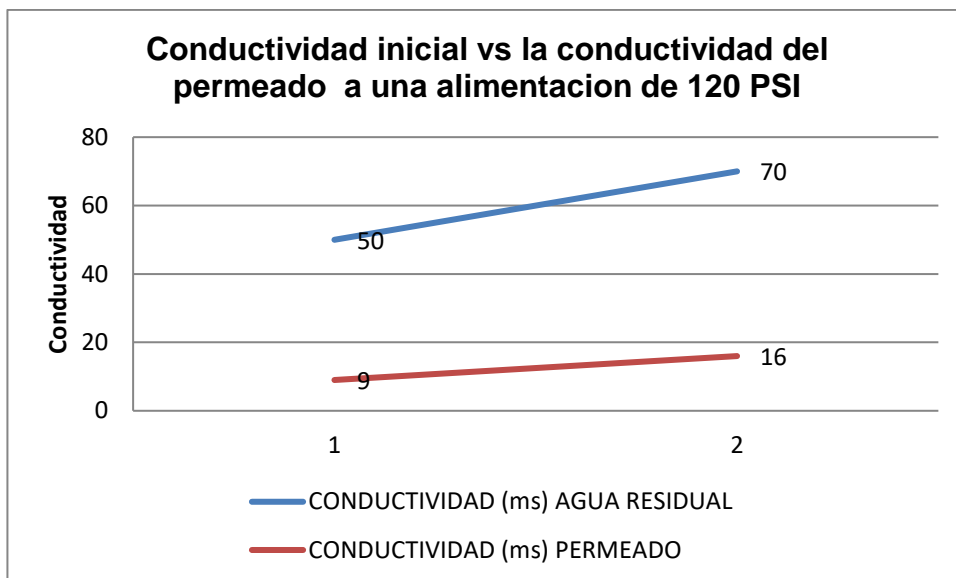
Se observa en la Figura 30, la conductividad después del permeado a una alimentación de 70 (ms) durante el tiempo de 60 minutos con una presión de 80 (PSI), donde se obtiene de conductividad 14 (ms) y la segunda es a presión de 120 (PSI) con 70 (ms) de alimentación se obtiene de conductividad 16 (ms).



**Figura 31:** Conductividad inicial vs la conductividad del permeado a una alimentación de 80 PSI

Se observa en la Figura 31, la conductividad inicial de 50 (ms) a una presión de 80 PSI disminuye a 12 (ms), observando así la gran cantidad de solidos Totales disueltos en el agua que se ha perdido por 60 min. De experiencia.





**Figura 32:** Conductividad inicial vs la conductividad del permeado a una alimentación de 120 PSI

Se observa en la Figura 32, la conductividad inicial de 70 (ms) a una presión de 120 PSI disminuye a 16 (ms), observando así la gran cantidad de solidos Totales disueltos en el agua que se perdido por 60 min. De experiencia.

## **IV. DISCUSSION**

1. Las variables de operación que se utilizaron (Presión y concentración (conductividad)) para estudiar la eficiencia de la Membrana VNF 1-4040, son factores determinantes en el comportamiento de las membranas de nanofiltración, como Beatriz Cuartas Uribe, lo indica al utilizar membranas NF200 y NF270.
2. Los datos experimentales de agua residual de resinas de intercambio iónico mostraron una buena linealidad con la presión en los rangos de 80 y 120 PSI para obtención de los valores, así mismo los valores reportados por Nghiem y Hawkes para la membrana NF270 son similares a la membrana VNF 1-4040 que se ha trabajado.
3. Con respecto al % de eficiencia con presión de 120 PSI se infiere que el 32% adquirido se dio por la alta presión con la que se trabajó en las experiencias por cada 60 minutos, lo cual indica que a mayor presión la membrana VNF 1-4040 tiene mayor capacidad de permeado.
4. El contenido total de porcentaje de recuperación a la presión máxima 120 y concentración 50 (ms) alcanza al menos 32% para la membrana VNF 1-4040 con 68% de rechazo. Lo que no se esperaba

## **V. CONCLUSION**

1. Después de haber ensamblado y efectuado la experimentación el equipo de nanofiltración se ha comprobado que la membrana separa los iones monovalentes y divalentes presentes en el agua residual, obteniéndose valores de eficiencia de acuerdo a la presión de operación y conductividad de alimentación.
2. Se determinó que cuando el modulo al trabajar a una presión de 120 PSI y conductividad inicial de 50 (ms) se alcanza la máxima eficiencia que equivale a 32%, convirtiéndose en el más eficiente en el tiempo de 60 min.
3. Se determinó que cuando el modulo trabaja a la presión de 120 PSI y conductividad de 70ms del agua residual se alcanza una conductividad de 28 (ms) lo cual no se pensaba esperar.
4. De las gráficas efectuadas se concluye que cuando el sistema trabaja a mayor presión se obtiene mayor porcentaje de recuperación.
5. El análisis de la dureza del agua residual de resinas de intercambio iónico después del permeado está por debajo lo que indica los ECAs según la tabla 1

## **VI. RECOMENDACIÓN**

- Se recomienda trabajar con este tipo de membranas VNF 1-4040 en presiones altas y así obtener mayor porcentaje de permeado.
- Estudiar la eficiencia de las membranas con más de dos tipos para tener mayores variables y poder llegar a un mayor óptimo de recuperación.
- Se recomienda utilizar válvulas de metal porque tienen una mayor precisión y retenidas durante todo el procedimiento de flujo.
- Cuando se recolecte en uno o más recipientes las aguas residuales de las 3 etapas del retro-lavado, se recomienda cubrirlos, para que así no se alteren los datos al momento de utilizar los equipos de medición, pH, Conductímetro etc.
- Se recomienda cubrir con bastantes teflón las tuberías de PVC y empaquetadura, para que cuando se encienda el equipo a altas presiones no existan fugas.
- 
- Se recomienda incrementar el tiempo de trabajo para obtener mayores datos y poder comprar para llegar a un mejor óptimo y en posteriores investigaciones utilizar el tiempo como variables.

## **VII. REFERENCIAS**



## BIBLIOGRAFIA:

1. ÁLVAREZ, Fernando. RADO, Abel. (2013). Sistemas de tratamiento de agua por intercambio iónico y osmosis inversa. Tesis (Ingeniería). Perú: Universidad Católica Santa María. 2013, 155 pp. Disponible en:  
<http://tesis.ucsm.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/UCSM/4234/4A.0167.1M.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
2. Beatriz Cuartas Uribe (2005) presento "Estudio del proceso de nanofiltracion para la desmineralización de lactosuero dulce". Tesis para obtener el Grado de Doctor. España: Universidad Politécnica de Valencia. Disponible en:  
<https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/1878/tesisUPV2361.pdf>
3. Abouzaid et al. /CR Chemistry 6 (2003), "Estudio de la retención de sales monovalentes y bivalentes por nanofiltracion" facultad de ciencias, de la universidad chouaib-Doukkali, El Jadida, Marruecos.
4. AYALA, Miguel. PEÑUELA, Gustavo. MONTOYA, José. Procesos de membranas para el tratamiento de agua residual industrial con altas cargas del colorante amarillo ácido 23. Rev. fac.ing.univ. Antioquia vol.38 no.1 Medellín Jan./Jun. 2006.  
ISSN 0120-6230  
Disponible en:  
[http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0120-62302006000400005](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-62302006000400005)
5. BARRAGAN, Jorge. Caracterización del uso de la ultrafiltración. Ecuador. Escuela Politécnica Nacional. 2008.
6. BENAVIDES, Omar. MUVDI, Carlos. Evaluación de la ósmosis inversa y de la evaporación de película ascendente como técnicas de concentración de hidrolizados de almidón de yuca. Revista ION, vol. 27, núm. 1, enero-junio,

2014, pp. 59-70. Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga, Colombia.

ISSN: 0120-100X

Disponible en:

<http://www.redalyc.org/pdf/3420/342031331007.pdf>

7. CANCINO, Beatriz. ULLOA, Lila. ASTUDILLO, Carolina. Presión Osmótica de Soluciones Salinas y Azucaradas: su Influencia en Procesos de Osmosis Inversa en la Industria de Alimentos. Rev. Inf. tecnol. v.20 n.3. La Serena 2009.

ISSN 0718-0764

Disponible:

[http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-](http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642009000300008)

[07642009000300008](http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642009000300008)

8. CORTIJO, Dora. Desalcalinización del agua mediante intercambio iónico. Ingeniería Industrial, núm. 31, enero-diciembre, 2013, pp. 221-238. Universidad de Lima. Perú.

ISSN: 1025-9929

Disponible en:

<http://www.redalyc.org/pdf/3374/337430545010.pdf>

9. CHACÓN, Alejandro. Tecnologías de membranas en la agroindustria láctea. Rev. Agronomía Mesoamericana, vol. 17, núm. 2, julio-diciembre, 2006, pp. 243-263. Universidad de Costa Rica. Alajuela, Costa Rica. Disponible en:

<http://www.redalyc.org/pdf/437/43717211.pdf>

10. DÍAZ, Elizabeth, et al. El tratamiento de agua residual doméstica para el desarrollo local sostenible: el caso de la técnica del sistema unitario de tratamiento de aguas, nutrientes y energía (SUTRANE) en San Miguel Almaya, México, Quivera, vol. 14, núm. 1, enero-junio, 2012, pp. 78-97. Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca, México.

ISSN: 1405-8626

Disponible en:

<http://www.redalyc.org/pdf/401/40123894005.pdf>

11. GÓMEZ, Yuliet. VERA, Luisa. Simulación del pretratamiento de agua de mar para su desalación. RTQ vol.33 no.3 Santiago de Cuba sep.-dic. 2013. ISSN 2224-6185

Disponible en:

[http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2224-61852013000300007](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-61852013000300007)

12. GONZÁLEZ, Eduardo, et al. Fisicoquímica de salmueras e hidrocarburos en cuencas petroleras y en depósitos minerales tipo Mississippi Valley y asociados. Parte I: temperatura, presión y composición de inclusiones fluidas. Rev. Bol. Soc. Geol. Mex vol.60 no.1 México ene. 2008.

ISSN 1405-3322

Disponible en:

[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-33222008000100002](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-33222008000100002)

13. HARRIS, Daniel. Análisis químico cuantitativo. España: Editorial Reverté. 2001.

ISBN: 842917222

14. HERRERA, Miguel. PALOMINO, Guillermo. Resinas de intercambio iónico: Desarrollo tecnológico aplicado para la eliminación de olor del metanol puro. Rev. Tecnología, Ciencia, Educación, vol. 27, núm. 1, enero-junio, 2012, pp. 24-35. Instituto Mexicano de Ingenieros Químicos A.C Monterrey, México.

ISSN: 0186-6036

Disponible en:

<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=48224413005>

15. HERRERA, Adriana., et al. Implementación de ósmosis directa y nanoaditivos magnéticos para desalinización de agua. Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica 19 (1): 199 – 206. 2016. Disponible en:

16. <http://www.scielo.org.co/pdf/rudca/v19n1/v19n1a23.pdf>
17. ISIRDIA, Germán, GONZÁLEZ, Rodrigo. RUIZ, Saúl. Evaluación de procesos de desalinización y su desarrollo en México. Rev. Tecnol. cienc. agua vol.4 no.3 Jiutepec jul./ago. 2013.  
ISSN 2007-2422  
Disponible en:  
[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-24222013000300002](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-24222013000300002)
18. INEI. Anuario de estadísticas ambientales. Inei. Perú.2015. Disponible en:  
[https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib1342/libro.pdf](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1342/libro.pdf)
19. ISIRDIA, Dévora., et al. (2016). Desalación por ósmosis inversa y su aprovechamiento en agricultura en el valle del Yaqui, Sonora, México. Rev. Tecnología y Ciencias del Agua, vol. VII, núm. 3, mayo-junio, 2016, pp. 155-169. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Morelos, México.  
  
ISSN: 0187-8336  
  
Disponible en:  
<http://www.redalyc.org/pdf/3535/353546192009.pdf>
20. SARAH J. BOGART. Rapid changers in wáter hardness and alkalinity.  
Disponible en:  
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27060657>.Artículo.web.Consultad o el 12 junio del 2016.
21. HIDALGO DOMINGUEZ Fanny Esther, GUAMAN PEREZ Marco Vinicio. Diseño y construcción de un desmineralizador de lecho múltiple. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Químico. Guayaquil Universidad de Guayaquil 2006.

22. LEÓN, Leandro, et al. La salmuera: un procedimiento racional de análisis. Revista Cubana de Química, vol. XVIII, núm. 1, 2006, p. 285. Universidad de Oriente. Santiago de Cuba, Cuba.  
ISSN: 0258-5995  
Disponible en:  
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=443543688100>
23. MANAHAN, Stanley. Introducción a la química ambiental. México: Editorial Reverté, 2007. 644 pp.  
ISBN: 84-291-7907-0
24. MEDINA, Juan. Desarrollo de módulos de electrodiálisis para la desalinización de aguas salobres, determinación de parámetros físicos y evaluación experimental de modelo difusional. Tesis (Magíster en ingeniería de procesos). Lima: Universidad Nacional de Ingeniería. 2009, 188 pp.  
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)
25. RAFFO, Eduardo. RUIZ, Edgar. Caracterización de las aguas residuales y la demanda bioquímica de oxígeno. Rev. Industrial Data, vol. 17, núm. 1, enero-junio, 2014, pp. 71-80. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima, Perú.  
ISSN: 1560-9146  
Disponible en:  
<http://www.redalyc.org/pdf/816/81640855010.pdf>
26. REYES, Oscar, et al. Uso de cloruro de sodio en bases granulares. Rev. Ciencia e Ingeniería Neogranadina, vol. 16, núm. 1, agosto, 2006, pp. 63-71. Universidad Militar Nueva Granada. Bogotá, Colombia. Disponible en:  
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=91116106>
27. RIBEIRO, Rosa. BERGAMASCO, Rosângela. GIMENES, Marcelino. MÜLLER, Carmen. Preparación de Membranas para Producción de Agua Potable. Rev. Inf. tecnol. v.18 n.1 La Serena 2007.

ISSN 0718-0764

Disponible en:

[http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-07642007000100004](http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642007000100004)

28. ROJAS, Mario. Producción de agua potable a partir de agua de mar por destilación y ósmosis inversa. Universidad de Lima. Perú. Disponible en: [http://revistas.ulima.edu.pe/index.php/Ingenieria\\_industrial/article/viewFile/525/488](http://revistas.ulima.edu.pe/index.php/Ingenieria_industrial/article/viewFile/525/488)

29. ROMERO, Mariana., et al. Tratamiento de aguas residuales por un sistema piloto de humedales artificiales: evaluación de la remoción de la carga orgánica. Revista Internacional de Contaminación Ambiental, vol. 25, núm. 3, 2009, pp. 157-167. Universidad Nacional Autónoma de México. Distrito Federal, México.

ISSN: 0188-4999

Disponible en:

<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=37012012004>

30. RUBIO, Ainhoa., et al. Procesos de tratamiento de aguas residuales para la eliminación de contaminantes orgánicos emergentes. Rev. Ambient. Água vol.8 no.3 Taubaté Sept./Dec. 2013.

ISSN 1980-993X

Disponible en:

[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1980-993X2013000300008](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1980-993X2013000300008)

31. PATIÑO, Yolanda. ORDÓÑEZ, Salvador. Microcontaminantes emergentes en aguas: tipos y sistemas de tratamiento. Avances en Ciencias e Ingeniería, vol. 5, núm. 2, abril-junio, 2014, pp. 1-20. Executive Business School. La Serena, Chile.

ISSN: 0718-8706

Disponible en:

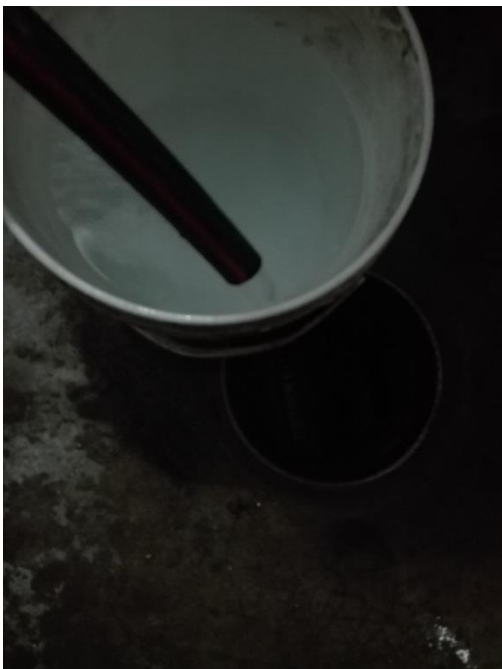
<http://www.redalyc.org/pdf/3236/323631115001.pdf>

## **VIII. ANEXOS**

## Equipo de operación



## Agua residual





## Válvula de manejo de ablandador y agua con sal para ablandador



## Ablandador de agua



## Equipo de ablandamiento



## ***EC CALIBRATION***

---

### **STANDARD CALIBRATION**

EC calibration is a one-point procedure. Selectable calibration points are: 0.00, 84.0 and 1413  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , 5.00, 12.88, 80.0 and 111.8  $\text{mS}/\text{cm}$ .

- Rinse the probe with calibration solution or deionized water, then immerse it into the solution. The sleeve holes must be completely submerged.
- Tap the probe repeatedly to remove any air bubbles that may be trapped inside the sleeve.
- To enter EC calibration, select the EC range and press CAL key.



**Note:** TDS readings are automatically derived from the EC readings and no specific calibration for TDS is needed. Pressing CAL when TDS range is selected has no effect.

- For zero calibration, simply leave the dry probe in the air. The “CAL” and “BUFFER” tags light up.

- The primary LCD displays the not calibrated EC reading, while the secondary LCD shows one of the available standard values. The hourglass symbol blinks.



- If necessary, use the arrow keys to select the desired standard value.



- When the reading is stable, the CFM tag starts blinking. Press CFM to confirm calibration.



- The instrument displays the “Stor” and “Good” messages and returns to measurement mode.

<b>PROBLEMAS</b>	<b>OBJETIVOS</b>	<b>HIPOTESIS</b>	<b>METODOLOGIA</b>
<b>Problema general</b>	<b>Objetivos General</b>	<b>Hipótesis General</b>	<p><b>Tipo de Investigación</b> Aplicativo</p> <p><b>Enfoque de estudio</b> Cuantitativo</p> <p><b>Diseño de investigación</b> El estudio empleará al diseño experimental</p> <p><b>Población</b> Aguas residuales provenientes del retro lavado de RI iónico</p> <p><b>Muestra</b> Se realizó el experimento con un volumen de 300 L.</p> <p>La técnica utilizada fue principalmente por observación directa para registro de datos</p>
¿Cuán eficiente es la membrana de nanofiltración en la obtención de salmuera pura de las aguas residuales generada a partir de resinas de intercambio iónico en el distrito de Carabayllo?	Determinar la eficiencia de la membrana de nanofiltración en la obtención de salmuera pura de las aguas residuales generada a partir de resinas de intercambio iónico en el distrito de Carabayllo	La membrana de nanofiltración es eficiente en la obtención de salmuera pura de las aguas residuales generada a partir de resinas de intercambio iónico en el distrito de Carabayllo	
<b>Problemas específicos</b>	<b>Objetivos específicos</b>	<b>Hipótesis Específicos</b>	
¿Cuál es el grado de concentración de salmuera presente en el agua residual de resinas de intercambio iónico que se descarga a la red de alcantarillado?	Evaluar el grado de concentración de salmuera presente en el agua residual de resinas de intercambio iónico que se descarga a la red de alcantarillado.	La dureza del agua residual mediante el tratamiento de nano filtración está por debajo de lo que indica los ECAs.	
¿Cuál será la combinación optima de las variables presión y conductividad inicial del agua residual para la obtención de salmuera pura de las aguas residuales de resinas de intercambio iónico?	Evaluar la combinación optima de las variables presión y conductividad inicial del agua residual para la obtención de salmuera pura de las aguas residuales de resinas de intercambio iónico.	Con la combinación de 80 Y 120 (PSI) y Conductividad de 50 y 70 (ms) se obtendrá el mayor porcentaje de separación de sales.	

## EMPRESAS COMERCIALIZADORAS DE AGUA DESTILADA Y DESIONIZADA

	EMPRESA	LOGO	SERVICIOS	DIRECCION	TELEFONO
1	AGUA ANGEL SAC		Somos una empresa que brinda soluciones innovadoras de alto desempeño en tratamiento de agua para uso industrial, comercial y doméstico.	Pj3 Mz "B" Lot. 13 Asc San Juan Masías. – San Borja	981 260 179
2	AGUASISTEC		Empresa Peruana, especializada en tratamientos de agua a nivel Industrial, Comercial y Residencial	Calle José Jiménez Borja 180, San Borja - Lima 41, Perú.	964398521
3	HYDROMATIC		Proveemos de Agua desionizada procesado con equipos y/o sistemas HYDROMATIC de última generación	Av. Santa Catalina N° 021 Int. 202, Urb. Santa Catalina - La Victoria , Lima - Perú	99300-0200
4	ADESCO PERU SAC		ADESCO PERU S.A.C. es una empresa que posee una sólida organización y experiencia en la elaboración de AGUA DESIONIZADA, OSMOTIZADA, DESCALSIFICADA DESTILADA	Av. Calle A, Mz. G Lote 5, Urb. Taurija, Los Olivos, Lima 01	998425174
5	AGUA INGENIEROS		Empresa peruana dedicada al desarrollo de proyectos de Tratamiento de Agua	Av. Luis Sáenz 129 Alt. Cdra. 15 Javier Prado Este	980 614 840





UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA  
AMBIENTAL

Eficiencia de la membrana de nanofiltración para obtener salmuera a partir de  
aguas residuales de regeneración de resinas de intercambio iónico en el  
distrito de Carabayllo

TESIS PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO AMBIENTAL

AUTOR:

CAHUAYA VARGAS, HENRY ROY

ASESOR:

DR. ORDOÑEZ GALVEZ JUAN JULIO

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

TRATAMIENTO Y GESTIÓN DE RESIDUOS

LIMA - PERU

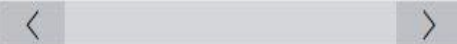
2017



Resumen de coincidencias



14 %



- 1 Entregado a Universida... 12 % >  
Trabajo del estudiante
- 2 Entregado a Carlos Tes... <1 % >  
Trabajo del estudiante
- 3 Entregado a Universida... <1 % >  
Trabajo del estudiante
- 4 [www.agua-debate.org](http://www.agua-debate.org) <1 % >  
Fuente de Internet
- 5 [slideplayer.es](http://slideplayer.es) <1 % >  
Fuente de Internet
- 6 [www.pemex.com.mx](http://www.pemex.com.mx) <1 % >  
Fuente de Internet

	<b>ACTA DE APROBACION DE ORIGINALIDAD DE TESIS</b>	Código : <a href="#">FO6-PP-PR-02.02</a>
		Versión : <a href="#">07</a>
		Fecha : <a href="#">31-03-2017</a>
		Página : <a href="#">1 de 2</a>

YO, JUAN JULIO ORDOÑEZ GALVEZ, docente de la escuela profesional de ingeniería ambiental de la Universidad Cesar Vallejo, Lima Norte revisor (a) de la tesis Titulada:

EFICIENCIA DE LA MEMBRANA DE NANOFILTRACIÓN PARA OBTENER SALMUERA A PARTIR DE AGUAS RESIDUALES DE REGENERACIÓN DE RESINAS DE INTERCAMBIO IÓNICO EN EL DISTRITO DE CARABAYLLO – 2017,

del estudiante Cahuaya Vargas Henry Roy constato que la investigación tiene un índice de similitud de 14% verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

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

Los Olivos 07 de Agosto de 2018



Dr. Juan Julio Ordoñez Galvez

Doctor. Juan Julio Ordoñez Galvez  
DNI: 08447308

Elaboro	Dirección de Investigación	Reviso	Representante de la Dirección/ Vicerrectora de Investigación y Calidad	Aprobó	Rectorado
---------	----------------------------	--------	---	--------	-----------





# 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:

Henry Roy Cahwaya Vargas

INFORME TÍTULADO:

Epifenética de la membrana de nanofiltración para obtener salmuera a partir de

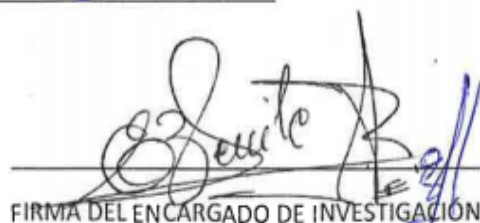
Agua residual de regeneración de Resinas de Intercambio iónico en Casabullo-2017

PARA OBTENER EL TÍTULO O GRADO DE:

T  
INGENIERO (A) AMBIENTAL

SUSTENTADO EN FECHA: 11-12-17

NOTA O MENCIÓN: 15

  
FIRMA DEL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN

Dr. Elmer Benites Alfaro



**AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE TESIS  
EN REPOSITORIO INSTITUCIONAL UCV**

Código : F08-PP-PR-02-02  
Versión : 09  
Fecha : 23-03-2018  
Página : 1 de 1

Yo Henry Roy Cahuaya Vargas, identificado con DNI N° 46138582, egresado de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad César Vallejo, autorizo (  ) , No autorizo (  ) la divulgación y comunicación pública de mi trabajo de investigación titulado "Eficiencia de la membrana de nanofiltración para obtener salmuera limpia de aguas residuales de regeneración de resinas"; en el Repositorio Institucional de la UCV (<http://repositorio.ucv.edu.pe/>), según lo estipulado en el Decreto Legislativo 822, Ley sobre Derecho de Autor, Art. 23 y Art. 33

Fundamentación en caso de no autorización:

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

  
FIRMA

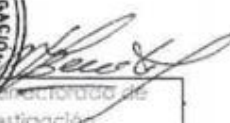
DNI: 46138582

FECHA: 15 de Septiembre del 2018









Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Responsable del SGC	Vicerectorado de Investigación
---------	----------------------------	--------	---------------------	--------------------------------