



FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL

Capacidad de la resina Amberlite IR-120 para mejorar la calidad de agua
subterránea en la urbanización San Sebastián – Comas, 2017.

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniera Ambiental

AUTORA

Flor Roxana Ramos Salcedo

ASESOR

Dr. José Eloy Cuellar Bautista

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Calidad y gestión de los recursos naturales

LIMA - PERU

Año 2017 - I


PAGINA DEL JURADO



Dr. Lorgio Gilberto Valdivieso Gonzales
PRESIDENTE



Dr. Antonio Leonardo Delgado Arenas
SECRETARIO



Dr. José Eloy Cuellar Bautista
VOCAL

DEDICATORIA

A mis queridos padres Isaac y Maximiliana, a mis hermanos y a mi novio por el apoyo incondicional y moral a lo largo de mi etapa universitaria, ya que sin su apoyo no hubiese podido realizar esta tesis. Les dedico esta tesis a ellos porque me enseñaron que todo se puede lograr con esfuerzo y perseverancia.

AGRADECIMIENTOS

Le agradezco a Dios por haberme acompañado y guiado a lo largo de mi carrera, por ser mi fortaleza en los momentos de debilidad y por permitir una vida llena de experiencias, aprendizajes y sobre todo de felicidad.

Al Dr. Antonio Delgado Arenas y al Dr. Eloy Cuellar Bautista por apoyarme en el desarrollo de esta tesis con sus orientaciones y aprendizajes, haciendo posible este resultado.

Al Dr. Elmer Benites Alfaro, por su tiempo y por los conocimientos que me transmitió en el transcurso del desarrollo de esta tesis.

Al Ing. Arturo Alva Cervantes y al técnico Daniel Neciosup por haberme brindado toda su experiencia para poder lograr esta dichosa y muy merecida victoria.

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo FLOR ROXANA RAMOS SALCEDO con DNI N°47246371, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica.

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

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

Lima, 13 de julio del 2017



Flor Roxana Ramos Salcedo
DNI: 47246371

PRESENTACIÓN

Señores miembros del Jurado

En cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo presento ante ustedes la tesis titulada “Capacidad de la resina Amberlite IR-120 para mejorar la calidad de agua subterránea en la urbanización San Sebastián – Comas, 2017”, la misma que someto a vuestra consideración y espero que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el título Profesional de Ingeniería Ambiental.

El Autor

Flor Roxana Ramos Salcedo

INDICE GENERAL

PAGINA DEL JURADO	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
DEDICATORIA.....	III
AGRADECIMIENTOS	IV
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD.....	V
PRESENTACIÓN.....	VI
RESUMEN	XIII
ABSTRACT	XIV
I. INTRODUCCION	15
1.1 Realidad Problemática.....	16
1.2 Trabajos previos	17
1.3 Teorías relacionadas al tema	20
1.4 Formulación del problema	28
1.4.1 Problema general	28
1.4.2 Problemas específicos	28
1.4 Justificación del estudio.....	29
1.6 Hipótesis.....	29
1.6.1 Hipótesis general.....	29
1.6.2 Hipótesis específicos.....	29
1.7 Objetivos	30
1.7.1 Objetivo general	30
1.7.2 Objetivos específicos.....	30
II. MÉTODO	31
2.1 Diseño de investigación.....	31
2.2 Variables, Operacionalización	31
2.3 Población y muestra	32
2.3.1 Población.....	32
2.3.2 Muestra.....	32
2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad	33
2.5 Metodología de Análisis de datos.....	42

2.6 Aspectos Éticos.....	42
III. RESULTADOS.....	43
IV. DISCUSIÓN.....	61
V. CONCLUSIONES.....	63
VI. RECOMENDACIONES.....	64
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	65

INDICE DE ANEXOS

<i>Anexo N° 1: Ficha de observación</i>	69
<i>Anexo N° 2: Matriz de Consistencia</i>	71
<i>Anexo N° 3: Límites máximos permisibles de agua para consumo humano</i>	72
<i>Anexo N° 4: Requisito para recepción de muestras</i>	73
<i>Anexo N° 5: Procedimiento de análisis</i>	74
<i>Anexo N° 6: Resultados de la medición de los parámetros in-situ.</i>	77
<i>Anexo N° 7: Resultados de la determinación de dureza.</i>	78
<i>Anexo N° 8: Resultados de la determinación de alcalinidad.</i>	79
<i>Anexo N° 9: Características fisicoquímicas del agua antes del tratamiento.....</i>	80
<i>Anexo N° 10: Características fisicoquímicas del agua después del tratamiento ..</i>	82
<i>Anexo N° 11: Hoja de datos de la resina Amberlite IR-120 Na.</i>	84
<i>Anexo N° 12: Hoja de calibración del multiparámetro – HACH-30.....</i>	86
<i>Anexo N° 13: Informe de opinión de expertos de instrumentos de investigación .</i>	90
<i>Anexo N° 14: Fotografías.</i>	100
<i>Anexo N° 15: Caracterización fisicoquímica del agua subterránea.....</i>	115
<i>Anexo N° 16: Mapa de ubicación de la zona de estudio</i>	116

INDICE DE TABLAS

Tabla N° 1 : Clasificación de los tipos de resinas.....	21
Tabla N° 2 : Regeneración de la resina Amberlite IR-120.....	24
Tabla N° 3: Operacionalización de las variables.....	32
Tabla N° 4: Capacidad de operación útil Vs nivel de regeneración de la resina. .	36
Tabla N° 5: Capacidad de operación útil Vs concentración de sodio.....	36
Tabla N° 6: Capacidad de operación útil Vs concentración de dureza.....	37
Tabla N° 7: Capacidad de operación útil Vs concentración del regenerante	37
Tabla N° 8: Capacidad de operación útil Vs caudal de producción.....	38
Tabla N° 9: Análisis de la validación	41
Tabla N° 10 : Características fisicoquímicas de la resina Amberlite IR-120.....	43
Tabla N° 11: Condiciones de operación de la resina Amberlite IR-120.....	43
Tabla N° 12: Condiciones de regeneración de la resina Amberlite IR-120.	44

INDICE DE CUADROS

Cuadro N° 1: Caracterización fisicoquímica del agua subterránea	45
Cuadro N° 2: Resultados de los análisis antes del tratamiento.....	46
Cuadro N° 3 : Resultados de los análisis después del tratamiento.	47
Cuadro N° 4 : Remoción de dureza.....	52
Cuadro N° 5 : Pruebas de normalidad.....	53
Cuadro N° 6: Estadísticos del pH antes y después del tratamiento.	56
Cuadro N° 7 : Prueba de muestras relacionadas del pH.....	56
Cuadro N° 8 : Estadísticos de oxígeno disuelto (A-D) del tratamiento.	57
Cuadro N° 9 : Prueba de muestras relacionadas del oxígeno disuelto	57
Cuadro N° 10 : Estadísticos de la conductividad (A-D) del tratamiento.....	58
Cuadro N° 11 : Prueba de muestras relacionadas de la conductividad.....	58
Cuadro N° 12 : Estadísticos de la dureza antes y después del tratamiento.	59
Cuadro N° 13 : Prueba de muestras relacionadas de la dureza.	59
Cuadro N° 14 : Estadísticos de la alcalinidad antes y después del tratamiento. ...	60
Cuadro N° 15 : Prueba de muestras relacionadas de la alcalinidad.....	60

INDICE DE GRAFICOS

Gráfico N° 1: Variación de la temperatura.....	48
Gráfico N° 2 : Variación del pH antes y después del tratamiento.....	48
Gráfico N° 3 : Variación de la conductividad antes y después del tratamiento.....	49
Gráfico N° 4 : Variación del oxígeno disuelto antes y después del tratamiento. ..	50
Gráfico N° 5 : Concentración de la alcalinidad antes y después del tratamiento.	51
Gráfico N° 6 : Concentración de dureza antes y después del tratamiento.	52
Gráfico N° 7 : Q-Q Normal del pH.....	54
Gráfico N° 8 : Q-Q Normal del oxígeno disuelto.....	54
Gráfico N° 9 : Q-Q Normal de la conductividad.....	54
Gráfico N° 10 : Q-Q Normal de la dureza.....	55
Gráfico N° 11 : Q-Q Normal de la alcalinidad.....	55

RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue mejorar la calidad del agua subterránea para consumo humano en la urbanización San Sebastián - Comas, 2017; utilizando la resina catiónica Amberlite IR-120 a través de un sistema de ablandamiento piloto. Para ello se inició obteniendo los parámetros de diseño como: diámetro y altura del lecho, tiempo de operación, capacidad de operación, flujo de servicio, flujo y concentración de regenerante, entre otros indicadores para el proceso de intercambio iónico, siendo estos determinados según hoja de ingeniería de la resina. Posteriormente, se realizó la caracterización físico-química del agua antes del tratamiento donde se observó los siguientes valores de temperatura (25,3°C), conductividad (1477 uS/cm), turbiedad (0,26 UNT), oxígeno disuelto (7,09 mg/L), alcalinidad (204 mg/L), dureza total (724mg/L) y pH (6,08), siendo estos dos últimos parámetros los que no cumplen con el LMP del Reglamento de calidad de agua para consumo humano (D.S. 031-2010-SA). Después del tratamiento, se obtuvo como resultados: Conductividad (1483 uS/cm), oxígeno disuelto (7,53 mg/L), alcalinidad (196 mg/L), dureza total (20,1mg/L) y pH (7,16); encontrándose estos valores dentro los LMP de normativa. Finalmente se concluye que la resina Amberlite IR-120, tiene la capacidad de mejorar la calidad del agua subterránea en cuanto al pH, la dureza, y oxígeno disuelto, obteniéndose además un porcentaje de remoción del 97,2% de dureza.

Palabras claves: Agua, resina catiónica, sistema de ablandamiento, intercambio iónico, parámetros fisicoquímicos.

ABSTRACT

The objective of this investigation was improved the underground water's quality to human consumption in the urbanization San Sebastian - Comas, 2017 using Amberlite IR - 120 resin through a pilot softening system. For this purpose, the design parameters such as: diameter and bed height, operating time, operating capacity, service flow, regenerant flow and concentration, among other indicators for the ion exchange process were determined, of resin engineering. Subsequently, the physical-chemical characterization of the water before the treatment was carried out, where the following values of temperature (25.3°C), conductivity (1477 uS/ cm), turbidity (0.26 UNT), dissolved oxygen ,(7,09 mg/L), alkalinity (204 mg/L), total hardness (724 mg/L) and pH (6.08), the last two parameters being those that do not comply with the LMP of the drinking water quality regulation (DS 031-2010-SA). After treatment, the following results were obtained: Conductivity (1483 uS / cm), dissolved oxygen (7.53 mg / L), alkalinity (196 mg / L), total hardness (20.1 mg / L) and pH 16); these values being found within the normative LMP. This shows that the Amberlite resin IR-120 has the capacity to improve the groundwater quality in terms of pH, hardness and dissolved oxygen, obtaining in addition a percentage of removal of 97.2% of hardness.

Key words: Water, cationic resin, softening system, ion exchange, physicochemical parameters.

I. INTRODUCCION

El presente trabajo de investigación denominado: “Capacidad de la resina Amberlite IR-120 para mejorar la calidad de agua subterránea en la urbanización San Sebastián – Comas, 2017”; tuvo por objetivo mejorar la calidad del agua subterránea para consumo humano, para ello se implementó un sistema de ablandamiento utilizando la resina Amberlite IR-120 de ciclo sodio, que permite remover los carbonatos presentes en el agua, y por ende reducir la dureza del agua.

Para el ablandamiento del agua se utilizó el método de intercambio iónico, que son específicos para eliminar iones con múltiples cargas positivas; en el caso de los ablandadores mayormente eliminan los iones Ca^+ y Mg^+ , estos ablandadores se caracterizan por ser muy eficientes y económicos para solucionar problemas de dureza a nivel doméstico e industrial.

Este trabajo presenta los siguientes capítulos:

La presente tesis, está dividida en 3 capítulos, desarrollándose en una primera parte el problema de investigación, la formulación del problema, la justificación, las hipótesis y los objetivos. También se presentan los trabajos previos, nacionales e internacionales y base teórica relacionada con el problema.

De la misma manera en la metodología, se describe el diseño y tipo de investigación, la población y muestra con la que se trabajó, los métodos e instrumentos de investigación, y el análisis e interpretación de los resultados, presentando lo obtenido del análisis e interpretación por cada instrumento.

Finalmente se llevaron a cabo la discusión de los resultados, conclusiones, recomendaciones; todo en función a la metodología utilizada, la base teórica y los trabajos previos encontrados.

1.1 Realidad Problemática

Según la Ley de Recursos Hídricos (Ley N° 29338, 2009) menciona que: El agua es un bien de uso público que debe ser utilizado conjuntamente constituyendo valores económicos, sociales y ambientales (p.1).

No obstante, el incremento demográfico, la heterogénea distribución del agua y su variabilidad estacional son variables significativas en cuanto a la disponibilidad de este recurso (Autoridad Nacional del Agua (ANA), 2016, p.1).

La urbanización San Sebastián – Comas, hoy en día no cuenta con un servicio de agua potable y alcantarillado, dependiendo de otra fuente como el aprovechamiento de agua subterránea por medio de perforaciones verticales (pozos), lográndose así satisfacer la necesidad de obtener agua para consumo humano y uso doméstico.

El agua subterránea de la urbanización San Sebastián se considera como aguas muy duras mayor que 700 ppm, según la caracterización que se realizó en el laboratorio de la Universidad César Vallejo en el año 2017, generándose así problemas en el rendimiento y mantenimiento de electrodomésticos de limpieza, mayor consumo de combustible en la cocción y preparación de alimentos, tendencia a acumularse incrustaciones de sarro en las tuberías, además se sabe que al usar esta agua con productos jabonosos estos tienen un rendimiento muy pobre generando deficiente lavado de ropa y de utensilios domésticos.

Mientras tanto Nunja (2007) menciona que el agua superficial tiene una dureza total que se encuentra en el rango de 200-300mg CaCO₃/L, mientras que el agua subterránea (pozo) tiene una dureza que se encuentra en el rango de 400-600mg CaCO₃/L; lográndose entender que el agua del punto de abastecimiento de la urbanización San Sebastián son excesivamente duras ocasionando diferentes problemas (p.9).

Esta investigación consistió en realizar el tratamiento del agua de pozo para el consumo humano en la urbanización San Sebastián, con esto se busca demostrar la capacidad de la resina Amberlite IR-120 - Na; y a la vez demostrar que se puede generar alternativas de tecnologías con costos mínimos de inversión en diversos centros poblados que cuentan con agua de alta dureza para su uso y consumo.

1.2 Trabajos previos

1.2.1 Internacionales

CERVANTES, L. (2015), en su investigación titulada “Diseño y construcción de un ablandador de agua mediante el empleo de resinas de intercambio iónico para abastecer los equipos térmicos del laboratorio de Termodinámica”, se planteó como objetivo diseñar y construir un ablandador de agua tipo iónico que sustituya los iones de Ca^+ y Mg^+ presentes en el agua, por iones de sodio y potasio para alimentar la caldera de vapor de 6 BHP, el intercambiador de calor y la bomba de calor del laboratorio de la Universidad Politécnica Salesiana, en donde se utilizó un diseño experimental que comprendió desde el estudio de las propiedades del agua, el análisis de la dureza, el agua de abastecimiento, hasta la selección del ablandador tipo iónico; por ello se utilizó como muestra la caldera que se encontraba en el laboratorio que poco a poco perdió su eficiencia debido a acumulación de sarro en su interior causadas por la cristalización de minerales como el Ca^+ y Mg^+ presentes en el agua; y con ello obtuvo como resultado que el equipo tuvo una caída de presión menor o igual a un 7% entre la entrada y la salida del tanque de resina; durante el proceso de ablandamiento del agua se registró una caída de presión que está en el rango del 6 a 7% y que estos valores colocan al equipo dentro de los rangos que debe tener un diseño óptimo. Y con ello se llegó a la conclusión que el ablandador que fue construido funcionó correctamente, en donde proporcionó dos galones de agua por minuto con un valor de dureza de cero grados por galón, con lo cual supera el rango de dureza que se planteó en una hipótesis inicial.

ARAUJO, K. (2015), en su investigación “Diseño de unidades de desmineralización del agua como medio de enfriamiento” tiene como objetivo diseñar un par de lechos de desmineralización del agua para ser utilizado como medio de enfriamiento en motores de combustión de la empresa CELEC (Central Guangopolo). Para ello se procedió en primer lugar a regenerar con ácido sulfúrico y soda cáustica las resinas de las torres de intercambio iónico, luego se procedió a desmineralizar el agua utilizando ósmosis inversa, intercambio iónico y la combinación de ambos. Después se determinó los parámetros fisicoquímicos como conductividad, pH, dureza,

sólidos totales disueltos, entre otros. De esta manera luego de obtener los resultados se observó que la combinación de ambos es el mejor método que cumple con los requerimientos. Finalmente se concluye que aplicando la combinación de los procesos se logró minimizar la dureza total de 216,4 ppm a 0,6 ppm de CaCO_3 y de sílice de 40 ppm a 9 ppm de SiO_2 .

CORTIJO, D. (2013), en su trabajo de investigación titulada “Desalcalinización del agua mediante intercambio iónico” se planteó como objetivo minimizar la alcalinidad del agua principalmente el contenido de sales de carbonatos y bicarbonatos de calcio y magnesio para ser empleado en el proceso de manufactura sin producir incrustaciones ni corrosión en las tuberías del sistema, para ello se utilizó el diseño experimental por el cual se obtuvo un agua en equilibrio, es decir que no sea corrosiva ni que forme incrustaciones, para ello consideró como muestra una empresa que se dedica al proceso manufacturero; y con ello se obtuvo como resultado un agua con los parámetros fisicoquímicos deseadas por la empresa. Finalmente se concluye que fue factible utilizar las resinas de intercambio iónico fuertemente ácidas para eliminar la alcalinidad de un agua, y así evitar el problema de un agua incrustante, utilizando una metodología fácil y económica para el tratamiento de aguas con alta alcalinidad en comparación con otros métodos como la ósmosis inversa y la electrodiálisis.

NEVAREZ, M. (2009), realizó una investigación titulada “Optimización del proceso de regeneración de resinas de intercambio iónico para ser utilizadas en el desmineralizador de agua de refinería estatal Esmeraldas”, se planteó como objetivo determinar las condiciones de regeneración e identificar las concentraciones de los regenerantes a través pruebas a escala laboratorio; esta investigación fue dada a través de un diseño experimental en el cual se evaluó los parámetros fisicoquímicos como alcalinidad, dureza, hierro, sílice y conductividad; comparando la reducción de las propiedades del agua. Dentro de los cuales los resultados arrojaron que la dureza del agua a tratar se reduce al pasar por las resinas catiónicas y aumenta ligeramente al pasar por las resinas aniónicas. Por consiguiente, se llegó a la conclusión que al determinar los parámetros como dureza, alcalinidad, sílice y hierro a la entrada del tratamiento se tiene que son altos,

sin embargo luego del tratamiento estas disminuyen considerablemente hasta tener un agua de calidad óptima.

HIDALGO, F. y GUAMAN, M. (2006), en su trabajo de investigación titulada “Diseño y construcción de un desmineralizador de lecho múltiple”, se planteó como objetivo diseñar y construir un sistema de desmineralización de lechos múltiples para la obtención de un agua desmineralizada de excelente calidad, utilizando un diseño experimental donde se utilizó dos columnas de intercambio catiónico donde se produce el ablandamiento, dos columnas de intercambio aniónico donde se produce la desmineralización, interpuestas por un desgasificador y por tanto se obtuvo como resultado que las resinas se regeneraron con soluciones de ácido clorhídrico al 10% para resinas catiónicas y solución de NaOH al 4% para las resinas aniónicas fuertes, logrando así que al final del sistema una eficiencia del 99%, considerando que al inicio se partió de un agua potable de 115 ppm de STD reduciendo a 0.4 ppm de STD. Y con ello se llegó a la conclusión que las resinas aniónicas fuertes remueven todo tipo de anión de ácidos fuertes y débiles (H_2CO_3 , SiO_3 , SO_4 , Cl) presentes en mayor proporción en el agua tratada al salir del lecho catiónico.

GUTIERREZ, E., *eat* (2005), realizó una investigación titulada “Post-tratamiento de aguas residuales municipales para alimentación a calderas utilizando intercambio iónico”, el objetivo de este estudio fue obtener un agua que cumpliera con las propiedades fisicoquímicas para emplearlo en el proceso de generación de vapor en una refinería. Para ello se implementó un diseño experimental que consistía en utilizar dos intercambiadores de resinas catiónicas (Amberlite IR-120) y aniónicas (Amberlite IRA-68). Luego se evaluó los siguientes parámetros: conductividad, pH, alcalinidad, dureza total (DT), sólidos disueltos totales (SDT), y como resultado se demostró que fue factible tratar aguas residuales municipales a través del intercambio iónico obteniendo aguas que pueden ser utilizadas en calderos. Finalmente se concluye que después del tratamiento los valores de dureza total fueron insignificantes.

1.2.2 Nacionales

NUNJA, J. (2007), en su trabajo de investigación titulada “Intercambio iónico ciclo sodio y blending para mejorar la calidad química del agua potable en el distrito de Huacho”, en donde se planteó como objetivo mejorar la calidad química del agua potable, mediante el sistema de intercambio iónico ciclo sodio y blending en el distrito de Huacho. Durante esta investigación fue dada a través de un diseño experimental que se llevó a cabo en el laboratorio de química analítica de la Universidad Nacional José Sánchez Carrión, por lo cual se consideró evaluar las características químicas del agua potable antes y después del intercambio iónico. Se tuvo como muestra ocho pozos tubulares que abastecen el distrito de Huacho. Con los resultados obtenidos se logró que en un inicio el agua presentaba una dureza elevada, entre el rango de 400 a 600ppm; sin embargo después de aplicar el intercambio iónico se obtiene cerca 0ppm de dureza y luego del blending se logró alcanzar una dureza óptima de 300 ppm como CaCO_3 ; lográndose el propósito de conocer y determinar la relación que existe entre las variables intercambio iónico ciclo sodio y blending. Por consiguiente, se llegó a la conclusión que un agua demasiado dura ocasionaría incrustaciones, gasto de combustible en la cocción de los alimentos, deterioro de la vida útil de los artefactos de uso doméstico.

1.3 Teorías relacionadas al tema

1.3.1 Marco Teórico

Resinas Iónicas

Según Hidalgo y Guaman (2006) mencionan que las resinas poseen la capacidad de intercambiar iones entre una fase sólida y una fase líquida de forma reversible, de manera que regresa a su estado base y sin alteración en la estructura de la resina. Estas resinas están compuestas por una matriz de polímero de enlace cruzado a la que están unidos unos grupos de cargas funcionales mediante enlace covalente (p.54).

Por lo cual Nevarez (2009) menciona que estas resinas pueden reaccionar como ácidos, bases o sales, teniendo la propiedad de poseer solo cationes o aniones que forman una reacción química, por su capacidad de intercambio (p.54).

Según Cervantes (2015) menciona que existen diferentes tipos de resinas, entre múltiples y diversas, por lo general la única característica común es que tienen una carga eléctrica fija, capaz de enlazar o atraer a iones de carga opuesta (p.29).

La clasificación general de los tipos de resinas, acorde a su estructura y grupo funcional se presenta en la siguiente tabla.

Tabla N° 1 : Clasificación de los tipos de resinas.

Tipos de Intercambiadores	Grupos Activos
Fuertemente Ácido	R-SO ₃ H (grupo sulfónico)
Débilmente Ácido	R-COOH (grupo carboxilo)
Fuertemente Básico Tipo I	R-N(CH ₃) ₃]OH
Fuertemente Básico Tipo II	R-N(CH ₃) ₂ C ₂ H ₄ OH]OH (aminas cuaternarias)
Débilmente Básico	R-NH ₂ , -NHR, -NR ₂ (aminas terciarias)

Fuente: Cervantes, 2015

Mientras tanto Nevarez (2009) menciona que la resinas catiónicas de ácidos fuertes se originan por sulfatación del polímero con H₂SO₄, el grupo funcional es el ácido sulfónico (-SO₃H) por lo que es muy ionizable e intercambian cationes. Por tanto dichas resinas operan a distinto pH y son destinadas para reducir la dureza del agua (p.56).

Existen diferentes firmas productoras y comercializadoras de este tipo de resina, así se pueden encontrar Purolite C- 100, Amberlite IR.-120, entre otras.

Según Hidalgo y Guaman (2006) manifiestan que las resinas de intercambio iónico para poder ser utilizadas a escala industrial deben cumplir con las propiedades físicas y químicas (p.18).

Las propiedades físicas son las siguientes:

- Solubilidad: No tienen que ser solubles en agua, ni en otros disolventes comunes.
- Forma: Los gránulos esféricos deben tener similitud y dimensiones parecidas.
- El tamaño de grano o partícula: La granulometría presente en la resina que define su comportamiento hidráulico frente a las operaciones de contra lavado, enjuague rápido, entre otras.
- Densidad: La densidad húmeda de una partícula individual se encuentran en los siguientes rangos:
 - Resinas catiónicas fuertes: 1,18-1,38
 - Resinas catiónicas débiles: 1,13-1,20
 - Resinas aniónicas fuertes: 1,07-1,12
 - Resinas aniónicas débiles: 1,02-1,10

Mientras las propiedades químicas:

- La reacción de intercambio se produce estequiométricamente, equivalente a equivalente.
- Los procesos de intercambio iónico son procesos de equilibrio. Esto permite el trabajo en columnas de forma continua. Si el flujo es muy pequeño, el ión que sale puede volver a entrar en la resina.
- Presentan mayor afinidad por un ión que por otro, dependiendo entre otros factores: de la carga, el número atómico y la concentración de la disolución que presenta la especie que se intercambia.

Así mismo Nunja (2007) manifiesta que la resina Amberlite IR-120, posee una capacidad máxima de ablandamiento de 30 000 granos de dureza expresado en carbonato de calcio y es regenerada con 15 libras de cloruro de sodio por cada pie cúbico de resina (p.25-26).

Las características físicas de las resinas son las siguientes:

- Forma física: Partículas esféricas, duras y resistentes:
- Peso de embarque: 53 libras/pie³.
- Humedad: 44 a 48%.
- Gradiente de malla (mojada): Malla 16 a 50
- Diámetro efectivo: 0,45 a 0,60 mm
- Densidad: 48 a 54 lb/pie³
- Vacíos: 45 a 50%
- Contenido promedio de finos: 0,7%
- Coeficiente de uniformidad: 1,8 (máximo)

Mientras que en las características hidráulicas se debe tomar en cuenta el proceso de retrolavado que consiste en que cada ciclo de servicio la resina debe ser retrolavado por aproximadamente 10 minutos.

Así mismo en cuanto a las condiciones de operación se recomienda tener en cuenta lo siguiente:

- pH: 1 - 14
- Temperatura máxima: 250 F
- Profundidad mínima de lecho: 24 pulgadas
- Flujo de retrolavado
- Flujo de servicio: 2 gpm/pie³

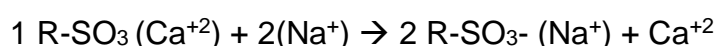
Por otra parte Nunja (2007) manifiesta que el ablandamiento por intercambio iónico comprende la separación de los iones generadores de dureza como son el calcio, hierro, magnesio y manganeso, intercambiándolas por iones sodio o hidrógeno dependiendo del regenerante y del tipo de resina seleccionada; la remoción de cationes se da respetando el principio de selectividad de las resinas en función a la carga iónica y radio iónico (p.26-27).

El proceso de operación del ablandamiento del agua, comprenden los siguientes subprocesos:

El servicio y agotamiento en este proceso se lleva a cabo el intercambio iónico, la resina catiónica fuertemente ácida, libera los iones de sodio o hidrógeno (Na⁺, H⁺) de su grupo funcional sulfónico (R-SO₃) y captura iones de Ca⁺ y Mg⁺ presentes en el agua de ingreso al sistema ablandador.

El contralavado en este proceso se da luego de que la resina pierde su capacidad de intercambiar iones o cuando se satura debido a impurezas de gran tamaño en el agua de ingreso al sistema ablandador. Consiste en inyectar agua en dirección ascendente para descompactar la resina y facilitar el sub proceso de regeneración.

Para el tipo de resina fuertemente ácida ciclo sodio, en proceso de regeneración presenta la siguiente reacción:



Según sea el ciclo de regeneración de la resina fuertemente ácida, se usa salmuera para ciclos sodio y ácidos fuertes para ciclos hidrógeno, en la tabla N° 2 se indican el nivel (g/L) y la concentración (%) del regenerante para los ciclos de regeneración de la resina Amberlite IR-120.

Tabla N° 2 : Regeneración de la resina Amberlite IR-120

Regeneración Resina	Ciclo Hidrógeno		Ciclo Sodio
Nivel de Regeneración	HCl (50-150) g/L	H ₂ SO ₄ (60-240) g/L	NaCl (80-250) g/L
Concentración	(5-8) %	(0.7-6) %	10%

Fuente: Product Data Sheet Amberlite IR -120, ROHM AND HAAS

Según Nunja (2007) menciona que el lavado y enjuague de la resina se debe realizar para la extracción del exceso de regenerante que queda en el interior del sistema ablandador (p.27).

Según Araujo (2015) menciona que la calidad de agua se determina por la cantidad de impurezas disueltas, cantidad de sólidos suspendidos y el tipo de bacterias presentes, para su análisis se determina ciertas propiedades fisicoquímicas tales como: pH, conductividad, alcalinidad, dureza, sulfatos, cloruros, entre otros (p.4).

Mientras Caminati y Caqui (2013) manifiestan que el agua conserva ciertas propiedades que la hacen única de acuerdo al lugar y al ciclo de donde proviene, dichas propiedades se pueden determinar y catalogar de acuerdo a sus parámetros físicos, químicos y biológicos. Los factores de calidad son aquellos requisitos que debe cumplir el agua tratada con tratamiento avanzado o convencional, para ser considerado como agua idónea para consumo (p.5).

Según el Ministerio de Salud del Perú (2010) manifiesta que según el reglamento de agua para consumo humano (D.S. N° 031-2010-SA), toda agua destinada para el consumo humano debe cumplir con los Límites Máximos Permisibles (LMPs) del anexo I, II, III y IV. (Ver anexo N°3: Límites Máximos permisibles de agua para Consumo Humano)".

Según Nunja (2007) visto que actualmente en nuestro país existen diferentes fuentes de abastecimiento como son las aguas superficiales de ríos, lagos y lagunas, así también se tiene otras fuentes como las aguas subterráneas mediante el aprovechamiento de pozos y manantiales. Cualquiera de las fuentes que sea estas contiene impurezas, ya que no hay agua natural que se considere químicamente pura (p.16).

1.3.2 Marco conceptual

Ablandador de agua

“El ablandador de agua es una unidad diseñada para eliminar los iones de calcio y magnesio de un volumen determinado, en un tiempo definido, por tanto es un equipo que por medios mecánicos, químicos y/o electrónicos trata el agua para reducir el contenido de sales minerales y sus incrustaciones en tuberías y depósitos de agua” (Cervantes, 2015,p.13).

Agua Dura

“Es agua que posee cantidades disueltas de sales como son de Ca^+ y Mg^+ , que se combinan con el jabón formando sustancias insolubles y no permiten que el jabón forme espuma” (Hidalgo y Guaman, 2006, p.25).

Agua de consumo humano

“Agua apta para consumo humano y para todo uso doméstico habitual, incluida la higiene personal” (Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano, 2010, p.10).

Agua tratada

“Toda agua sometida a procesos físicos, químicos y/o biológicos para convertirla en un producto inocuo para el consumo humano” (Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano, 2010, p.10).

Agua Subterránea

“Es el agua que se aloja y circula en el subsuelo, conformando los acuíferos. El agua subterránea se sitúa por debajo del nivel freático y está saturando completamente los poros y/o fisuras del terreno y fluye a la superficie de forma natural a través de vertientes o manantiales o cauces fluviales” (Collazo y Montaña, 2012, p.16).

Alcalinidad

“Es la capacidad del agua de neutralizar ácidos. Sin embargo, aniones de ácidos débiles (bicarbonatos, carbonatos, hidróxido, sulfuro, bisulfuro, silicato y fosfato) pueden contribuir a la alcalinidad. La alcalinidad está influenciada por el pH, la

composición general del agua, la temperatura y la fuerza iónica” (Canepa de Vargas et al., 2004, p.17).

Conductividad eléctrica

“Es una medida de la capacidad de una solución acuosa para transportar una corriente eléctrica. Esta capacidad depende de la presencia de iones disueltos, sus concentraciones absolutas y relativas” (Severiche et al., 2013, p.23).

Dureza

Se define como la agrupación de todos los cationes metálicos no alcalinos como (iones de calcio, estroncio, bario y magnesio en forma de carbonatos o bicarbonatos), constituyen un parámetro muy propio en la calidad del agua” (Valenzuela, 2004, p.12).

Oxígeno Disuelto

“En el contenido de oxígeno disuelto del agua influyen la fuente de agua bruta, su temperatura, el tratamiento al que se somete y los procesos químicos o biológicos que tienen lugar en el sistema de distribución” (Organización Mundial de la Salud, 2006, p.186).

PH (Potencial de Hidrógeno)

“El pH es un parámetro que mide la concentración de iones hidronio presentes en el agua. El valor del pH depende de la temperatura” (Severiche et al., 2013, p.12).

Temperatura

“La temperatura es un parámetro físico que afecta mediciones de otros como pH, alcalinidad o conductividad” (Severiche et al., 2013, p.26).

Turbiedad

“La turbiedad de las aguas se debe a la presencia de material suspendido y coloidal como arcilla, limo, materia orgánica e inorgánica finamente dividida, plancton y otros organismos microscópicos” (Severiche et al., 2013, p.20).

1.3.3 Marco legal

- **Ley de Recursos Hídricos – Ley N° 29338 y su reglamento**, regula el uso y gestión de los recursos hídricos, en la cual constituye el agua superficial, subterránea, continental y los bienes asociados a esta. En el título IX se menciona la exploración y el otorgamiento del derecho de uso del agua subterránea (Ley de Recursos Hídricos, p.76).

- **El Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano** (DS N° 031-2010-SA) establece disposiciones generales con relación a la gestión de la calidad del agua para consumo humano, garantizando su inactividad, informar riesgos sanitarios, así como resguardar la salud y bienestar de la población. Además en este reglamento estipula los parámetros organolépticos, biológicos, orgánicos e inorgánicos así como los parámetros de control obligatorio que se debe analizar al agua para saber si es apta para el consumo humano.

1.4 Formulación del problema

1.4.1 Problema general

- ¿En qué medida la capacidad de la resina Amberlite IR-120 mejora la calidad de agua subterránea en la urbanización San Sebastián-Comas, 2017?

1.4.2 Problemas específicos

- ¿Cuáles son las características físicas - químicas de la resina Amberlite IR-120 para mejorar la calidad de agua subterránea en la urbanización San Sebastián-Comas, 2017?
- ¿Cuáles son las condiciones de operación del sistema de ablandamiento para mejorar la calidad de agua subterránea en la urbanización San Sebastián-Comas, 2017?
- ¿Cuáles son las condiciones de regenerante del sistema de ablandamiento para mejorar la calidad de agua en la urbanización San Sebastián- Comas, 2017?

1.4 Justificación del estudio

El presente trabajo de investigación permite mejorar la calidad de agua subterránea mediante el diseño y construcción de un sistema de intercambio iónico, obteniendo aguas blandas óptimas para el uso doméstico de la urbanización San Sebastián en el distrito de Comas, según análisis el agua a tratar del punto de abastecimiento (pozo) presenta una dureza mayor a 700 ppm, considerándose un agua muy dura según la clasificación de la dureza por CaCO_3 del Organismo Mundial de la Salud.

El sistema intercambio iónico de la resina Amberlite IR-120 es una alternativa viable y de bajo costo que puede ser instalado en los predios que no cuentan con un servicio de agua potable y que aprovechan el agua dura de pozo, lográndose con este tratamiento reducir la dureza del agua significativamente para luego ser aprovechados en fines domésticos. La ventaja de contar con un agua blanda es que impide el depósito de sarro en las tuberías, se minimiza el gasto de combustible para la cocción de los alimentos, se aumenta la vida útil de los artefactos de uso doméstico, permitiendo de esta manera un ahorro económico para el usuario. Es por ello, que este trabajo de investigación permitirá favorecer a un sector de la población al tratar este tipo de agua subterránea.

1.6 Hipótesis

1.6.1 Hipótesis general

- La resina Amberlite IR-120 tiene la capacidad de mejorar la calidad de agua subterránea en la urbanización San Sebastián – Comas, 2017.

1.6.2 Hipótesis específicos

- Las características físicas- químicas de la resina Amberlite IR-120 permite mejorar la calidad de agua subterránea en la urbanización San Sebastián- Comas, 2017.
- Las condiciones de operación del sistema de ablandamiento influye en la calidad de agua subterránea en la urbanización San Sebastián- Comas, 2017.

- Las condiciones de regenerante del sistema de ablandamiento influye en la calidad de agua subterránea en la urbanización San Sebastián- Comas, 2017.

1.7 Objetivos

1.7.1 Objetivo general

- Mejorar la calidad del agua subterránea mediante la resina Amberlite IR-120 para consumo humano en la urbanización San Sebastián- Comas, 2017.

1.7.2 Objetivos específicos

- Determinar las características físicas - químicas de la resina Amberlite IR - 120 para mejorar la calidad de agua en la urbanización San Sebastián - Comas, 2017.
- Establecer las condiciones de operación del sistema de ablandamiento para mejorar la calidad de agua subterránea en la urbanización San Sebastián- Comas, 2017.
- Determinar las condiciones de regenerante del sistema de ablandamiento para mejorar la calidad de agua subterránea en la urbanización San Sebastián- Comas, 2017.

II. MÉTODO

2.1 Diseño de investigación

El estudio pertenece a un diseño experimental de tipo aplicativo, pertenece al diseño de experimentos puros de enfoque cuantitativo, debido a que se evaluó el efecto que tiene la resina Amberlite IR-120 para mejorar las características fisicoquímicas del agua subterránea de la urbanización San Sebastián. Para ello se diseñó y construyó un sistema de ablandamiento a escala piloto; posteriormente se compararon las características fisicoquímicas del agua antes y después del tratamiento.

2.2 Variables, Operacionalización

2.2.1 Variables

Variable independiente:

VI: Capacidad de la resina Amberlite IR-120.

Variable dependiente:

VD: Calidad del agua subterránea.

2.2.2 Operacionalización

Variable independiente: Capacidad de la resina Amberlite IR-120.

La resina Amberlite IR-120 fue utilizada para la remoción de dureza del agua, la capacidad de la resina está en función a la densidad, diámetro y capacidad de intercambio total, altura del lecho, diámetro del lecho, caudal de ingreso, flujo de regenerante y la concentración de regenerante en el sistema de ablandamiento por lo cual se logró mejorar la calidad del agua.

Variable dependiente: Calidad de agua subterránea.

La calidad del agua subterránea se midió cuantitativamente mediante los parámetros fisicoquímicos como pH, temperatura, conductividad, oxígeno disuelto, turbiedad, alcalinidad y dureza presentes en el agua antes y después del tratamiento.

Tabla N° 3: Operacionalización de las variables

OPERACIONALIZACIÓN DE LA VARIABLE					
CAPACIDAD DE LA RESINA AMBERLITE IR-120	VARIABLE INDEPENDIENTE: Capacidad de la resina Amberlite IR-120				
	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensión	Indicadores	Escala de Medición
	La capacidad depende de las características físicas -químicas de la resina por un ion en particular, el pH del fluido, la concentración de iones, la temperatura y la difusión; este último está en función de la dimensión del ión, carga electrostática temperatura, estructura y tamaño del poro de la resina (Grágrada y Grágeda, 2006,p.1)	Para la capacidad de la resina Amberlite IR--120 se considera el volumen, diámetro de la resina, altura y sección transversal del lecho, caudal de ingreso al ablandador entre otros; estos serán calculados según hoja de datos de ingeniería de la resina Amberlite IR-120 (<i>Fuente: Propia</i>).	Características físicas - químicas	Diámetro	mm
				Densidad	g/cm3
				Capacidad de intercambio total	eq/L
			Condiciones de operación	Volumen de resina	L
				Diámetro del lecho	m
				Altura del lecho	m
			Condiciones de regeneración	Caudal de ingreso	L/h
				Concentración del regenerante	%
Flujo de regenerante				L/h	
Flujo de operación	eq/L				
CALIDAD DE AGUA SUBTERRÁNEA	VARIABLE DEPENDIENTE: La calidad de agua subterránea				
	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensión	Indicadores	Escala de Medición
	Calidad de agua es el grupo de concentración, especificaciones, sustancias orgánicas e inorgánicas, la composición y estado de la biota encontrada en el cuerpo de agua. (Walter Quality Assessment, 1996, p.5)	Para medir la calidad de agua se tomó muestras para luego ser analizadas en el laboratorio de la Universidad César Vallejo, a excepción de los parámetros que son medidos en campo: pH, temperatura, conductividad y oxígeno disuelto (<i>Fuente: Propia</i>).	Características fisicoquímicas del agua subterránea	pH	1-14
				Oxígeno Disuelto	(mg/L)
				Conductividad	(Us/cm)
				Dureza	(mg/L)
			Características fisicoquímicas del agua después del ablandamiento	Alcalinidad	mg/L
				pH	1-14
				Oxígeno Disuelto	(mg/L)
				Conductividad	(Us/cm)
			Eficiencia de remoción	Dureza	(mg/L)
				Alcalinidad	mg/L
			Porcentaje de remoción de dureza	%	

Fuente: Elaboración propia

2.3 Población y muestra

2.3.1 Población

Comprende el agua subterránea de la urbanización San Sebastián ubicada en el distrito de Comas.

2.3.2 Muestra

La muestra a utilizar es de 1152 L de agua subterránea de la urbanización San Sebastián, la cual se localiza en el distrito de Comas, Lima.

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

2.4.1 Descripción del Procedimiento

Para la metodología de la investigación se tuvo en cuenta las siguientes etapas:

- Diseño y construcción de un sistema de ablandamiento utilizando la resina Amberlite IR-120 para el mejorar la calidad fisicoquímica del agua.
- Determinación de las características fisicoquímicas del agua subterránea de la urbanización San Sebastián.
- Evaluación de los parámetros fisicoquímicos del agua antes y después del tratamiento.
- Comparación de los parámetros fisicoquímicos con los Límites Máximos Permisibles para consumo humano.

Diseño de un sistema de ablandamiento

En base a la caracterización del agua el ingreso del sistema ablandador, se procede a diseñar el sistema, considerando un volumen de resina igual de 4L por tratarse de un sistema piloto. Se procede a utilizar la metodología de (Hidalgo y Guaman, 2006) y a su vez las hojas de datos de ingeniería de la resina AMBERLITE IR-120, mostrados en el anexo N°11 (Hojas de datos de la Resina Amberlite IR-120).

Condiciones de Operación:

- Cálculo del caudal de ingreso –Q:

$$V = Q / R_{\min} \dots \text{(Ecuación 1)}$$

Donde:

V: Volumen de resina (m³)

Q: Caudal al ingreso del ablandador (m³/h)

R_{min}: Sagot mínimo, (Tomar de la ficha de datos de la resina)

Para el presente problema se consideró un volumen de resina igual a 4L, para un sagot de 9h⁻¹. Según la hoja de datos de ingeniería de la resina Amberlite IR-120.

$$\text{Caudal: } 36\text{L/h} = 0.6 \text{ L/min}$$

- Cálculo de la altura del Lecho –h:

$$h = V / \pi * r^2 \dots \text{(Ecuación 2)}$$

Donde:

h: Altura de la resina (cm)

V: Volumen de la resina (L)

r: Radio del lecho (cm)

Se consideró la altura mínima de 0.7m de lecho, por tratarse de un volumen de resina mínima. Según la hoja de datos de ingeniería de la resina Amberlite IR-120.

➤ Cálculo del Diámetro del lecho-d:

De la ecuación 2, se determina el diámetro del lecho

$$d: 0.086m$$

➤ Cálculo de la % de expansión –%E:

Según la hoja de datos de la resina Amberlite IR-120, para una temperatura de 25°C y una velocidad de contralavado igual a 6.2m/h, el porcentaje de expansión es de 18%.

$$\%E = 18\%$$

➤ Cálculo de la Altura del ablandador –H

$$H = h + \%E \cdot h \dots \dots \text{(Ecuación 3)}$$

Donde:

H: Altura del Ablandador (m)

h: Altura del lecho de resina (m)

%E: % de expansión (Ver ficha de datos de la resina anexo XI)

Reemplazando para un h: 0.7 y %E: 18%, entonces:

$$H = 0.826m$$

Condiciones de contralavado:

Según las hojas de datos de ingeniería de la resina Amberlite IR-120, se considera las siguientes recomendaciones:

➤ Caudal –Q_{CT}:

El caudal de contralavado es igual al caudal del servicio, **Q_{CT} = 36 L/h**

➤ Tiempo de Contralavado –T_{CL}:

Se recomienda, **T_{CL}: 20 min**

➤ Volumen de Solución -V:

Considerando el caudal y el tiempo de contralavado, se obtiene el volumen de la solución de la siguiente forma:

$$T = V / Q \dots\dots \text{(Ecuación 4)}$$

Donde:

T: Tiempo de contralavado (h)

Vs: Volumen de contralavado (m³)

Q: Caudal de contralavado (m³/h)

Reemplazando en la ecuación se obtiene:

$$V = 12L$$

Condiciones de regeneración:

➤ Caudal de Regeneración –Q_R:

Según la hoja de datos de ingeniería propia de la resina, el caudal de regeneración es igual al caudal de operación,

$$Q_R: 36L/h$$

➤ Tiempo de Regeneración –T_R:

Según la hoja de datos de ingeniería propia de la resina, se opta por el siguiente intervalo de tiempo,

$$T_R: 30 \text{ min.}$$

➤ Capacidad de operación de la resina –Cu:

Para calcular la capacidad útil o de operación de la resina Amberlite IR-120, es necesario conocer las condiciones iniciales de nivel de regeneración, concentración del regenerante, concentración de sodio, flujo de producción y la dureza total.

Donde su capacidad útil se determina mediante la siguiente expresión:

$$Cu = Cop * C * D * E * F \dots\dots \text{(Ecuación 5)}$$

Donde:

Cu: Capacidad útil de la resina Amberlite IR-120 (eq/L).

Cop: Capacidad de operación base.

C: Factor de corrección, por concentración de sodio.

D: factor de corrección, por dureza total.

E: factor de corrección, por el porcentaje de regenerante.

F: factor de corrección, por caudal de producción

Calculando "Cop"

Tabla N° 4: Capacidad de operación útil Vs nivel de regeneración de la resina.

NaCl (g/L)	Cop (eq/L)
80	1.01
100	1.13
120	1.22
150	1.34
200	1.48
250	1.6

Fuente: Hoja de Ingeniería de la resina Amberlite IR-120, 2016.

Se opta por un nivel de regeneración intermedio de 150 g/L, considerando los criterios establecidos en la hoja de datos de ingeniería de la resina. **Cop = 1.34.**

Calculando "Factor C"

Tabla N° 5: Capacidad de operación útil Vs concentración de sodio

Na (meq/L)	Factor C
<5	1.00
10	0.98
20	0.95
30	0.92
40	0.89

Fuente: Hoja de Ingeniería de la resina Amberlite IR-120, 2016.

Para la concentración de sodio se sabe que el agua según (D.S. N° 031-2010-SA) cuenta con un máximo de 200 mg Na/L equivalente a 8.69meq/L, suponiendo ese valor máximo permisible. Interpolando,

$$\text{Factor C} = 0.985$$

Calculando "Factor D"

Tabla N° 6: Capacidad de operación útil Vs concentración de dureza

Concentración (meq /L)	Factor D
<5	1
10	0.98
20	0.93
30	0.88
40	0.83

Fuente: Hoja de Ingeniería de la resina Amberlite IR-120, 2016.

Según la caracterización del agua subterránea, se obtiene una dureza total de 724 mg/L equivalente a 40,73 meq/L.

$$\text{Factor D} = 0.83$$

Calculando "Factor E"

Tabla N° 7: Capacidad de operación útil Vs concentración del regenerante

NaCl (%)	Factor E
3	0.95
5	0.97
10	1.00

Fuente: Hoja de Ingeniería de la resina Amberlite IR-120, 2016.

Se opta por un porcentaje de NaCl igual a 10% considerando los criterios establecidos en la hoja de datos de ingeniería de la resina. Interpolando:

$$\text{Factor E} = 1.$$

Calculando "Factor F"

Tabla N° 8: Capacidad de operación útil Vs caudal de producción

Bv/h	Factor F
5	1.05
10	1.02
15	1.00
20	0.99
30	0.97
40	0.96

Fuente: Hoja de Ingeniería de la resina Amberlite IR-120, 2016.

Para un caudal de ingreso igual a 36L/h, se calcula el factor de corrección por caudal de ingreso. Interpolando:

Factor F: 0.965

Todo lo antes determinado, es reemplazado en la ecuación 6:

$$Cu = Cop * C * D * E * F$$

Se obtiene una capacidad útil de intercambio iónico igual **Cu = 1.08 eq/L**

➤ Volumen de Saturación –Vs:

$$Vs = (Vr * 1000 * Cu) / Co \dots \dots \text{(Ecuación 6)}$$

Donde:

Vs: Volumen de agua a tratar (m³)

Vr: Volumen de Resina (m³)

Cu: Capacidad útil de la resinas (eq/L)

Co: Concentración de iones de dureza (mg-eq/L)

Calculando la concentración de iones –Co

Se determina en función a la dureza magnésica y cálcica del agua, conociendo dichas durezas en la caracterización del agua se puede encontrar la concentración de iones:

$$Co = \frac{\text{Dureza cálcica} \times 2}{\text{Masa molecular Ca}} + \frac{\text{Dureza magnésica} \times 2}{\text{Masa molecular Mg}}$$

Reemplazando valores, se obtiene: **Co = 40,73 meq/L.**

Calculando el volumen de agua a tratar

De la ecuación 6 reemplazando se obtiene: **Vs = 103.8** litros, siendo este es el volumen que debe tratar el sistema ablandador antes de su contra lavado, regeneración y enjuague.

➤ Tiempo de Saturación –Ts:

Conociendo el volumen de saturación y el caudal de ingreso, se puede determinar el tiempo de saturación.

$$Ts = Vs / Q$$

Donde:

Ts: tiempo de saturación (h)

Vs: volumen de saturación (L)

Q: caudal de servicio (L/h)

Reemplazando en la ecuación 9, se obtiene **Ts: 2,88 h.**

Condiciones de lavado o enjuague:

➤ Calculo Velocidad Lavado Lento –V_{lento}

Según las hojas de dato de ingeniería se considera lo siguiente:

Velocidad de lavado lento igual a 2 veces la velocidad de regeneración,

$$V_{lento} = 72 \text{ L/h}$$

Tiempo de lavado: 10 minutos

➤ Calculo de Velocidad Lavado Rápido –V_{rápido}

Velocidad de lavado lento igual a 2.5 veces la velocidad de servicio,

$$V_{rápido} = 90 \text{ L/h}$$

Tiempo de lavado: 10 minutos.

Caracterización y muestreo del agua subterránea

A) Trabajo en campo

Recolección de las muestras de agua

Para la caracterización del punto de abastecimiento, se realizó teniendo en cuenta el Protocolo de Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos del ANA. Para ello el procedimiento fue:

- Reconocimiento del lugar de estudio.
- Acondicionamiento de los materiales para el recojo de las muestras de agua.
- Homogenización de la muestra extraída en el balde, para verter a los frascos de plástico.
- Se rotularon las muestras indicando la ubicación, descripción y fecha de monitoreo.
- Se conservaron las muestras dentro de un cooler con geles refrigerantes, hasta su posterior traslado al laboratorio de la Universidad César Vallejo.
- Se consideró el Listado de requisitos para recepción de muestras de aguas - DIGESA (Ver anexo N°4).

B) Trabajo de laboratorio

Toma de muestras

La toma de muestra se realizó al ingreso como a la salida del sistema de ablandamiento. Para la toma de muestras se procedió a realizar en intervalos de una hora, durante 8 horas al día (1 vez cada 15 días) durante los meses de mayo y junio. Para ello se consideró los siguientes criterios:

- Enjuagar dos veces el envase para el muestreo.
- Tomar 100 ml de la muestra.
- Realizar la medición y análisis in situ.

Determinación de los parámetros fisicoquímicos del agua antes y después del tratamiento

Se analizaron los siguientes parámetros:

- **pH:** Su medición se realizó in situ.
- **Temperatura:** Su medición se realizó in situ.
- **Conductividad:** Su medición se realizó in situ.
- **Oxígeno disuelto:** Su medición se realizó in situ (Ver anexo N°12: Ficha de Calibración del multiparámetro).
- **Alcalinidad:** Se analizó en el laboratorio de la UCV.
- **Dureza total:** Se analizó en laboratorio de la UCV.

- **Dureza cálcica:** Se analizó en laboratorio de la UCV. (Ver Anexo N°5: Procedimiento de Análisis para la determinación de dureza total, cálcica y alcalinidad)

Los resultados de la medición con el multiparámetro y la determinación de la dureza y alcalinidad por titulación, se detalla más adelante (Ver Anexo N°6, N°7 y N°8).

2.4.2 Técnica de recolección de datos

La técnica del trabajo de investigación fue la observacional, mediante el cual se observó el mejoramiento de la calidad del agua subterránea para consumo humano, expresado en los resultados de los análisis de los parámetros fisicoquímicos antes y después del tratamiento.

2.4.3 Instrumento de recolección de datos

Se utilizó como instrumento de recolección de datos las fichas de observación (Ver anexo N°1) que sirvieron para registrar los parámetros evaluados antes y después del tratamiento.

2.4.4 Validez y confiabilidad

La validez de la ficha de observación se realizó con la colaboración de expertos: 3 temáticos y 2 metodólogos, los cuales evaluaron los indicadores a considerar en el trabajo de investigación y finalmente aprobaron basados en su experiencia. Alcanzando así un promedio de 84 % de validez.

Tabla N° 9: Análisis de la validación

Jurado	% de Validez	Promedio de % de Validez
Dr. Delgado Arenas, Antonio Leonardo	95%	84%
Dr. Muñoz Ledesma, Sabino	80%	
Ing. Zevallos León, Máximo.	80%	
Mgtr. Gamarra Chavarry, Luis.	80%	
Ing. Valdivia Orihuela, Braulio	85%	

2.5 Metodología de Análisis de datos

2.5.1 Recojo de datos

Para efectos del recojo de datos se trabajó con la ficha de observación (Ver anexo N°1) que nos permitió recoger los datos de campo.

- Ficha de observación para la variable dependiente
En esta ficha se registró parámetros como pH, oxígeno disuelto, conductividad, dureza, alcalinidad y porcentaje de remoción de dureza.
- Ficha de observación para la variable independiente
Para ello se consideró los datos de la hoja de ingeniería de la resina Amberlite IR-120 (Ver anexo N°11).

2.5.2 Proceso de análisis de datos

Para efectos del desarrollo del trabajo se utilizó el análisis de los datos:

Análisis Descriptivos: Mediante la estadística descriptiva en el programa Microsoft excel y SPSS 21, para la generación de máximos y mínimos, promedios, desviaciones entre otros cálculos necesarios para el tratamiento estadístico.

Análisis relacionados con las hipótesis: Mediante la estadística inferencial y el programa SPSS se comprobó que los datos determinados tienen una distribución normal, por ello se utilizó el contraste de ajuste de Shapiro Wilk adecuado para muestras pequeñas ($n < 50$), puesto que el total de muestras a considerar es $n = 32$. Posteriormente para la contratación de la hipótesis se considera la Prueba de T-Student de variables relacionadas.

2.6 Aspectos Éticos

Este trabajo de investigación se desarrolló con el consentimiento de la directiva de la urbanización San Sebastián-Comas, además los resultados de los análisis de las muestras de agua fueron validados por el Dr. Antonio Delgado y el técnico de laboratorio Daniel Neciosup; cabe resaltar además que los parámetros medidos in-situ a través del multiparámetro, cuenta con certificados de calibración para su mayor confiabilidad de los resultados obtenidos. En cuanto a mi responsabilidad social se donó e implemento el sistema de ablandamiento a la urbanización San Sebastián, para que los vecinos puedan consumir un agua tratada y de calidad.

III. RESULTADOS

3.1 Resultados de las características fisicoquímicas de la resina Amberlite IR-120.

Tabla N° 10 : Características fisicoquímicas de la resina Amberlite IR-120.

Variables	Unidad	VALOR
Diámetro	mm	0,45 a 0,60
Densidad	gr/l	840
Capacidad de intercambio total	eq/L	≥ 2,00

Fuente: Hoja de Ingeniería de la resina Amberlite IR-120 (anexo N°11).

En la tabla N°10, según las características fisicoquímicas de la resina Amberlite IR-120 están establecidas en la hoja de ingeniería, considerándose entre sus principales propiedades la humedad de retención, grupo funcional, diámetro, densidad, capacidad de intercambio iónico entre otros; siendo estos 3 últimos de mayor importancia para el desarrollo de la presente investigación.

3.2 Resultados de las condiciones de operación de la resina Amberlite IR-120

Tabla N° 11: Condiciones de operación de la resina Amberlite IR-120.

Variables	Unidad	VALOR
Caudal de Ingreso	L/min	0,6
Volumen de la resina	L	4
Altura del lecho	m	0,7
Diámetro del lecho	m	0,086

Fuente: Hoja de Ingeniería de la resina Amberlite IR-120 (anexo N°11).

En la tabla N°11, según los cálculos realizados se tuvo como resultado un caudal de ingreso al sistema de ablandamiento de 0.6L/min, el cual fue corroborado a través del método volumétrico.

Por otro lado un volumen de resina de 4L se tuvo según los cálculos la altura y diámetro del lecho que fue considerado para el diseño del sistema de ablandamiento.

3.3 Resultados de las condiciones de regeneración de la resina Amberlite IR-120.

Tabla N° 12: Condiciones de regeneración de la resina Amberlite IR-120.

Variables	Unidad	VALOR
Caudal de regeneración	L/h	36
Tiempo de regeneración	min	30
Capacidad de operación (Cu)	Eq/L	1,08
Volumen de saturación (Vs)	L	103,8
Tiempo de saturación (Ts)	h	2,88

Fuente: Hoja de Ingeniería de la resina Amberlite IR-120 (anexo N°11).

En la tabla N°12, se determinó según la hoja de ingeniería que el caudal y tiempo de regeneración es igual al caudal de ingreso, siendo este valor 0.6L/min y 30min respectivamente. Así mismo la capacidad de operación fue hallada a través de factores como el nivel de regeneración, concentración de sodio, concentración de regenerante, dureza total a tratar entre otros. Para ello se calculó interpolando distintos valores de dichos factores.

Finalmente mediante ecuaciones y cálculos se obtuvo el volumen y tiempo de saturación; para ello se consideró la capacidad útil de intercambio de la resina y la concentración de iones presentes en la caracterización de agua.

3.4 Resultados de la caracterización de agua subterránea (pozo) de la urbanización San Sebastián- Comas

Se realizó el análisis de los parámetros fisicoquímicos de la muestra de agua en el laboratorio de calidad de la Universidad César Vallejo (Escuela de Ingeniería Ambiental). Los resultados fueron comparados con los Límites Máximos Permisibles (LMPs) de los parámetros de calidad organoléptica del Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano (D.S.N°031-2010-SA)

A continuación se muestra los resultados obtenidos.

Cuadro N° 1: Caracterización fisicoquímica del agua subterránea

A continuación se muestra la caracterización del agua subterránea de la urbanización San Sebastián- Comas.

DESCRIPCIÓN				LMP de agua para consumo humano (D.S.031-2010-SA)
Parámetros	Unidad	Resultados de la caracterización	Metodología	
Temperatura	°C	25.3	EPA 170,1	Δ3
pH		6.08	Electrométrico (EPA 150,1)	6.5 a 8.5
Conductividad	uS/cm	1477	EPA 120,1	1500
Turbiedad	UNT	0.26	Nefelométrico	5
Oxígeno Disuelto	mg/L	7.09	Electrométrico (EPA 150,1)	> 5
Alcalinidad	mg/L	204	Volumétrico (EPA 2320B)	300*
Dureza Total	mg/L	724	Volumétrico EDTA (EPA 130,2)	500
Dureza Cálctica	mg/L	582	Volumétrico EDTA (EPA 215,2)	

* Establecido según norma internacional mexicana.

En la cuadro N°1, según los resultados obtenidos se aprecia que el pH y la dureza no cumplen con los límites máximos permisibles de agua para consumo humano (D.S. 031-2010-SA), sin embargo se tiene que los demás parámetros si cumplen con dicha normativa.

3.5 Resultados de las características fisicoquímicas del agua antes tratamiento.

Se procedió al análisis de los parámetros fisicoquímicos (temperatura, pH, conductividad, oxígeno disuelto, dureza total, dureza cálcica y alcalinidad) de las 32 muestras de agua tomadas a la entrada del sistema de ablandamiento.

A continuación se muestra el promedio de los resultados obtenidos por día.

Cuadro N° 2: Resultados de los análisis antes del tratamiento.

PARÁMETROS	PROMEDIO DE DATOS ANTES DEL TRATAMIENTO								TRATAMIENTO ESTADÍSTICO			
	HORARIO								Mín	Máx	Prom	σ
	9 a.m.	10 a.m.	11 a.m.	12 p.m.	1 p.m.	2 p.m.	3 p.m.	4 p.m.				
Temperatura (°C)	23,1	23,6	23,9	24,3	24,6	24,5	24,1	23,9	20,3	26,6	24,0	1,8
pH	6,16	6,27	6,34	6,31	6,33	6,60	6,27	6,25	5,89	6,82	6,32	0,22
Conductividad (Us/cm)	1467,8	1468,5	1475,3	1476,3	1467,8	1472,5	1480,3	1469,0	1457,0	1488,0	1472,2	8,11
O.D. (mg/L)	7,31	7,22	7,13	7,12	7,16	7,41	7,26	7,11	7,05	7,49	7,21	0,12
Dureza Total (mg/L)	694,7	717,3	713,3	713,3	730,7	701,3	704,0	714,7	688,0	736,0	711,4	12,86
Dureza Cálcica (mg/L)	579,0	585,0	577,0	570,0	574,0	582,0	572,0	577,0	548,0	596,0	577,0	15,41
Dureza Magnésica (mg/L)	118,0	135,0	135,0	144,0	154,0	118,0	135,0	136,0	92,0	164,0	134,4	19,93
Alcalinidad (mg/L)	201,0	194,0	192,0	194,0	198,0	193,0	197,0	194,0	172,0	212,0	195,4	8,75

Fuente: Elaboración Propia

En la cuadro N°2, según los resultados obtenidos se observa que el promedio de las 32 muestras analizadas antes del tratamiento, se tiene que la dureza total excede el LMP, considerándose un agua muy dura según la OMS, asimismo el pH no se encuentra en el rango establecido por el LMP, según la Normativa de calidad de agua para consumo humano.

3.6 Resultados de los análisis de los parámetros fisicoquímicos después del tratamiento

Se realizó el tratamiento del agua subterránea a través del sistema de ablandamiento mediante la resina Amberlite IR-120, luego las muestras obtenidas fueron analizadas en el laboratorio y los parámetros medidos in situ se determinaron con el multiparámetro HACH-30.

Los resultados obtenidos antes y después del tratamiento fueron evaluados y comparados con los límites máximos permisibles del reglamento de calidad de agua para consumo humano (D.S. 031-2010-SA).

A continuación se muestran los resultados obtenidos:

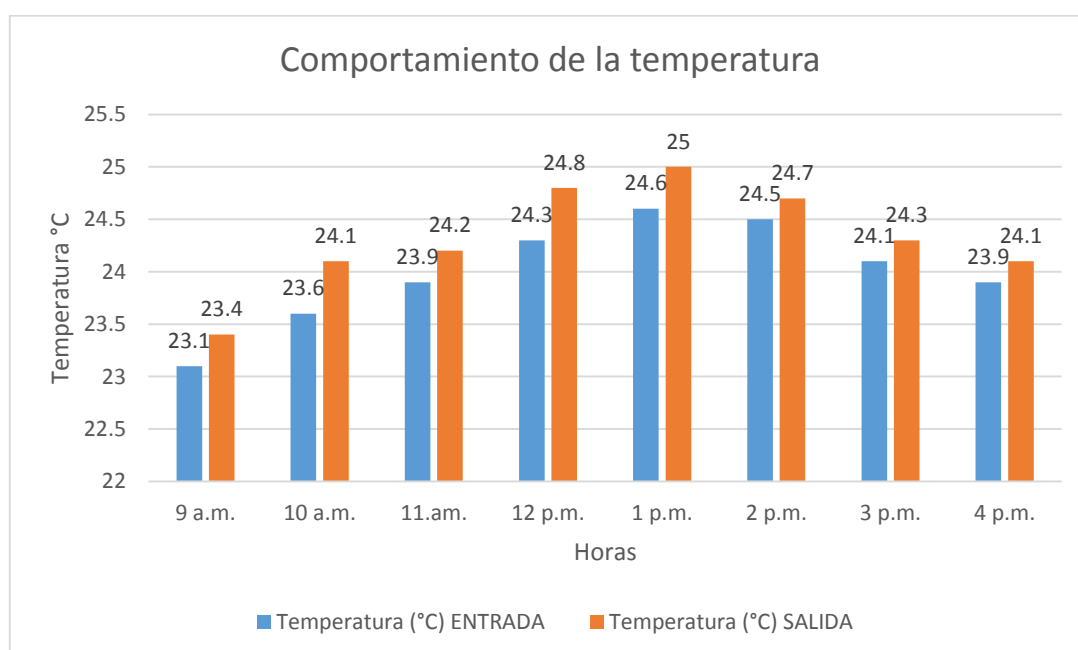
Cuadro N° 3 : Resultados de los análisis después del tratamiento.

PARÁMETROS	PROMEDIO DE DATOS DESPUES DEL TRATAMIENTO								TRATAMIENTO ESTADÍSTICO			
	HORARIO								Mín.	Máx.	Prom.	σ
	9 a.m.	10 a.m.	11 am.	12 p.m.	1 p.m.	2 p.m.	3 p.m.	4 p.m.				
Temperatura (°C)	23,4	24,1	24,2	24,8	25,0	24,7	24,3	24,1	20,7	26,9	24,3	1,93
pH	7,14	7,13	7,19	7,18	7,12	7,21	7,09	7,24	6,99	7,4	7,16	0,10
Conductividad (Us/cm)	1479	1477,3	1485,5	1490,3	1481,3	1484,5	1489,5	1479,5	1461	1498	1483,34	8,53
O.D. (mg/L)	7,69	7,58	7,49	7,54	7,50	7,54	7,45	7,42	7,32	7,82	7,53	0,11
Dureza Total (mg/L)	18,0	20,0	20,5	20,3	19,8	21,3	19,8	21,3	15	25	20,1	2,41
Alcalinidad (mg/L)	196	195	194	197	196	201	194	197	184	208	196,3	5,47
% Remoción de dureza	97,43	97,2	97,2	97,2	97,3	97,0	97,2	97,0	96,5	97,9	97,2	0,33

Fuente: Elaboración Propia

En la cuadro N°3, según los resultados obtenidos se observa que el promedio de los parámetros fisicoquímicos después del tratamiento, en el cual se tiene que todos los parámetros cumplen con la normativa de calidad de agua para consumo humano.

3.6.1 Comportamiento de la temperatura antes y después del tratamiento



Fuente: Elaboración Propia

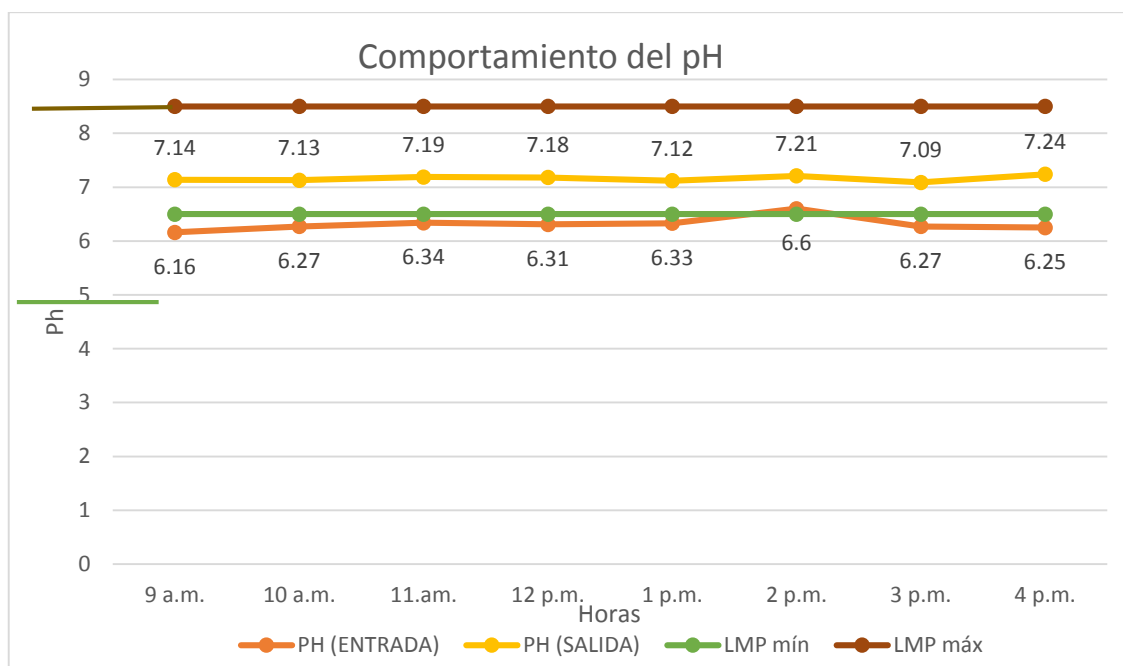
Gráfico N° 1: Variación de la temperatura

Según muestra el gráfico N°1 se aprecia que la temperatura de la muestra del agua a la salida del sistema ablandador presenta una mayor temperatura que la muestra de entrada.

Las razones por el cual ocurre el incremento son las siguientes:

- El intercambio iónico base su principio de selectividad e intercambio de iones, lo que genera un mínimo incremento de temperatura en el agua producto del sistema ablandador.
- Influencia de la temperatura ambiental, sobre el material de acrílico que el cual se ha elaborado el sistema ablandador.

3.6.2 Comportamiento del pH antes y después del tratamiento

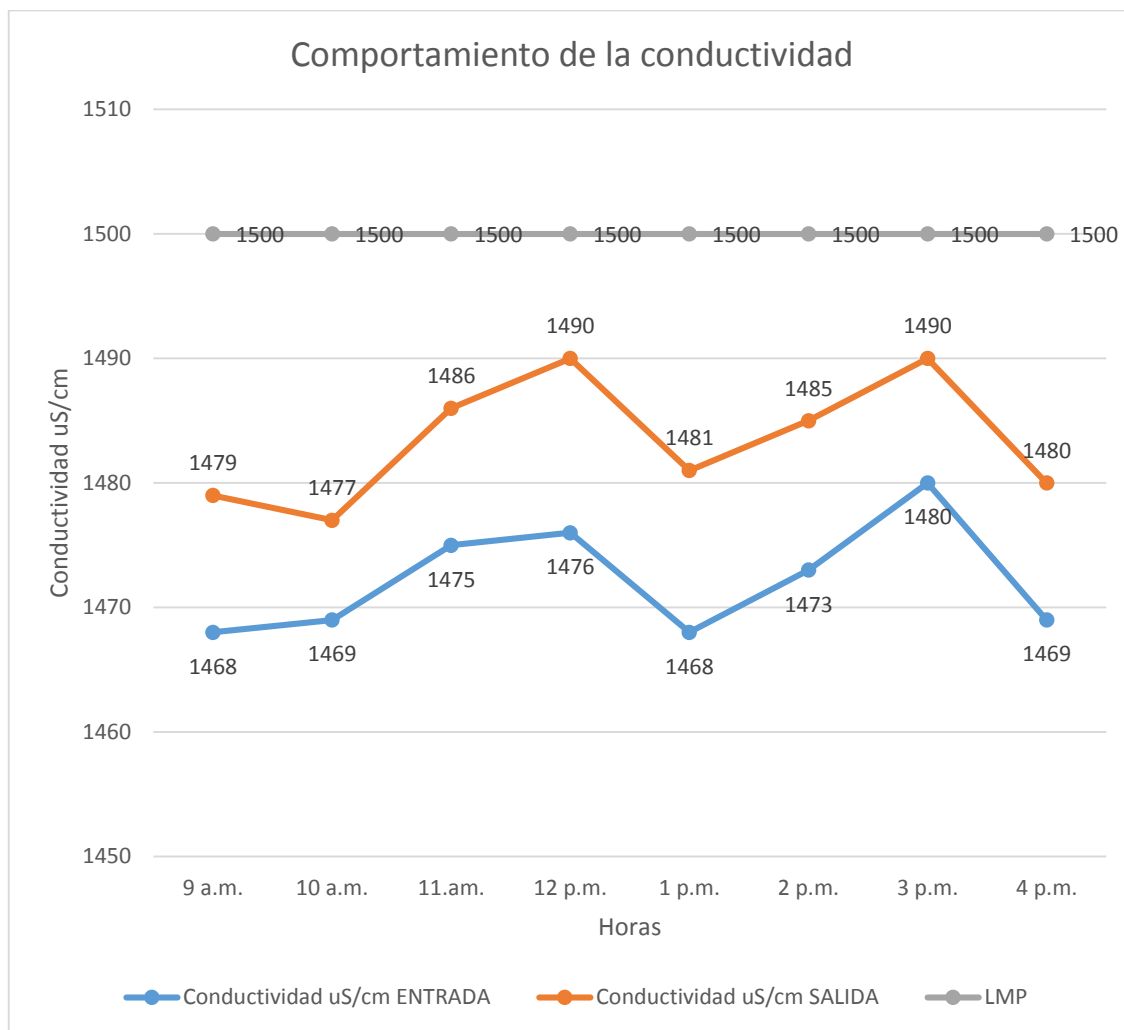


Fuente: *Elaboración Propia*

Gráfico N° 2 : Variación del pH antes y después del tratamiento.

Según muestra el gráfico N°2 las muestras tomadas a la salida del sistema ablandador presenta generalmente un pH mayor que las muestras de entrada, logrando ubicar el pH en el rango establecido del LMP, según la normativa de calidad de agua para consumo humano (D.S. N°031-2010-SA).

3.6.3 Comportamiento de la conductividad antes y después del tratamiento

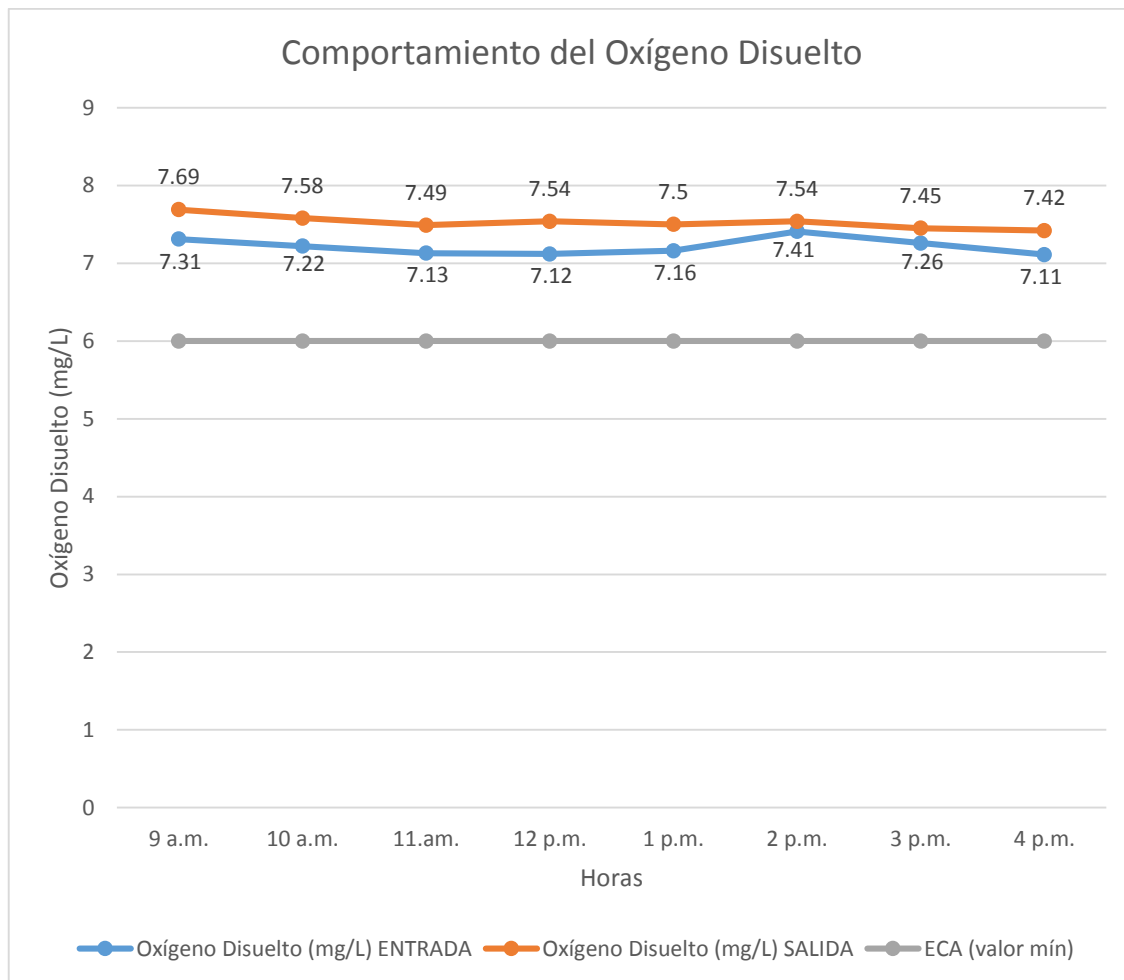


Fuente: *Elaboración Propia*

Gráfico N° 3 : Variación de la conductividad antes y después del tratamiento.

Como se puede apreciar en el gráfico N°3, la conductividad después del tratamiento es mayor que el de la entrada del sistema de ablandamiento. Asimismo se tiene que la conductividad en ambos casos no supera el LMP, según la normativa de calidad de agua para consumo humano (D.S. N°031-2010-SA).

3.6.4 Comportamiento del oxígeno disuelto antes y después del tratamiento

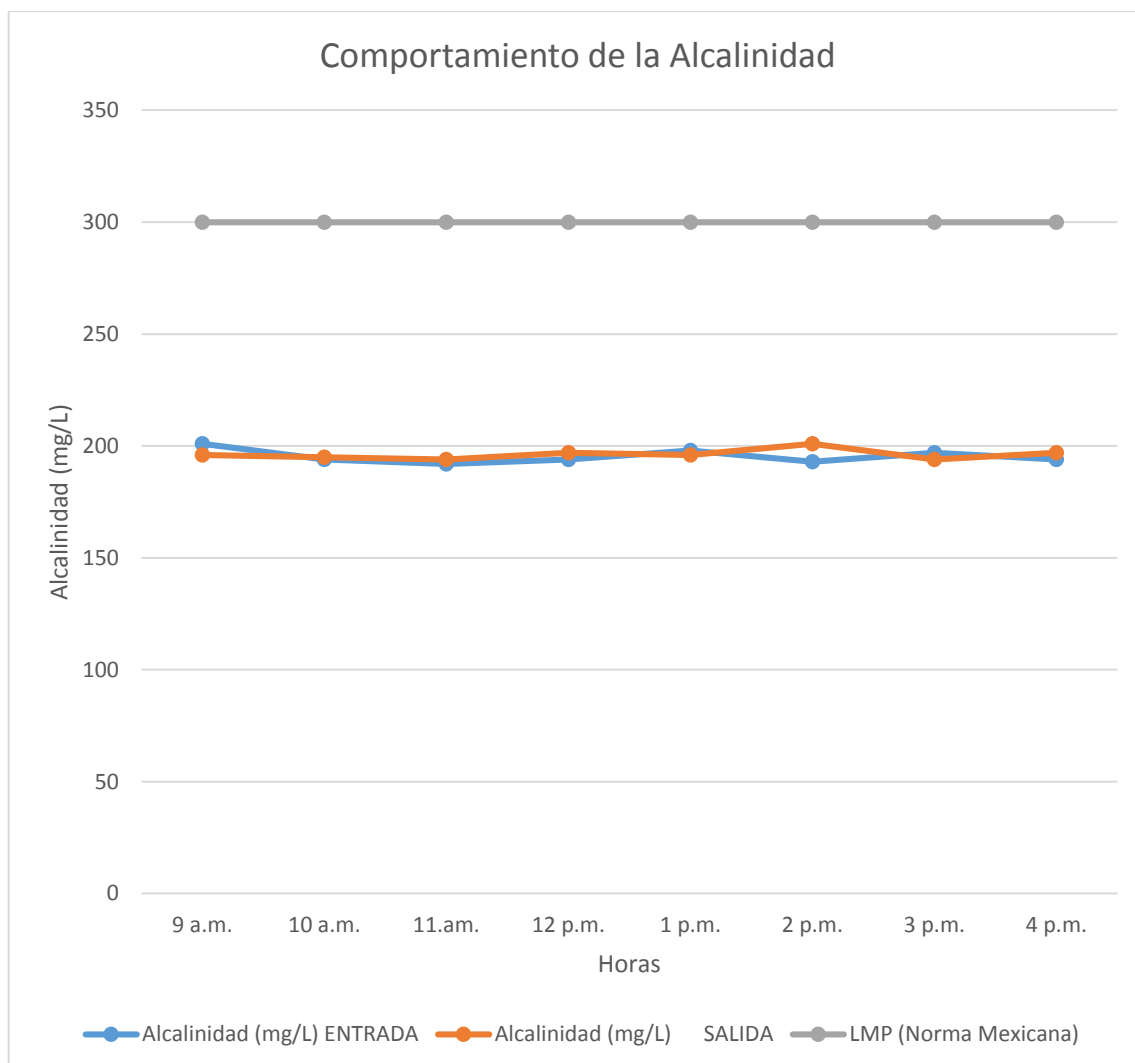


Fuente: *Elaboración Propia*

Gráfico N° 4 : Variación del oxígeno disuelto antes y después del tratamiento.

Como se puede apreciar en el gráfico N°4, el oxígeno disuelto a la salida del tratamiento es mayor que el de la entrada del sistema de ablandamiento. Se tiene que el oxígeno disuelto en ambos cumple con el LMP establecido en el reglamento de calidad de agua para consumo humano (D.S. N°031-2010-SA).

3.6.5 Comportamiento de la alcalinidad antes y después del tratamiento

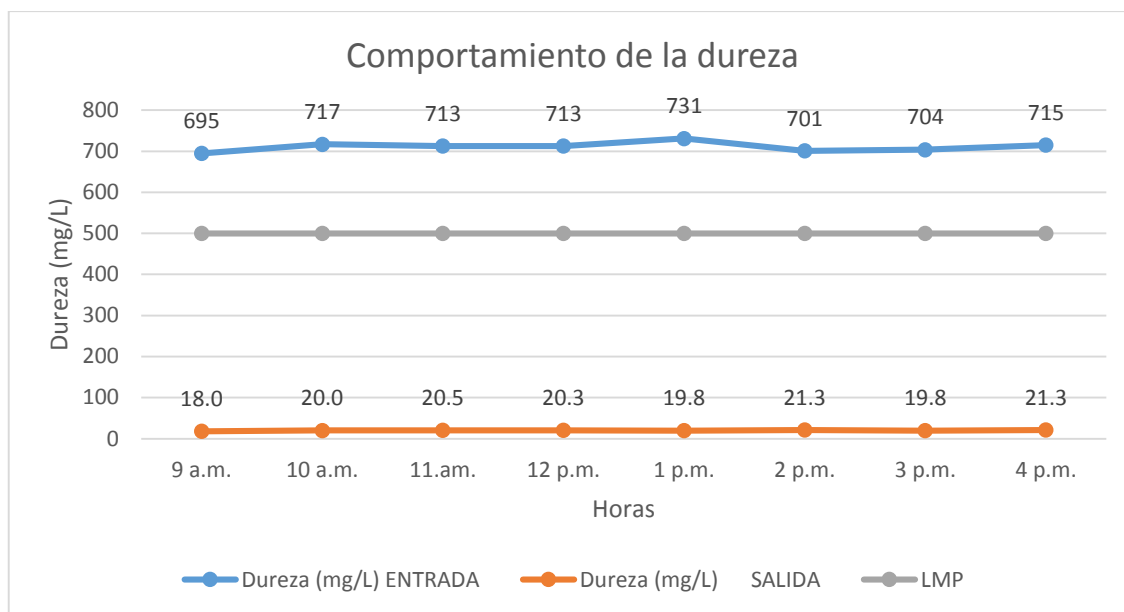


Fuente: *Elaboración Propia*

Gráfico N° 5 : Concentración de la alcalinidad antes y después del tratamiento.

Según el gráfico N°5 se observa que la alcalinidad antes y después del tratamiento casi no varía, manteniéndose constante. Además se tiene que la alcalinidad no excede el LMP de la Norma Mexicana con la cual se compara como referencia.

3.6.6 Comportamiento de la dureza antes y después del tratamiento.



Fuente: *Elaboración Propia*

Gráfico N° 6 : Concentración de dureza antes y después del tratamiento.

Según se muestra en el gráfico N°6, la dureza total del agua a tratar se reduce de concentraciones muy duras a concentraciones de aguas blandas (<60ppm, según la OMS).

Cuadro N° 4 : Remoción de dureza

Parámetro	Unidad	Valor inicial	Valor final	Porcentaje de Remoción %
Dureza	mg CaCO ₃ /L	711,4	20,1	97,2

Fuente: *Elaboración Propia*

En la cuadro N° 4, se observa la alta remoción de la dureza total, debido a la acción de la resina Amberlite IR -120, que por su grupo funcional es considerado como una resina catiónica fuertemente ácida, con alta eficiencia en la remoción de iones específicos de dureza como son el magnesio y calcio.

3.7 Prueba de Normalidad

Se realizó la prueba de normalidad para corroborar si los datos obtenidos de los indicadores de la variable dependiente presentan una distribución normal.

3.7.1 Hipótesis de normalidad

Ho: Los datos tienen una distribución normal.

H₁: Los datos no tienen una distribución normal.

3.7.2 Prueba de Shapiro Wilk

Se utilizó esta prueba debido a que el tamaño de la muestra (n=32) es pequeña.

Cuadro N° 5: Pruebas de normalidad.

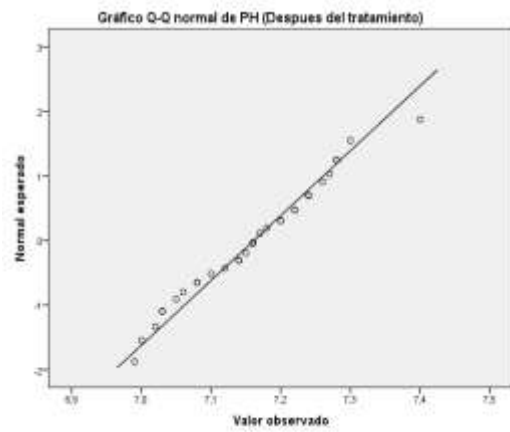
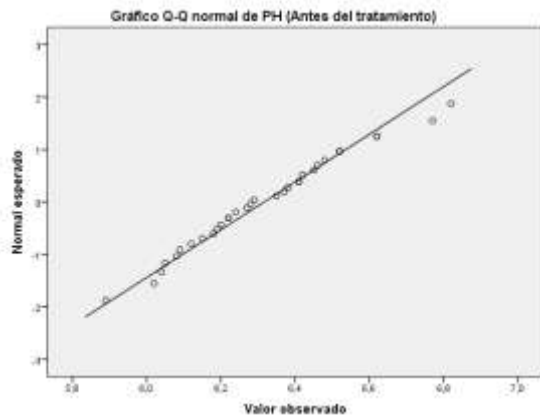
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
PH (Antes del tratamiento)	,079	32	,200*	,981	32	,824
PH (Después del tratamiento)	,075	32	,200*	,975	32	,655
O.D. (Antes del tratamiento)	,105	32	,200*	,961	32	,302
O.D. (Después del tratamiento)	,095	32	,200*	,990	32	,988
Conductividad (Antes del tratamiento)	,093	32	,200*	,979	32	,760
Conductividad (Después del tratamiento)	,078	32	,200*	,978	32	,739
Dureza (Antes del tratamiento)	,135	32	,147	,967	32	,424
Dureza (Después del tratamiento)	,143	32	,092	,970	32	,505
Alcalinidad (Antes del tratamiento)	,216	32	,001	,937	32	,062
Alcalinidad (Después del tratamiento)	,206	32	,001	,931	32	,052

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

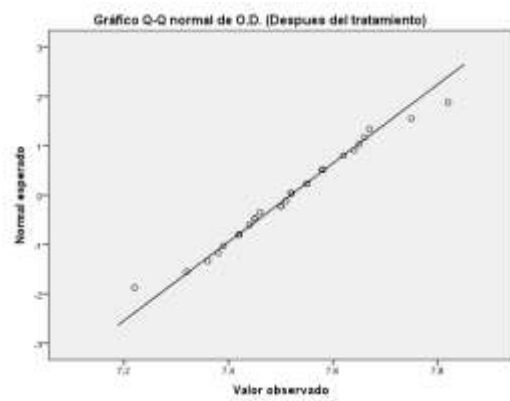
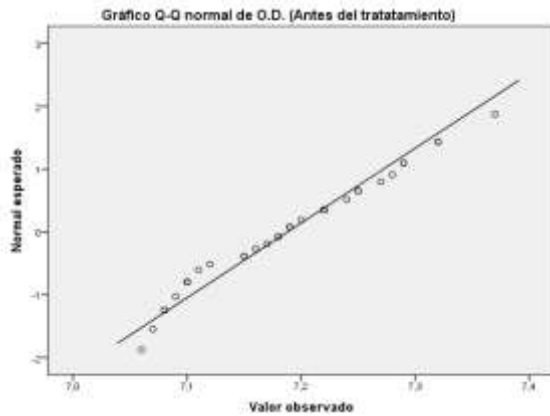
En la cuadro N°5, según la prueba de normalidad de Shapiro Wilk, se tiene que los datos presentan una distribución normal, puesto que el nivel de significancia es mayor a 0.05, con una confiabilidad del 95%. Por tanto se acepta la hipótesis nula.

Gráfico N° 7 : Q-Q Normal del pH



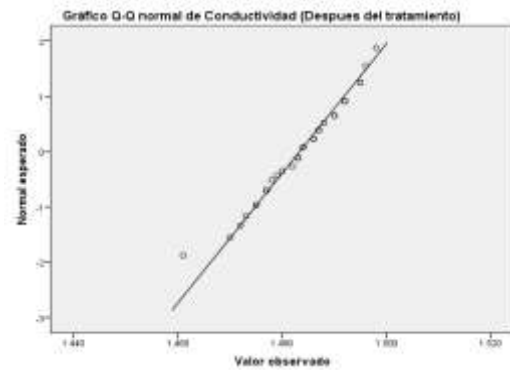
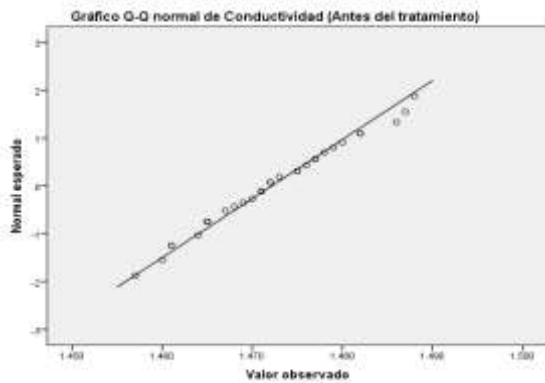
Fuente: *Elaboración Propia*

Gráfico N° 8 : Q-Q Normal del oxígeno disuelto.



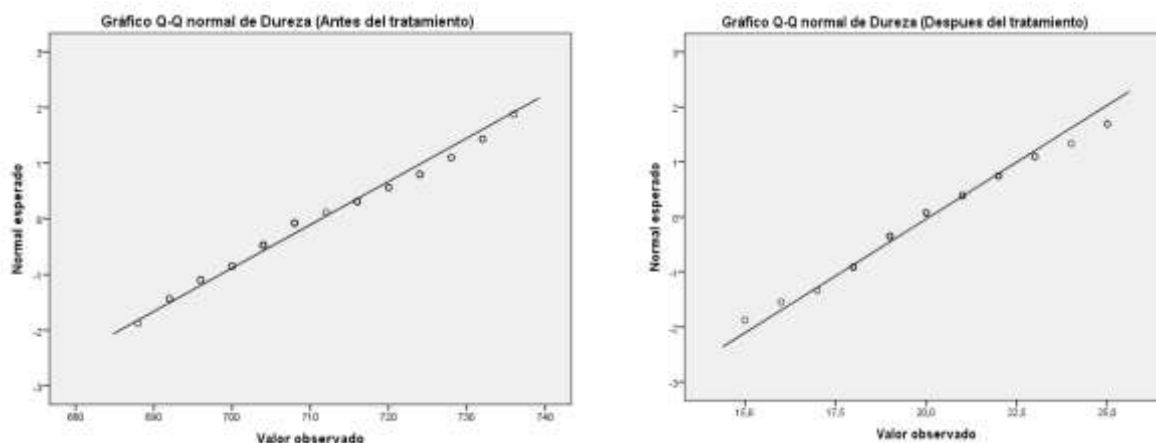
Fuente: *Elaboración Propia*

Gráfico N° 9 : Q-Q Normal de la conductividad.



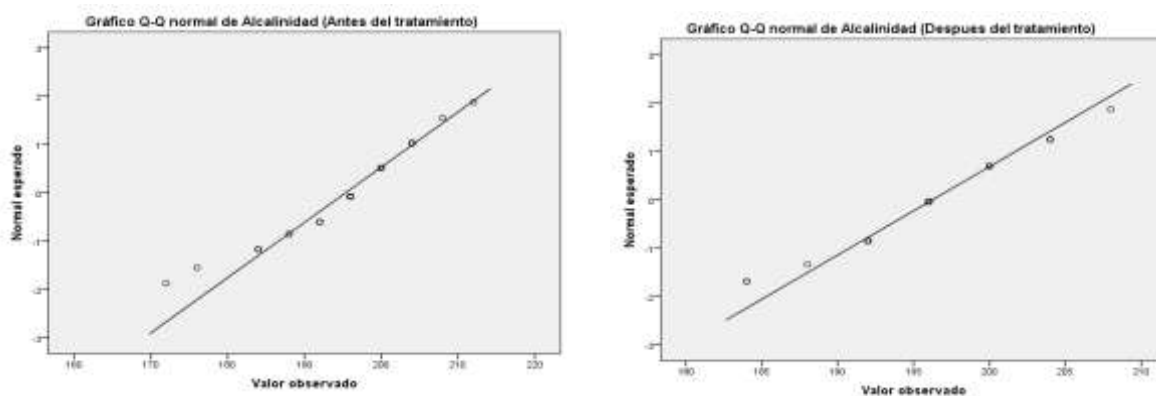
Fuente: *Elaboración Propia*

Gráfico N° 10 : Q-Q Normal de la dureza



Fuente: *Elaboración Propia*

Gráfico N° 11 : Q-Q Normal de la alcalinidad



Fuente: *Elaboración Propia*

3.8 Contraste de hipótesis

Para ello se utiliza la prueba T–Student para dos muestras relacionadas es decir la comparación de cada uno de los parámetros de calidad de agua antes y después del tratamiento con la resina Amberlite IR-120.

3.8.1 Prueba de T-Student para muestras relacionadas.

3.8.1.1 pH

Hipótesis nula (H_0): La resina Amberlite IR-120 no tiene la capacidad de mejorar el pH del agua subterránea.

Hipótesis alterna (H_1): La resina Amberlite IR-120 tiene la capacidad de mejorar el pH del agua subterránea.

Cuadro N° 6: Estadísticos del pH antes y después del tratamiento.

Estadísticas de muestras emparejadas

		Media	N	Desviación estándar	Media de error estándar
Par 1	PH (Antes del tratamiento)	6,3166	32	,21963	,03883
	PH (Después del tratamiento)	7,1616	32	,09952	,01759

Fuente: *Elaboración Propia*

Cuadro N° 7 : Prueba de muestras relacionadas del pH.

Prueba de muestras emparejadas

	Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
				Inferior	Superior			
Par 1 PH (Antes) – PH (Después)	-,84500	,19424	,03434	-,91503	-,77497	-24,609	31	,000

Fuente: *Elaboración Propia*

En los cuadros N°6 y N°7 se observa que la media del pH antes del tratamiento es de 6.31 y después aumenta a 7.16, encontrándose este último valor dentro del LMP para consumo humano. Además se aprecia que la significancia es menor a 0,05, por lo que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la alterna, la cual comprueba que la resina Amberlite IR-120 mejora la calidad del agua en cuanto al pH.

3.8.1.2 Oxígeno Disuelto

Hipótesis nula (H₀): La resina Amberlite IR-120 no tiene la capacidad de mejorar el O.D. del agua subterránea.

Hipótesis alterna (H₁): La resina Amberlite IR-120 tiene la capacidad de mejorar el O.D del agua subterránea.

Cuadro N° 8 : Estadísticos de oxígeno disuelto (A-D) del tratamiento.

Estadísticas de muestras emparejadas					
		Media	N	Desviación estándar	Media de error estándar
Par 1	O.D. (Antes del tratamiento)	7,1881	32	,08403	,01485
	O.D. (Después del tratamiento)	7,5191	32	,12558	,02220

Cuadro N° 9 : Prueba de muestras relacionadas del oxígeno disuelto

Prueba de muestras emparejadas									
	Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)	
	Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia					
				Inferior	Superior				
Par 1	O.D. (Antes) – O.D. (Después)	-,33094	,13101	,02316	-,37817	-,28370	-14,289	31	,000

En los cuadros N°8 y N°9 se observa que la media del oxígeno disuelto (O.D) antes del tratamiento es de 7,18 y después aumenta a 7,51mg/L, encontrándose estos dos valores dentro del LMP para consumo humano. Además se aprecia que la significancia es menor a 0,05, por lo que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la alterna, la cual comprueba que la resina Amberlite IR-120 mejora la calidad del agua en cuanto al oxígeno disuelto.

3.8.1.3 Conductividad

Hipótesis nula (H₀): La resina Amberlite IR-120 no tiene la capacidad de mejorar la conductividad del agua subterránea.

Hipótesis alterna (H₁): La resina Amberlite IR-120 tiene la capacidad de mejorar la conductividad del agua subterránea.

Cuadro N° 10 : Estadísticos de la conductividad (A-D) del tratamiento.

		Estadísticas de muestras emparejadas			
		Media	N	Desviación estándar	Media de error estándar
Par 1	Conductividad (Antes del tratamiento)	1472,16	32	8,109	1,433
	Conductividad (Después del tratamiento)	1483,34	32	8,533	1,508

Fuente: *Elaboración Propia*

Cuadro N° 11 : Prueba de muestras relacionadas de la conductividad

		Prueba de muestras emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
		Diferencias emparejadas							
		Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
					Inferior	Superior			
Par 1	Conductividad (Antes) – Conductividad (Después)	-11,188	4,842	,856	-12,933	-9,442	-13,070	31	,000

Fuente: *Elaboración Propia*

En los cuadros N°10 y N°11 se observa que la media de la conductividad antes del tratamiento es de 1472 μ S/cm, sin embargo después del tratamiento aumenta a 1483 μ S/cm encontrándose estos dos valores dentro del LMP para consumo humano.

3.8.1.4 Dureza

Hipótesis nula (H_0): La resina Amberlite IR-120 no tiene la capacidad de mejorar la calidad del agua en cuanto a la dureza.

Hipótesis alterna (H_1): La resina Amberlite IR-120 tiene la capacidad de mejorar la calidad del agua en cuanto a la dureza.

Cuadro N° 12 : Estadísticos de la dureza antes y después del tratamiento.

		Media	N	Desviación estándar	Media de error estándar
Par 1	Dureza (Antes del tratamiento)	711,38	32	12,856	2,273
	Dureza (Después del tratamiento)	20,09	32	2,414	,427

Fuente: *Elaboración Propia*

Cuadro N° 13 : Prueba de muestras relacionadas de la dureza.

	Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)	
	Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia					
				Inferior	Superior				
Par 1	Dureza (Antes)	691,281	11,995	2,120	686,957	695,606	326,002	31	,000
	Dureza(Después)								

Fuente: *Elaboración Propia*

En los cuadros N°12 y N°13 se observa que la media de la dureza antes del tratamiento es de 711,38 y después disminuye a 20,09mg/L, encontrándose este último valor dentro del LMP para consumo humano. Además se aprecia que la significancia es menor a 0,05, por lo que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la alterna, la cual comprueba que la resina Amberlite IR-120 mejora la calidad del agua en cuanto a la dureza.

3.8.1.5 Alcalinidad

Hipótesis nula (H₀): La resina Amberlite IR-120 no tiene la capacidad de mejorar la alcalinidad del agua subterránea.

Hipótesis alterna (H₁): La resina Amberlite IR-120 tiene la capacidad de mejorar la alcalinidad del agua subterránea.

Cuadro N° 14 : Estadísticos de la alcalinidad antes y después del tratamiento.

		Estadísticas de muestras emparejadas			
		Media	N	Desviación estándar	Media de error estándar
Par 1	Alcalinidad (Antes del tratamiento)	195,38	32	8,746	1,546
	Alcalinidad (Después del tratamiento)	196,25	32	5,465	,966

Fuente: *Elaboración Propia*

Cuadro N° 15 : Prueba de muestras relacionadas de la alcalinidad.

		Prueba de muestras emparejadas				T	gl	Sig. (bilateral)	
		Diferencias emparejadas							
		Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
					Inferior	Superior			
Par 1	Alcalinidad (Antes) – Alcalinidad (Después)	-,875	7,585	1,341	-3,610	1,860	-,653	31	,000

Fuente: *Elaboración Propia*

En los cuadros N°14 y N°15 se observa que la media de la alcalinidad antes del tratamiento es de 195,38 y después aumenta ligeramente a 196,25 mg/L, encontrándose estos valores dentro del LMP internacional para consumo humano. Además se aprecia que la significancia es menor a 0,05, por lo que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la alterna, la cual comprueba que la resina Amberlite IR-120 mejora la calidad del agua en cuanto a la alcalinidad.

IV. DISCUSIÓN

Según los resultados de las condiciones de operación calculados se tiene que para un caudal de servicio de 36 L/h, altura y diámetro del lecho igual a 70 cm y 8,6 cm respectivamente se logró procesar 1152 litros de agua que presenta 724 mg/L de dureza con un tiempo de saturación de 2.88 horas, así mismo estos resultados tienen cierta similitud con Gutiérrez (2005) en el cual según su diseño del sistema ablandamiento se determinó un diámetro interno de 8 cm, altura del lecho de 100 cm. Considerando un caudal de 40L/h logra procesar 793,2 L de agua con una dureza de 204mg/L y un tiempo de saturación de 10,05 horas continuas.

En cuanto a las condiciones de regeneración para el sistema de ablandamiento a través de la resina Amberlite IR-120, el cual fue regenerado con el NaCl al 10% se logró una eficiencia de 97,2 % (Cuadro N°4), esto es corroborado por la investigación realizada por Hidalgo y Guaman (2006), en donde se obtuvo una eficiencia del 99% en donde se utilizó como regenerante el ácido clorhídrico al 10%. Cabe resaltar que las resinas catiónicas fuertemente ácidas pueden tener ciclo sodio o ciclo hidrógeno es decir son regeneradas con cloruro de sodio o soluciones ácidas.

Los parámetros fisicoquímicos de la caracterización del agua subterránea (temperatura, conductividad, pH, oxígeno disuelto, turbiedad, alcalinidad y dureza) presentes en las muestras, de acuerdo al cuadro N°1 (Caracterización fisicoquímica del agua subterránea de la urbanización San Sebastián), cumplen con los LMP del reglamento de calidad de agua para consumo humano (D.S.031-2010-SA), a excepción de los parámetros de pH y dureza.

Según los resultados de la gráfico N°02 y el cuadro N°6, después de que el agua haya filtrado por el lecho de la resina, se tiene que el pH en promedio aumenta de 6,31 a 7,16; esto se debe al proceso de hidrólisis que se genera, así pues Nevárez (2009), menciona en su investigación que el agua es un ácido que dona un protón y la resina actúa como una base aceptando dicho protón. El ion OH^- constituye una base conjugada originando un incremento del PH, debido al exceso de iones oxidrilo presentes.

En cuanto en el gráfico N°03 y el cuadro N°11, se aprecia que la conductividad del agua a la salida del tratamiento aumenta en promedio 11,18 $\mu\text{S}/\text{cm}$ con respecto a la entrada del sistema de ablandamiento. Asimismo Nevárez (2009), en su tesis indica que la conductividad eléctrica del agua aumenta en promedio 40 $\mu\text{S}/\text{cm}$, al ser tratadas con las resinas catiónicas, considero que esto se debe a que cada ion de calcio o de magnesio que penetra en la resina es remplazado por dos iones de sodio que salen, haciendo que la cantidad de iones disueltos en el agua tratada aumenten, de ahí que la conductividad eléctrica tiende a aumentar.

Según los resultados del oxígeno disuelto se tiene que después de tratar el agua, este parámetro aumenta de 7,18 mg/L a 7,52 mg/L

Los resultados de la alcalinidad obtenidos en este estudio de acuerdo al gráfico N°5 y el cuadro N°14 (Concentración de la alcalinidad antes y después del tratamiento), se tiene valores igual a 195.3 y 196.2 respectivamente. Esto se corrobora con Nunja (2007) donde tuvo como resultados en promedio en cuanto al parámetro alcalinidad antes del tratamiento 312.1 CaCO_3 y después del tratamiento 312.8 CaCO_3 ; por tanto en ambos estudios la concentración de alcalinidad se mantiene constante.

De acuerdo a los resultados de la gráfico 6 y el cuadro N°4 se deduce que el sistema de ablandamiento mediante la resina Amberlite IR-120 logra reducir la concentración de dureza en un 97,2 %, permitiendo obtener aguas blandas según clasificación del Organismo Mundial de la Salud (OMS). Esto se corrobora con la investigación de Araujo (2015), en el cual menciona que las resinas catiónicas y aniónicas fuertes tiene una alta capacidad de intercambio y retención de iones, pues en la salida del agua de la torre de Intercambio iónico del Laboratorio en la cual realizó su investigación, también se logró disminuir la concentración de dureza total en un 98%, teniéndose así una similitud en resultados en cuanto al porcentaje de remoción de carbonatos.

V. CONCLUSIONES

Las características físico-químicas de la resina Amberlite IR-120 se encuentran registradas y pre-establecida en la hoja técnica de ingeniería de la resina, con ello se puede conocer el valor del diámetro, densidad y la capacidad de intercambio total con la cual operan este tipo de resina.

En cuanto a las condiciones de operación del sistema de ablandamiento se concluye que a mayor caudal de ingreso, menor es el tiempo de saturación; a mayor altura y diámetro del lecho, mayor es la superficie de contacto para el intercambio iónico.

Se concluye en cuanto a las condiciones de regeneración que la capacidad de operación de la resina depende del caudal de producción, de la concentración del NaCl, concentración de sodio y dureza del agua a tratar. Para ello se obtuvo un flujo de regenerante de 36L/h igual al caudal de operación.

El sistema de ablandamiento a través de la resina Amberlite IR-120 logró alcanzar un porcentaje de remoción de 97,2% en cuanto a la dureza.

Finalmente se concluye que la resina Amberlite IR-120 a través de sus características físico-químicas, condiciones de operación y regeneración, permite mejorar la calidad de agua subterránea en cuanto al pH y dureza, cumpliendo de esta manera con los límites máximos permisibles establecidos en la normativa de calidad de agua para consumo humano.

VI. RECOMENDACIONES

Se recomienda utilizar la hoja de ingeniería dependiendo de qué resina se va a utilizar en el momento de realizar la investigación, ya que es pieza fundamental para determinar las características físico-químicas de la resina.

La altura del lecho debe ser no menor a 0.70 m, para favorecer el tiempo de contacto entre el agua a tratar y la resina a utilizar, mejorando de esta manera el intercambio iónico.

Cuando observe que las resinas pierden color, es una muestra del agotamiento, por lo que se debe empezar a regenerar. Antes de iniciar la regeneración no debe faltar el retrolavado y después de la regeneración se debe iniciar el enjuague del lecho de resina para eliminar el exceso de regenerante controlando a su vez el pH.

Para futuras investigaciones se recomienda además analizar los parámetros biológicos en las muestras de agua con la finalidad de verificar si existe contaminación biológica.

Esta investigación fue realizado en los primeros meses de estiaje (mayo-junio), por ello se recomienda complementar realizándolo en otras temporadas del año para ver si existe variación significativa de los parámetros evaluados.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAUJO, Karen. Diseño de unidades de desmineralización del agua como medio de enfriamiento. Tesis de Grado (Ingeniero Químico). Quito, Ecuador. Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ingeniería Química, 2015.
- Abstract for the Test Methods for Evaluating Solid Waste: *Physical/Chemical Methods Compendium* (SW-846).
- CAMINATI, Alessandra y CAQUI, Rocío. Análisis y diseño de sistemas de tratamiento de agua para consumo humano y su distribución en la Universidad de Piura. Tesis de Grado (Ingeniería Industrial y de Sistemas). Piura, Perú: Universidad de Piura, Facultad de Ingeniería, 2013, 235 p.
- CANEPA DE VARGAS, Lidia, et al. Tratamiento de agua para consumo humano: *Plantas de filtración rápida*. [en línea]. Lima, Perú, 2004 [fecha de consulta: 4 de octubre del 2016]. Capítulo 1. Aspectos Fisicoquímicos de la Calidad del Agua.
- CERVANTES, Luis. Diseño y construcción de un ablandador de agua mediante el empleo de resinas de intercambio iónico para abastecer los equipos térmicos del laboratorio de Termodinámica. Tesis de Grado (Ingeniero Mecánico). Quito, Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito, Facultad de Ingeniería Mecánica, 2015, 125p.
- Constitución Política del Perú. Lima, Perú, capítulo II, art. 66.
- COLLAZO, María P y MONTAÑO, Jorge. Manual de Agua Subterránea. 1ª ed. Uruguay: Denad Internacional, 2012. 121 p. ISBN: 9789974594098.
- CORTIJO, Dora. Desalcalinización del agua mediante intercambio iónico. En: Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y

- Portugal (Redalyc). [en línea].2013, V (1) ,221-238 [consulta: 17 de setiembre 2016]. ISSN 1025-9929.
- Environmental Protection Agency: 8015B, 245.7, 8081 B, 8141B, 2007.
 - GRÁGEDA M, Y GRÁGEDA, M. Desarrollos actuales en tratamientos de riles por métodos electroquímicos. Ciencia Abierta.Santiago de Chile, Chile, 2006.
 - GUTIERREZ, Edixon, CALDERA, Yaxcelys, VALBUENA, Franz y SILVA, Samuel. Post-Post-treatment of municipal wastewater for feeding to boilers using ionic exchange. En: *Revista Técnica de la Facultad de Ing. Universidad de Zulia. Téc. Ing. Univ. Zulia* [en línea].2005, V.28 (3), 171-178 [consulta: 10 Setiembre 2016].ISSN 0254-0770.
 - HERNÁNDEZ, Roberto., FERNÁNDEZ, Carlos y BAPTISTA, Pilar. Metodología de la investigación. 5ª ed. México, McGraw Hill, 2010.736 p. ISBN 9786071502919.
 - HIDALGO, Fanny y GUAMAN, Marco. Diseño y construcción de un desmineralizador de lecho múltiple. Tesis de Grado (Ingeniero Químico).Guayaquil, Ecuador: Universidad de Guayaquil, Facultad de Ingeniería Química, 2006,176 p.
 - IBAÑEZ, William. Recuperación de hierro y ácido clorhídrico de medios decapantes agotados. Tesis de Grado. (Ingeniero Químico).Quito, Ecuador: Universidad Central de Ecuador, Facultad de Ingeniería Química, 2015,113p.
 - Ley N° 29338, Organismo Supervisor de la inversión en energía y minería, Lima, Perú, 31 de Marzo de 2009.
 - Ley de Recursos Hídricos: Ley N° 29338, 2009, 81p.

- Ministerio de agricultura y riego: AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA (ANA): *Estrategia Nacional para el Mejoramiento de la Calidad de los Recursos Hídricos*, Lima, 2016. 31 p.
- MOLINA, José. Análisis integrado y estrategias de gestión de acuíferos en zonas semiáridas. Tesis Doctoral. Murcia, España: Universidad de Granada, 2009, 303p.
- NEVARÉZ, Martha. Optimización del proceso de regeneración de resinas de intercambio iónico para ser utilizadas en el desmineralizador de agua de refinería estatal Esmeraldas. Tesis de Grado (Ingeniero Químico). Riomba, Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, 2009,132 p.
- NUNJA, José. Intercambio iónico ciclo sodio y Blending para mejorar la calidad química del agua potable en el distrito de Huacho. Tesis de Postgrado (Maestría en Ecología y Gestión Ambiental). Huacho, Perú: Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, 2007, 115 p.
- OMS [Organización Mundial de la Salud]. Guías para la calidad del agua potable. Ginebra, Suiza, 2006. 408 p .ISBN: 9241546964.
- PERÚ.MINISTERIO DE AGRICULTURA .*Ley de Recursos Hídricos – Ley N° 29338*, 2010,81p.
- Reglamento de la calidad de Agua para Consumo Humano: D.S. N° 031-2010-SA / Ministerio de Salud .Dirección General de Salud Ambiental, Ministerio de Salud. Perú: Lima: Ministerio de Salud; 2011. 44 p.
- *Revista Aguasresiduales.Info*: Análisis, comparativas y relaciones entre la DBO, DQO, COT [en línea].Badajoz, España, 2015.

- RODRIGUEZ, Roberto. La Dureza del Agua: *Seminario Agua*. Buenos Aires, Argentina: Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Bahía Blanca, 2010,32 p.
- SEVERICHE, Carlos A, CASTILLO, Marlon E. Y ACEVEDO, Rosa L. Manual de Métodos Analíticos para la Determinación de Parámetros Fisicoquímicos Básicos en Aguas [en línea]. Cartagena de Indias, Colombia, 2013 [fecha de consulta: 2 de Octubre 2016].Análisis Básicos. ISBN: 9788415774907.
- Standard methods for the examination of water and wastewater. APHA, AWWA, WEF. 21 st 2005.
- SOTO, Julián. La dureza del agua como indicador básico de la presencia de incrustaciones en instalaciones domésticas sanitarias. En: Revista de la Universidad Nacional Autónoma de México. Ingeniería Investigación y Tecnología [en línea]. 2009, V11 (2), 167-177 [consulta: 2 de setiembre 2016]. ISSN 405-7743.
- VALENZUELA, Tehicú. Exploración de posibilidades para proponer un tren de tratamiento para remoción de dureza que logre la optimización técnica y económica del proceso. Tesis de Grado (Ingeniería Química).Puebla, México: Universidad de las Américas Puebla, Departamento de Ingeniería Química y Alimentos, 2004, 106 p.

ANEXOS

Anexo N° 1: Ficha de observación

Título: Capacidad de la resina Amberlite IR-120 para mejorar la calidad de agua subterránea en la urbanización San Sebastián – Comas, 2017

Lugar y Fecha: Urb.San Sebastián – Comas / **Mayo-Junio** 2017

Muestreado por: Flor Roxana Ramos Salcedo

VARIABLE DEPENDIENTE	PARAMETROS	REGISTRO DEL ANÁLISIS DE LOS PARAMETROS															
		HORARIO															
		9:00 a.m		10:00 a.m		11:00 a.m		12:00 p.m		1:00 p.m		2:00 p.m		3:00 p.m		4:00 p.m	
		E	S	E	S	E	S	E	S	E	S	E	S	E	S	E	S
CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA	pH																
	Oxígeno Disuelto (mg/L)																
	Conductividad (Us/cm)																
	Dureza (ppm)																
	Alcalinidad (mg/L)																
	Porcentaje de remoción de dureza (%)																

FICHA DE OBSERVACIÓN

Titulo: Capacidad de la resina Amberlite IR-120 para mejorar la calidad de agua subterránea en la urbanización San Sebastián – Comas, 2017

Lugar y Fecha:

Urb. San Sebastián – Comas / **Mayo-Junio 2017**

Muestreado por:

Flor Roxana Ramos Salcedo

VARIABLE INDEPENDIENTE	REGISTRO DE LOS PARAMETROS		
	PARAMETROS	UNIDAD	VALOR
CAPACIDAD DE LA RESINA AMBERLITE IR-120	Diámetro	mm	
	Densidad	g/L	
	Capacidad de intercambio total	eq/L	
	Volumen de resina	L	
	Diámetro del lecho	m	
	Altura del lecho	m	
	Caudal de Ingreso	L/h	
	Concentración del regenerante	%	
	Flujo de regenerante	L/h	
	Capacidad de operación	eq/L	

Anexo N° 3: Límites máximos permisibles de agua para consumo humano

LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE PARÁMETROS DE CALIDAD ORGANOLÉPTICA

Parámetros	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Olor	---	Aceptable
2. Sabor	---	Aceptable
3. Color	UCV escala Pt/Co	15
4. Turbiedad	UNT	5
5. pH	Valor de pH	6,5 a 8,5
6. Conductividad (25°C)	µmho/cm	1 500
7. Sólidos totales disueltos	mg.L ⁻¹	1 000
8. Cloruros	mg.Cl ⁻ L ⁻¹	250
9. Sulfatos	mg.SO ₄ ⁼ L ⁻¹	250
10. Dureza total	mg.CaCO ₃ L ⁻¹	500
11. Amoníaco	mg.N L ⁻¹	1,5
12. Hierro	mg.Fe L ⁻¹	0,3
13. Manganeso	mg.Mn L ⁻¹	0,4
14. Aluminio	mg.Al L ⁻¹	0,2
15. Cobre	mg.Cu L ⁻¹	2,0
16. Zinc	mg.Zn L ⁻¹	3,0
17. Sodio	mg.Na L ⁻¹	200

UCV = Unidad de color verdadero

UNT = Unidad nefelométrica de turbiedad

Fuente: Reglamento de calidad de agua para consumo humano D.S (031-2010-SA)

Anexo N° 4: Requisito para recepción de muestras

A continuación se muestra el requisito para la recepción de muestras de los parámetros fisicoquímicos del agua.

Ensayo	Tipo de envase	Cantidad mínima de muestra	Preservación / Conservación desde la toma de muestra	Tiempo máximo para transporte al laboratorio
pH			Medido en campo	
Temperatura			Medido en campo	
Conductividad			Medido en campo	
Oxígeno disuelto			Medido en campo	
BÁSICOS				
Turbiedad	P o V (1)	200 mL	Refrigerar a 4°C en oscuridad.	48 horas
Alcalinidad	P o V (1)	200 mL	Refrigerar a 4°C	14 días
Color	P o V (1)	500 mL	Refrigerar a 4°C	48 horas
Sólidos sedimentables	P o V (1)	1000 mL	Refrigerar a 4°C	48 horas
Sólidos (disueltos, fijos, suspendidos, volátiles, totales.)	P o V (1)	1000 mL	Refrigerar a 4°C	7 días
Cloruros	P o V (1)	200 mL	Refrigerar a 4°C	28 días
Sulfatos	P o V (1)	100 mL	Refrigerar a 4°C	28 días
Dureza	P o V (1)	500 mL	Agregar 1,5 mL de HNO ₃ 1+1 (4) hasta pH < 2	6 meses
DBO ₅	P o V (1)	1000 mL	Refrigerar a 4°C	24 horas
Cianuro WAD	P o V (1)	500 mL	Agregar NaOH hasta pH > 12. Refrigerar a 4° C en oscuridad.	14 días
Material extractable en hexano MEH (Aceites y grasas)	V (1) ámbar	1000 mL	Agregar H ₂ SO ₄ 1+1 (4) hasta pH < 2, refrigerar 4 ° C.	28 días
METALES				
Metales (5)	P(A) (2) (no tapa de metal)	1000 mL	Agregar 3mL de HNO ₃ 1+1 (4) hasta pH < 2 , Refrigerar a 4°C	3 meses
Mercurio	P(A) o V(A) (2) (no tapa de metal)	500 mL	Agregar 4 mL solución dicromato de potasio (6) luego agregar 1,5 mL de HNO ₃ 1+1 (4) hasta pH < 2 refrigerar a 4 ° C	14 días- P(A) (2) 28 días- V(A) (2)

Fuente: APHA, AWW, WEF. 2012. Standard methods for examination of water & wastewater, 22nd Edition.- Environmental Protection Agency 8015B, 245.7, 8081 B, 8141B. 2007

Anexo N° 5: Procedimiento de análisis

ANÁLISIS DE LA DUREZA TOTAL

DETERMINACIÓN DE LA DUREZA TOTAL – METODOLOGÍA EPA 130.2	
REACTIVOS / SOLUCIÓN	MATERIALES
Solución Buffer pH:10	1 Bureta más soporte universal
Ácido EDTA 0.01 M	1 probeta
Negro de Eriocromo	2 pipetas más 1 micropipeta
Agua Destilada	2 matraces
Muestra de Análisis	1 vaso de precipitado más 1 piseta

PROCEDIMIENTO DE ANÁLISIS	
PASO	ACTIVIDAD
1	Agregar 50mL de la muestra a una probeta.
2	Agregar a la muestra (Paso N°1), 3 ml de solución buffer pH:10
3	Agregar a la muestra (Paso N°2), una pizca de indicador Negro de Eriocromo
4	Dividir la muestra (Paso N°3) en dos matraces, c/u con un mismo volumen de solución
5	Agregar a la bureta 25 ml de Ácido EDTA(0.01M)
6	Titular la muestra (Paso N°4) con el Ácido EDTA, hasta un cambio de coloración.

CONSIDERACIONES
La muestra de alta dureza (Paso N°4) presentara una tonalidad rojiza y cambiara a color azul (Paso N°6).
La muestra de baja dureza (Paso N°4) presentara una tonalidad morada y cambiara a color azul (Paso N°6).
Para muestras de baja dureza (blandas), considerar una muestra de 200 ml. (Paso N°1).
Para muestras de baja dureza (blandas), considerar 10 ml de solución Buffer pH 10. (Paso N°2).

MÉTODO DE CÁLCULO	
$D.T = (A * M * f * (100000)) / V$	
D. T : Dureza total (mgCaCO ₃ /L)	f : Factor (mgCaCO ₃ / mol)
A: Volumen gastado del titulante (ml)	V: Volumen muestra (ml)
M: Molaridad de la solución EDTA (0.01M)	100000: Factor de conversión de unidades

Fuente: Metodología EPA 130.2

ANÁLISIS DE LA DUREZA CÁLCICA

DETERMINACIÓN DE LA DUREZA CÁLCICA- METODOLOGÍA EPA 215.2	
REACTIVOS / SOLUCIÓN	MATERIALES
Hidróxido de Sodio, NaOH 1N	1 Bureta más soporte universal
Ácido EDTA 0.01 M	1 probeta
Murexida	2 pipetas más 1 micro pipeta
Agua destilada	2 matraz
Muestra de Análisis	1 vaso de precipitado más una piseta

PROCEDIMIENTO DE ANÁLISIS	
PASO	ACTIVIDAD
1	Agregar 50mL de la muestra a una probeta.
2	Agregar a la muestra (Paso N°1), 3 ml de solución hidróxido de sodio 1N.
3	Agregar a la muestra (Paso N°2), una pizca de indicador Murexida.
4	Dividir la muestra (Paso N°3) en dos matraz, c/u con un mismo volumen de solución.
5	Agregar a la bureta 25 ml de Ácido EDTA (0.01M)
6	Titular la muestra (Paso N°4) con el Ácido EDTA, hasta un cambio de coloración.

CONSIDERACIONES
La muestra de alta dureza (Paso N°4) presentara una tonalidad rojiza y cambiara a color azul (Paso N°6)
La muestra de baja dureza (Paso N°4), presentara una tonalidad morada y cambiara a color azul (Paso N°6)
Para muestras de baja dureza (blanda), considerar una muestra de 200 ml (Paso N°1)
Para muestras de baja dureza (blanda), considerar 10 ml de solución NaOH 1N. (Paso N°2)

MÉTODO DE CÁLCULO	
$D.C = (A * M * f * (100000)) / V$	$Ca (mg/l) = (A * M * 20040) / V$
D. C : Dureza cálcica (mgCaCO ₃ /L)	f : Factor (mgCaCO ₃ / mol)
A: Volumen gastado del titulante (ml)	V: Volumen muestra (ml)
M: Molaridad de la solución EDTA (0.01M)	100000: Factor de conversión de unidades

Fuente: Metodología EPA 215.2

ANÁLISIS DE LA ALCALINIDAD

DETERMINACIÓN DE LA ALCALINIDAD – METODOLOGÍA EPA 2320B	
REACTIVOS / SOLUCIÓN	MATERIALES
Ácido Sulfúrico 0.02 N	1 Bureta más soporte universal
Anaranjado de metilo	1 probeta
Agua Destilada	1 pipeta más 1 micropipeta
Muestra de Análisis	1 matraz

PROCEDIMIENTO DE ANÁLISIS	
PASO	ACTIVIDAD
1	Agregar 50mL de la muestra a un matraz
2	Agregar a la muestra (Paso N°1), 3 gotas de Indicador Anaranjado de Metilo.
3	Agregar a la bureta 25 ml de Ácido Sulfúrico 0.02 N
4	Titular la muestra (Paso N°2) con el Ácido Sulfúrico 0.02N, hasta un cambio de coloración.

CONSIDERACIONES
El anaranjado de metilo en muestras de pH<3,1 muestra tonalidad rojiza.
El anaranjado de metilo en muestras de 3,1 < pH < 4,4, muestra tonalidad naranja.
El anaranjado de metilo en muestras de pH > 4,4, muestra tonalidad amarillenta.

MÉTODO DE CALCULO	
$Alc. = (A * N * 50000) / V$	
Alc. Alcalinidad (mgCaCO ₃ /L)	V : Volumen de la muestra (ml)
A : Volumen gastado del titulante (ml)	50000: Factor de conversión de unidades
N : Normalidad del titulante H ₂ SO ₄ (0.02N)	

Fuente: Metodología EPA 2320B

Anexo N° 6: Resultados de la medición de los parámetros in-situ.

MUESTRA N°	FECHA	HORA	T (°C)		pH		Oxígeno Disuelto (mg/L)		Conductividad (µS/cm)	
			E	S	E	S	E	S	E	S
1	06/05/2017	09:00 a.m.	24.7	25	5.89	7.08	7.42	7.82	1475	1487
2		10:00 a.m.	25.3	26.4	6.02	7.2	7.09	7.64	1471	1477
3		11:00 a.m.	25.6	25.9	6.24	7.16	7.05	7.38	1477	1487
4		12:00 p.m.	26.4	26.9	6.09	6.99	7.1	7.58	1475	1486
5		01:00 p.m.	26.6	26.9	6.08	7	7.11	7.58	1480	1492
6		02:00 p.m.	26.3	26.2	6.77	7.28	7.39	7.5	1468	1475
7		03:00 p.m.	25.3	25	6.19	7.06	7.17	7.5	1482	1496
8		04:00 p.m.	25.1	25.4	6.05	7.27	7.07	7.22	1457	1461
9	20/05/2017	09:00 a.m.	24.1	24.4	6.04	7.02	7.39	7.75	1469	1477
10		10:00 a.m.	24.8	25.1	6.12	7.12	7.28	7.66	1477	1483
11		11:00 a.m.	25.1	25.6	6.29	7.1	7.15	7.51	1487	1490
12		12:00 p.m.	25.3	25.8	6.37	7.22	7.08	7.58	1472	1498
13		01:00 p.m.	25.8	26.3	6.18	7.14	7.19	7.39	1465	1478
14		02:00 p.m.	25.6	25.7	6.82	7.26	7.49	7.58	1479	1495
15		03:00 p.m.	25.3	25.5	6.2	7.05	7.27	7.42	1486	1490
16		04:00 p.m.	24.9	25.1	6.15	7.3	7.1	7.32	1465	1483
17	03/06/2017	09:00 a.m.	23.4	23.6	6.22	7.22	7.18	7.67	1460	1475
18		10:00 a.m.	23.5	23.9	6.42	7.16	7.32	7.65	1465	1479
19		11:00 a.m.	23.8	24.4	6.22	7.08	7.2	7.55	1473	1492
20		12:00 p.m.	24.5	25.2	6.27	7.28	7.06	7.45	1488	1495
21		01:00 p.m.	24.8	25.2	6.62	7.15	7.25	7.58	1465	1483
22		02:00 p.m.	24.6	25.3	6.46	7.17	7.42	7.46	1472	1484
23		03:00 p.m.	24.3	24.9	6.28	7.03	7.37	7.42	1482	1492
24		04:00 p.m.	23.9	24.3	6.38	7.24	7.12	7.42	1478	1488
25	17/06/2017	09:00 a.m.	20.3	20.7	6.48	7.24	7.24	7.52	1467	1477
26		10:00 a.m.	20.9	21.1	6.52	7.03	7.18	7.36	1461	1470
27		11:00 a.m.	21.1	20.9	6.62	7.4	7.1	7.52	1464	1473
28		12:00 p.m.	21.1	21.3	6.52	7.24	7.25	7.55	1470	1482
29		01:00 p.m.	21.2	21.4	6.45	7.18	7.08	7.44	1461	1472
30		02:00 p.m.	21.4	21.5	6.35	7.14	7.32	7.62	1471	1484
31		03:00 p.m.	21.6	21.8	6.41	7.2	7.22	7.45	1471	1480
32		04:00 p.m.	21.6	21.7	6.41	7.16	7.16	7.52	1476	1486

Fuente: *Elaboración Propia*

Anexo N° 7: Resultados de la determinación de dureza.

MUESTRA N°	FECHA	HORA	ENTRADA		Dureza (mg/L)	SALIDA		Dureza (mg/L)
			Vol. (ml)	Titul. (ml)		Vol. (ml)	Titul. (ml)	
1	06/05/2017	09:00 a.m.	25	17.2	688	100	1.6	16
2		10:00 a.m.	25	18.1	724	100	2	20
3		11:00 a.m.	25	17.4	696	100	1.9	19
4		12:00 p.m.	25	18.4	736	100	2.3	23
5		01:00 p.m.	25	18.3	732	100	2.1	21
6		02:00 p.m.	25	17.6	704	100	2.4	24
7		03:00 p.m.	25	17.6	704	100	1.9	19
8		04:00 p.m.	25	18.1	724	100	2.5	25
9	20/05/2017	09:00 a.m.	25	17.6	704	100	2	20
10		10:00 a.m.	25	17.9	716	100	1.7	17
11		11:00 a.m.	25	18.1	724	100	2.2	22
12		12:00 p.m.	25	17.6	704	100	1.8	18
13		01:00 p.m.	25	18.2	728	100	2	20
14		02:00 p.m.	25	17.7	708	100	2.2	22
15		03:00 p.m.	25	17.5	700	100	1.9	19
16		04:00 p.m.	25	17.9	716	100	2.1	21
17	03/06/2017	09:00 a.m.	25	17.3	692	100	1.8	18
18		10:00 a.m.	25	17.8	712	100	2.2	22
19		11:00 a.m.	25	18	720	100	1.9	19
20		12:00 p.m.	25	17.5	700	100	1.5	15
21		01:00 p.m.	25	18.3	732	100	1.9	19
22		02:00 p.m.	25	17.3	692	100	2.1	21
23		03:00 p.m.	25	17.7	708	100	1.8	18
24		04:00 p.m.	25	17.6	704	100	2	20
25	17/06/2017	09:00 a.m.	25	17.6	704	100	1.8	18
26		10:00 a.m.	25	18.2	728	100	2.1	21
27		11:00 a.m.	25	17.7	708	100	2.2	22
28		12:00 p.m.	25	17.9	716	100	2.5	25
29		01:00 p.m.	25	18	720	100	1.9	19
30		02:00 p.m.	25	17.4	696	100	1.8	18
31		03:00 p.m.	25	17.9	716	100	2.3	23
32		04:00 p.m.	25	17.7	708	100	1.9	19

Fuente: *Elaboración Propia*

Anexo N° 8: Resultados de la determinación de alcalinidad.

MUESTRA N°	FECHA	HORA	ENTRADA		Alcalinidad (mg/L)	SALIDA		Alcalinidad (mg/L)
			Vol. (ml)	Titul. (ml)		Vol. (ml)	Titul. (ml)	
1	06/05/2017	09:00 a.m.	50	10.2	204	50	10	200
2		10:00 a.m.	50	9.8	196	50	9.8	196
3		11:00 a.m.	50	9.8	196	50	10	200
4		12:00 p.m.	50	9.4	188	50	9.6	192
5		01:00 p.m.	50	10	200	50	9.8	196
6		02:00 p.m.	50	9.8	196	50	9.8	196
7		03:00 p.m.	50	10	200	50	9.8	196
8		04:00 p.m.	50	9.8	196	50	10	200
9	20/05/2017	09:00 a.m.	50	10	200	50	9.8	192
10		10:00 a.m.	50	9.6	192	50	9.6	196
11		11:00 a.m.	50	9.8	196	50	9.8	196
12		12:00 p.m.	50	10.2	204	50	10	204
13		01:00 p.m.	50	9.8	196	50	9.8	208
14		02:00 p.m.	50	10	200	50	10	204
15		03:00 p.m.	50	10.2	204	50	9.8	192
16		04:00 p.m.	50	9.8	196	50	9.8	204
17	03/06/2017	09:00 a.m.	50	9.8	196	50	9.6	196
18		10:00 a.m.	50	9.8	196	50	9.8	196
19		11:00 a.m.	50	9.6	192	50	9.8	184
20		12:00 p.m.	50	10.4	208	50	10.2	192
21		01:00 p.m.	50	10.6	212	50	10.4	184
22		02:00 p.m.	50	10.2	204	50	10.2	204
23		03:00 p.m.	50	10	200	50	9.6	192
24		04:00 p.m.	50	9.8	196	50	10.2	188
25	17/06/2017	09:00 a.m.	50	10.2	204	50	9.8	196
26		10:00 a.m.	50	9.6	192	50	9.8	195
27		11:00 a.m.	50	9.2	184	50	9.2	194
28		12:00 p.m.	50	8.8	176	50	9.6	197
29		01:00 p.m.	50	9.2	184	50	9.2	196
30		02:00 p.m.	50	8.6	172	50	10.2	201
31		03:00 p.m.	50	9.2	184	50	9.6	194
32		04:00 p.m.	50	9.4	188	50	9.4	197

Fuente: *Elaboración Propia*

Anexo N° 9: Características fisicoquímicas del agua antes del tratamiento.

FECHA: 06-05-17	RESULTADOS (Antes del tratamiento) - DIA 1							
PARÁMETROS	HORARIO							
	9 a.m.	10 a.m.	11 am.	12 p.m.	1 p.m.	2 p.m.	3 p.m.	4 p.m.
Temperatura (°C)	24,7	25,3	25,6	26,4	26,6	26,3	25,3	25,1
PH	5,89	6,02	6,24	6,09	6,08	6,77	6,19	6,05
Conductividad (µS /cm)	1475	1471	1477	1475	1480	1468	1482	1457
O.D. (mg/L)	7,42	7,09	7,05	7,1	7,11	7,39	7,17	7,07
Dureza Total (mg/L)	688	724	696	736	732	704	704	724
Dureza Cálcica (mg/L)	596	592	572	580	572	596	576	584
Dureza Magnésica (mg/L)	92	132	124	156	160	108	128	140
Alcalinidad (mg/L)	204	196	196	188	200	196	200	196

Fuente: *Elaboración Propia*

FECHA: 20-05-17	RESULTADOS (Antes del tratamiento) - DIA 2							
PARÁMETROS	HORARIO							
	9 a.m.	10 a.m.	11 am.	12 p.m.	1 p.m.	2 p.m.	3 p.m.	4 p.m.
Temperatura (°C)	24,1	24,8	25,1	25,3	25,8	25,6	25,3	24,9
PH	6,04	6,12	6,29	6,37	6,18	6,82	6,2	6,15
Conductividad (µS /cm)	1469	1477	1487	1472	1465	1479	1486	1465
O.D. (mg/L)	7,39	7,28	7,15	7,08	7,19	7,49	7,27	7,1
Dureza Total (mg/L)	704	716	724	704	728	708	700	716
Dureza Cálcica (mg/L)	592	596	584	572	576	592	580	584
Dureza Magnésica (mg/L)	112	120	140	132	152	116	120	132
Alcalinidad (mg/L)	200	192	196	204	196	200	204	196

Fuente: *Elaboración Propia*

FECHA: 03-06-17	RESULTADOS (Antes del tratamiento) - DIA 3							
PARÁMETROS	HORARIO							
	9 a.m.	10 a.m.	11 am.	12 p.m.	1 p.m.	2 p.m.	3 p.m.	4 p.m.
Temperatura (°C)	23,4	23,5	23,8	24,5	24,8	24,6	24,3	23,9
PH	6,22	6,42	6,22	6,27	6,62	6,46	6,28	6,38
Conductividad (µS /cm)	1460	1465	1473	1488	1465	1472	1482	1478
O.D. (mg/L)	7,18	7,32	7,2	7,06	7,25	7,42	7,37	7,12
Dureza Total (mg/L)	692	712	720	700	732	692	708	704
Dureza Cálcica (mg/L)	580	588	596	576	592	592	572	588
Dureza Magnésica (mg/L)	112	124	124	124	140	100	136	116
Alcalinidad (mg/L)	196	196	192	208	212	204	200	196

Fuente: *Elaboración Propia*

FECHA: 17-06-17	RESULTADOS (Antes del tratamiento) - DIA 4							
PARÁMETROS	HORARIO							
	9 a.m.	10 a.m.	11 am.	12 p.m.	1 p.m.	2 p.m.	3 p.m.	4 p.m.
Temperatura (°C)	20,3	20,9	21,1	21,1	21,2	21,4	21,6	21,6
PH	6,48	6,52	6,62	6,52	6,45	6,35	6,41	6,41
Conductividad (µS /cm)	1467	1461	1464	1470	1461	1471	1471	1476
O.D. (mg/L)	7,24	7,18	7,1	7,25	7,08	7,32	7,22	7,16
Dureza Total (mg/L)	704	728	708	716	720	696	716	708
Dureza Cálcica (mg/L)	548	564	556	552	556	548	560	552
Dureza Magnésica (mg/L)	156	164	152	164	164	148	156	156
Alcalinidad (mg/L)	204	192	184	176	184	172	184	188

Fuente: *Elaboración Propia*

Anexo N° 10: Características fisicoquímicas del agua después del tratamiento

FECHA: 06-05-17	RESULTADOS (Después del tratamiento) - DIA 1							
PARÁMETROS	HORARIO							
	9 a.m.	10 a.m.	11 am.	12 p.m.	1 p.m.	2 p.m.	3 p.m.	4 p.m.
Temperatura (°C)	25	26,4	25,9	26,9	26,9	26,2	25	25,4
PH	7,08	7,2	7,16	6,99	7	7,28	7,06	7,27
Conductividad (µS/cm)	1487	1477	1487	1486	1492	1475	1496	1461
O.D. (mg/L)	7,82	7,64	7,38	7,58	7,58	7,5	7,5	7,,22
Dureza Total (mg/L)	16	20	19	23	21	24	19	25
Alcalinidad (mg/L)	200	196	200	192	196	196	196	200
% Remoción de dureza	97,7	97,2	97,3	96,9	97,1	96,6	97,3	96,5

Fuente: *Elaboración Propia*

FECHA: 20-05-17	RESULTADOS (Después del tratamiento) - DIA 2							
PARÁMETROS	HORARIO							
	9 a.m.	10 a.m.	11 am.	12 p.m.	1 p.m.	2 p.m.	3 p.m.	4 p.m.
Temperatura (°C)	24,4	25,1	25,6	25,8	26,3	25,7	25,5	25,1
PH	7,02	7,12	7,1	7,22	7,14	7,26	7,05	7,3
Conductividad (µS/cm)	1477	1483	1490	1498	1478	1495	1490	1483
O.D. (mg/L)	7,75	7,66	7,51	7,58	7,39	7,58	7,42	7,32
Dureza Total (mg/L)	20	17	22	18	20	22	19	21
Alcalinidad (mg/L)	196	192	196	200	196	200	196	196
% Remoción de dureza	97,2	97,6	97,0	97,4	97,3	96,9	97,3	97,1

Fuente: *Elaboración Propia*

FECHA: 03-06-17		RESULTADOS (Después del tratamiento) - DIA 3						
PARÁMETROS	HORARIO							
	9 a.m.	10 a.m.	11. a.m.	12 p.m.	1 p.m.	2 p.m.	3 p.m.	4 p.m.
Temperatura (°C)	23,6	23,9	24,4	25,2	25,2	25,3	24,9	24,3
PH	7,22	7,16	7,08	7,28	7,15	7,17	7,03	7,24
Conductividad (µS /cm)	1475	1479	1492	1495	1483	1484	1492	1488
O.D. (mg/L)	7,67	7,65	7,55	7,45	7,58	7,46	7,42	7,42
Dureza Total (mg/L)	18	22	19	15	19	21	18	20
Alcalinidad (mg/L)	192	196	196	204	208	204	192	204
% Remoción de dureza	97,4	96,9	97,4	97,9	97,4	97,0	97,5	97,2

Fuente: *Elaboración Propia*

FECHA: 17-06-17		RESULTADOS (Después del tratamiento) - DIA 4						
PARÁMETROS	HORARIO							
	9 a.m.	10 a.m.	11 am.	12 p.m.	1 p.m.	2 p.m.	3 p.m.	4 p.m.
Temperatura (°C)	20,7	21,1	20,9	21,3	21,4	21,5	21,8	21,7
PH	7,24	7,03	7,4	7,24	7,18	7,14	7,2	7,16
Conductividad (µS /cm)	1477	1470	1473	1482	1472	1484	1480	1486
O.D. (mg/L)	7,52	7,36	7,52	7,55	7,44	7,62	7,45	7,52
Dureza Total (mg/L)	18	21	22	25	19	18	23	19
Alcalinidad (mg/L)	196	196	184	192	184	204	192	188
% Remoción de dureza	97,44	97,1	96,9	96,5	97,4	97,4	96,8	97,3

Fuente: *Elaboración Propia*



LENNTECH WATER TREATMENT AND Air purification

LENNTECH

info@lenntech.com

www.lenntech.com

Tel. +31-15-261.09.00

Fax. +31-15-261.62.89

PRODUCT DATA SHEET

AMBERLITE™ IR120 Na
Industrial Grade Strong Acid Cation Exchanger

AMBERLITE IR120 Na resin is a gel type strongly acidic cation exchange resin of the sulfonated polystyrene type. It is used for water softening (in Na⁺ form) as well as for water demineralisation (in H⁺ form) in co-flow regenerated units. AMBERLITE

IR120 Na resin is an excellent general purpose cation exchange resin that can be used for a wide variety of industrial water treatment applications including both softening and demineralisation.

PROPERTIES

Physical form _____	Amber spherical beads
Matrix _____	Styrene divinylbenzene copolymer
Functional group _____	Sulfonate
Ionic form as shipped _____	Na ⁺
Total exchange capacity ^[1] _____	≥ 2.00 eq/L (Na ⁺ form)
Moisture holding capacity ^[1] _____	45 to 50 % (Na ⁺ form)
Shipping weight _____	840 g/L
Particle size	
Uniformity coefficient ^[1] _____	≤ 1.9
Harmonic mean size ^[1] _____	0.600 to 0.800 mm
< 0.300 mm ^[1] _____	2 % max
Maximum reversible swelling _____	Na ⁺ → H ⁺ ≤ 11 %

^[1] Contractual values

Test methods available upon request.

SUGGESTED OPERATING CONDITIONS

Maximum operating temperature _____	135 °C
Minimum bed depth _____	700 mm
Service flow rate _____	5 to 40 BV*/h
Regeneration	
Regenerant _____	HCl H ₂ SO ₄ NaCl
Level (g/L) _____	50 to 150 60 to 240 80 to 250
Concentration (%) _____	5 to 8 0.7 to 6 10
Minimum contact time _____	30 minutes
Slow rinse _____	2 BV at regeneration flow rate
Fast rinse _____	2 to 4 BV at service flow rate

* 1 BV (Bed Volume) = 1 ml solution per ml resin.

PERFORMANCE

The operating capacity depends on several factors such as the water analysis and the level of regeneration. The data to calculate the operating capacity and the ionic leakage with co-flow regeneration are given in the Engineering Data Sheets: EDS 0262 A, EDS 0264 A and EDS 0265 A.

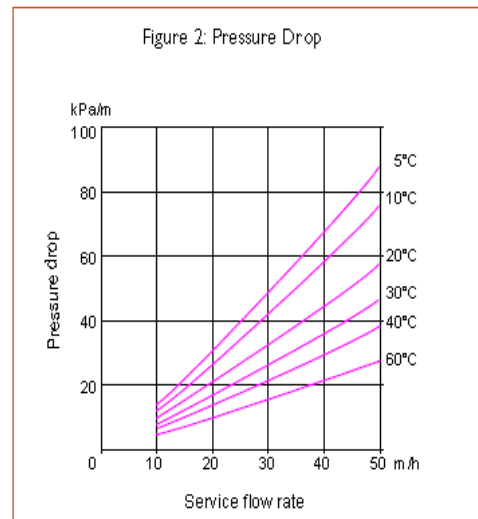
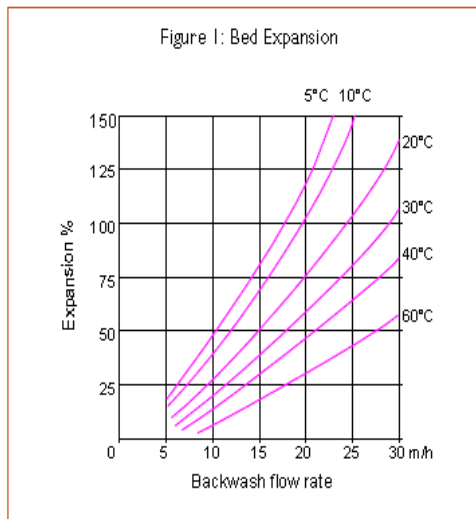
LIMITS OF USE

AMBERLITE IR120 Na resin is suitable for industrial uses. For other specific applications such as pharmaceutical, food processing or potable water applications, it is recommended that all potential users seek advice from Rohm and Haas in order to

determine the best resin choice and optimum operating conditions.

HYDRAULIC CHARACTERISTICS

Figure 1 shows the bed expansion of AMBERLITE IR120 Na resin, as a function of backwash flow rate and water temperature. Figure 2 shows the pressure drop data for AMBERLITE IR120 Na resin, as a function of service flow rate and water temperature. Pressure drop data are valid at the start of the service run with clear water and a correctly classified bed.



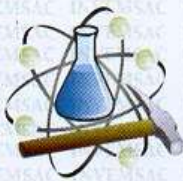
AMBERLITE is a trademark of Rohm and Haas Company and its affiliates, Philadelphia, U.S.A.

Ion exchange resins and polymeric adsorbents, as produced, contain by-products resulting from the manufacturing process. The user must determine the extent to which organic by-products must be removed for any particular use and establish techniques to assure that the appropriate level of purity is achieved for that use. The user must ensure compliance with all prudent safety standards and regulatory requirements governing the application. Except where specifically otherwise stated, Rohm and Haas Company does not recommend its ion exchange resins or polymeric adsorbents, as supplied, as being suitable or appropriately pure for any particular use. Consult your Rohm and Haas technical representative for further information. Acidic and basic regenerant solutions are corrosive and should be handled in a manner that will prevent eye and skin contact. Nitric acid and other strong oxidizing agents can cause explosive type reactions when mixed with Ion Exchange resins. Proper design of process equipment to prevent rapid buildup of pressure is necessary if use of an oxidizing agent such as nitric acid is contemplated. Before using strong oxidizing agents in contact with Ion Exchange Resins, consult sources knowledgeable in the handling of these materials.

Rohm and Haas Company makes no warranties either expressed or implied as to the accuracy or appropriateness of these data and expressly excludes any liability upon Rohm and Haas arising out of its use. We recommend that the prospective users determine for themselves the suitability of Rohm and Haas materials and suggestions for any use prior to their adoption. Suggestions for uses of our products of the inclusion of descriptive material from patents and the citation of specific patents in this publication should not be understood as recommending the use of our products in violation of any patent or as permission or license to use any patents of the Rohm and Haas Company and its affiliates. Material Safety Data Sheets outlining the hazards and handling methods for our products are available on request.

LENNTECH WATER TREATMENT AND AIR PURIFICATION

Anexo N° 12: Hoja de calibración del multiparámetro – HACH-30.



INVEMSAC

Salud Ocupacional y Ambiental

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CALIBRATION CERTIFICATE
INVM-AM0211-020517

Fecha de emisión: 02/05/2017
 Issue date

1.- SOLICITANTE : INVESTIGACIONES ECONOMICAS EN MINERIA, ENERGÍA E HIDROCARBUROS S.A.C.
 Applicant
 Dirección : CAL. LUIS ROMERO NRO. 1050 URB. ROMA, LIMA - LIMA – CERCADO DE LIMA
 Address


2.- INSTRUMENTO DE MEDICIÓN: CONDUCTIMETRO
 Measuring Instrument CONDUCTIMETER
 Marca : HACH Serie : 120300068814 Alcance: 0.01 µS/cm, 1 µS/cm, 0.01 mS/cm
 Brand Serial
 Modelo : HQ40d Procedencia : USA
 Model Made in

3.- FECHA Y LUGAR DE CALIBRACIÓN Calibrado el día 02/05/2017 en el Laboratorio de INVM S.A.C.
 Date and place of calibration Calibration day 02/05/2017 in the Laboratory INVM S.A.C.

4.- MÉTODO DE CALIBRACIÓN
 Calibration method
 Determinación del error de medición del conductímetro, por comparación entre el valor medido por el instrumento y el valor de referencia.

5.- INSTRUMENTOS / EQUIPOS DE MEDICIÓN Y TRAZABILIDAD
 Instruments / Measuring equipment and traceability

INSTRUMENTO / EQUIPO <i>Instrument / Equipment</i>	MARCA <i>Brand</i>	NÚMERO DE LOTE <i>Lot number</i>
Solución Estándar 250 ml.	HACH	A3284



6.- RESULTADOS
 Results
 Los resultados se muestran en la página 02 del presente documento
 The results are shown on page 02 of this document

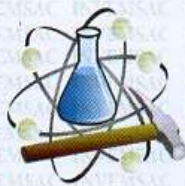
7.- CONDICIONES DE CALIBRACIÓN
 Calibrations conditions

		Temperatura Ambiente Environment temperature	Humedad Relativa Relative humidity	Presión Atmosférica Atmospheric pressure
INICIAL	<i>Initial</i>	27,2 °C	62,3 %	996 mbar
FINAL	<i>Final</i>	29,5 °C	62,1 %	996 mbar

8.- OBSERVACIONES
 Observations
 La periodicidad de la calibración está en función del uso, mantenimiento y conservación del instrumento de medición.
 The frequency of calibration depends on the use, care and maintenance of the measuring instruments.
 Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
 The results should not be used as a certification of conformity with product standards or how Quality System Certificate of Entity that produce it.

Pág. 1 de 2

Calle Luis Romero N° 1050 Urb. Roma. Cercado de Lima
 Central Telefónica: (01) 596 3994 Email: invemsac@invemsac.com.pe
www.invemsac.com.pe
 Lima - Peru



INVEMSAAC

Salud Ocupacional y Ambiental

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CALIBRATION CERTIFICATE
INVEM-AM0211-020517

Fecha de emisión: 02/05/2017
Issue date

9.- RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN
CALIBRATION RESULTS

VALOR DE REFERENCIA	VALOR MEDIDO DEL CONDUCTÍMETRO	ERROR DE MEDICIÓN	INCERTIDUMBRE
1413 $\mu\text{S/cm}$	1430 $\mu\text{S/cm}$	-17 $\mu\text{S/cm}$	0.2



Msc. JOSE LUIS QUEQUEJANA
RESPONSABLE DEL ÁREA DE METROLOGÍA
C.O.P. 579

FIN DEL DOCUMENTO
END OF DOCUMENT

Pág. 2 de 2

Calle Luis Romero N° 1050 Urb. Roma. Cercado de Lima
Central Telefónica: (01) 596 3994 Email: invemsac@invemsac.com.pe
www.invemsac.com.pe
Lima - Peru



INVEMSAAC

Salud Ocupacional y Ambiental

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CALIBRATION CERTIFICATE
INVEM-AM0212-020517

Fecha de emisión: 02/05/2017
 Issue date

1.- SOLICITANTE : INVESTIGACIONES ECONOMICAS EN MINERIA, ENERGÍA E HIDROCARBUROS S.A.C.
 Applicant
 Dirección : CAL. LUIS ROMERO NRO. 1050 URB. ROMA, LIMA - LIMA – CERCADO DE LIMA
 Address

2.- INSTRUMENTO DE MEDICIÓN: MEDIDOR DE PH
 Measuring Instrument PH METER
 Marca : HACH Serie : 120300068814 Alcance: 0.01 pH
 Brand Serial
 Modelo : HQ40d Procedencia : USA
 Model Made in

3.- FECHA Y LUGAR DE CALIBRACIÓN Calibrado el día 02/05/2017 en el Laboratorio de INVEM S.A.C.
 Date and place of calibration Calibration day 02/05/2017 in the Laboratory INVEM S.A.C.

4.- MÉTODO DE CALIBRACIÓN
 Calibration method
 Determinación del error de medición del medidor de pH, por comparación entre el valor medido por el instrumento y el valor de referencia.

5.- INSTRUMENTOS / EQUIPOS DE MEDICIÓN Y TRAZABILIDAD
 Instruments / Measuring equipment and traceability

INSTRUMENTO / EQUIPO Instrument / Equipment	MARCA Brand	NÚMERO DE LOTE Lot number
Solución Estándar 1 L.	J.T.BAKER	T05C00



6.- RESULTADOS
 Results
 Los resultados se muestran en la página 02 del presente documento
 The results are shown on page 02 of this document

7.- CONDICIONES DE CALIBRACIÓN
 Calibrations conditions

	Temperatura Ambiente Environment temperature	Humedad Relativa Relative humidity	Presión Atmosférica Atmospheric pressure
INICIAL Initial	29,5 °C	62,3 %	996 mbar
FINAL Final	29,5 °C	62,3 %	996 mbar

8.- OBSERVACIONES
 Observations

La periodicidad de la calibración está en función del uso, mantenimiento y conservación del instrumento de medición.
 The frequency of calibration depends on the use, care and maintenance of the measuring instruments.
 Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
 The results should not be used as a certification of conformity with product standards or how Quality System Certificate of Entity that produce it.

Pág. 1 de 2

Calle Luis Romero N° 1050 Urb. Roma, Cercado de Lima
 Central Telefónica: (01) 596 3994 Email: invemsac@invemsac.com.pe
 www.invemsac.com.pe
 Lima - Peru



INVEMSAC
Salud Ocupacional y Ambiental

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CALIBRATION CERTIFICATE
INVEM-AM0212-020517

Fecha de emisión: 02/05/2017
Issue date

9.- RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN
CALIBRATION RESULTS

VALOR DE REFERENCIA	VALOR MEDIDO DEL CONDUCTIMETRO	ERROR DE MEDICIÓN	INCERTIDUMBRE
7,00 pH	6,85 pH	0,15 pH	0,2



Msc. JOSE LUIS QUEQUEJANA
RESPONSABLE DEL ÁREA DE METROLOGÍA
C.Q.F. 579

FIN DEL DOCUMENTO
END OF DOCUMENT

Pág. 2 de 2

Calle Luis Romero N° 1050 Urb. Roma, Cercado de Lima
Central Telefónica: (01) 596 3994 Email: invemsac@invemsac.com.pe
www.invemsac.com.pe
Lima - Peru

Anexo N° 13: Informe de opinión de expertos de instrumentos de investigación

INFORME DE OPINIÓN DE EXPERTOS DE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres del informante: *Dr./Mg. Delgado Areñas, Antonio Leonardo*
 1.2. Cargo e institución donde labora: *Coordinador de Investigación de la EP-IA*
 1.3. Especialidad del experto: *Metodólogo*
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación:
 1.5. Título de la investigación: "CAPACIDAD DE LA RESINA AMBERLITE IR-120 PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA SUBTERRÁNEA EN LA URBANIZACIÓN SAN SEBASTIÁN – COMAS, 2017"
 1.6. Autor(A) de Instrumento: *Fer. Roxana Ramos Salcedo*

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	Deficiente	Regular	Bueno	Muy bueno	Excelente
		0-20%	21-40%	41-60%	61-80%	81-100%
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.					95%
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.					95%
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.					95%
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.					95%
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales					95%
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.					95%
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.					95%
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.					95%
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.					95%
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.					95%
PRÓMEDIO DE VALIDACIÓN						95%

PERTINENCIA DE LOS ITEMS O REACTIVOS DE LOS INSTRUMENTOS

Primera Variable: Capacidad de la resina Amberlite IR-120

INSTRUMENTO	SUFICIENTE	MEDIANAMENTE E SUFICIENTE	INSUFICIENTE	OBSERVACIONES
Diámetro (mm)	✓			
Densidad (gr/L)	✓			
Capacidad de intercambio total (eq/L)	✓			
Volumen de resina (L)	✓			
Diámetro del lecho (m)	✓			
Altura del lecho (m)	✓			
Caudal de ingreso (L/h)	✓			
Concentración del regenerante (%)	✓			
Flujo de regenerante (L/h)	✓			
Capacidad de operación (eq/L)	✓			

Segunda Variable: La calidad de agua subterránea

INSTRUMENTO	SUFICIENTE	MEDIANAMENTE SUFICIENTE	INSUFICIENTE	OBSERVACIONES
pH	✓			
Oxígeno Disuelto (mg/L)	✓			
Conductividad (Us/cm)	✓			
Dureza (ppm)	✓			
Alcalinidad (mg/L)	✓			
Porcentaje de remoción de dureza (%)	✓			

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

95%

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

95 %

Lugar y fecha: San Juan de Lurigancho, 28 de Abril del 2017.


 FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE
 DNI No 29621692 Telf: 999106180

INFORME DE OPINIÓN DE EXPERTOS DE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN
I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres del informante: Dr./Mg. Luis Felipe Gamarra Chauarry
 1.2. Cargo e institución donde labora: LICV / SENAMHI
 1.3. Especialidad del experto: INGENIERIA GEOGRAFICA
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación:
- 1.5. Título de la investigación: "CAPACIDAD DE LA RESINA AMBERLITE IR-120 PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA SUBTERRÁNEA EN LA URBANIZACIÓN SAN SEBASTIÁN - COMAS, 2017"
 1.6. Autor(A) de Instrumento: Ramos Silcedo Flor Roxana

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	Deficiente	Regular	Bueno	Muy bueno	Excelente
		0-20%	21-40%	41-60%	61-80%	81-100%
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.				✓	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.				✓	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.				✓	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.				✓	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales				✓	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.				✓	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.				✓	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.				✓	
9. METODOLOGIA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.				✓	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.				✓	
PROMEDIO DE VALIDACIÓN					80%	

PERTINENCIA DE LOS ITEMS O REACTIVOS DE LOS INSTRUMENTOS

Primera Variable: Capacidad de la resina Amberlite IR-120

INSTRUMENTO	SUFICIENTE	MEDIANAMENTE E SUFICIENTE	INSUFICIENTE	OBSERVACIONES
Diámetro (mm)	✓			
Densidad (gr/L)	✓			
Capacidad de intercambio total (eq/L)	✓			
Volumen de resina (L)	✓			
Diámetro del lecho (m)	✓			
Altura del lecho (m)	✓			
Caudal de Ingreso (L/h)	✓			
Concentración del regenerante (%)	✓			
Flujo de regenerante (L/h)	✓			
Capacidad de operación (eq/L)	✓			

Segunda Variable: La calidad de agua subterránea

INSTRUMENTO	SUFICIENTE	MEDIANAMENTE SUFICIENTE	INSUFICIENTE	OBSERVACIONES
pH	✓			
Oxígeno Disuelto (mg/L)	✓			
Conductividad (Us/cm)	✓			
Dureza (ppm)	✓			
Alcalinidad (mg/L)	✓			
Porcentaje de remoción de dureza (%)	✓			

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

x

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

80 %

Lugar y fecha: San Juan de Lurigancho, 28 de Abril del 2017.


 FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE
 DNI No. 10228440 Telf:.....

INFORME DE OPINIÓN DE EXPERTOS DE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN
I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres del informante: Dr./Mg. Jubileo Rojas L.
 1.2. Cargo e institución donde labora: Doc. Inv.
 1.3. Especialidad del experto: Doc. Inv.
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: _____
 1.5. Título de la investigación: "CAPACIDAD DE LA RESINA AMBERLITE IR-120 PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA SUBTERRÁNEA EN LA URBANIZACIÓN SAN SEBASTIÁN - COMAS, 2017"
 1.6. Autor(A) de instrumento: Ramiro Salcedo Flor Roxana

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	Deficiente	Regular	Bueno	Muy bueno	Excelente
		0-20%	21-40%	41-60%	61-80%	81-100%
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.				80%	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.				80%	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.				80%	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.				80%	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales				80%	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.				80%	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.				80%	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.				80%	
9. METODOLOGIA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.				80%	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.				80%	
PROMEDIO DE VALIDACIÓN					80%	

PERTINENCIA DE LOS ITEMS O REACTIVOS DE LOS INSTRUMENTOS

Primera Variable: Capacidad de la resina Amberlite IR-120

INSTRUMENTO	SUFICIENTE	MEDIANAMENTE E SUFICIENTE	INSUFICIENTE	OBSERVACIONES
Diámetro (mm)	✓			
Densidad (gr/L)	✓			
Capacidad de intercambio total (eq/L)	✓			
Volumen de resina (L)	✓			
Diámetro del lecho (m)	✓			
Altura del lecho (m)	✓			
Caudal de Ingreso (L/h)	✓			
Concentración del regenerante (%)	✓			
Flujo de regenerante (L/h)	✓			
Capacidad de operación (eq/L)	✓			

Segunda Variable: La calidad de agua subterránea

INSTRUMENTO	SUFICIENTE	MEDIANAMENTE SUFICIENTE	INSUFICIENTE	OBSERVACIONES
pH	✓			
Oxígeno Disuelto (mg/L)	✓			
Conductividad (Us/cm)	✓			
Dureza (ppm)	✓			
Alcalinidad (mg/L)	✓			
Porcentaje de remoción de dureza (%)	✓			

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

X

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

80 %

Lugar y fecha: San Juan de Larigancho, 27 de Abril del 2017.


 FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE
 DNI No. 87704062... Telf.: 934162565

INFORME DE OPINIÓN DE EXPERTOS DE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN
I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres del informante: Dr./Mg. Zevallos León Máximo
- 1.2. Cargo e institución donde labora: DTC
- 1.3. Especialidad del experto: ING. QUIMICO
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación:
- 1.5. Título de la investigación: "CAPACIDAD DE LA RESINA AMBERLITE IR-120 PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA SUBTERRÁNEA EN LA URBANIZACIÓN SAN SEBASTIÁN - COMAS, 2017"
- 1.6. Autor(A) de Instrumento: Ramos Salcedo Flor Roxana

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	Deficiente	Regular	Bueno	Muy bueno	Excelente
		0-20%	21-40%	41-60%	61-80%	81-100%
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.				80%	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.				80%	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.				80%	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.				80%	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales				80%	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.				80%	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.				80%	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.				80%	
9. METODOLOGIA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.				80%	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.				80%	
PROMEDIO DE VALIDACIÓN					80%	

PERTINENCIA DE LOS ITEMS O REACTIVOS DE LOS INSTRUMENTOS

Primera Variable: Capacidad de la resina Amberlite IR-120

INSTRUMENTO	SUFICIENTE	MEDIANAMENTE E SUFICIENTE	INSUFICIENTE	OBSERVACIONES
Diámetro (mm)	✓			
Densidad (gr/L)	✓			
Capacidad de intercambio total (eq/L)	✓			
Volumen de resina (L)	✓			
Diámetro del lecho (m)	✓			
Altura del lecho (m)	✓			
Caudal de ingreso (L/h)	✓			
Concentración del regenerante (%)	✓			
Flujo de regenerante (L/h)	✓			
Capacidad de operación (eq/L)	✓			

Segunda Variable: La calidad de agua subterránea

INSTRUMENTO	SUFICIENTE	MEDIANAMENTE SUFICIENTE	INSUFICIENTE	OBSERVACIONES
pH	✓			
Oxígeno Disuelto (mg/L)	✓			
Conductividad (Us/cm)	✓			
Dureza (ppm)	✓			
Alcalinidad (mg/L)	✓			
Porcentaje de remoción de dureza (%)	✓			

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

X

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

80 %

Lugar y fecha: San Juan de Lurigancho, 28 de Abril del 2017.


 FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE
 DNI No. 08431731 Telf.: 996350867

INFORME DE OPINIÓN DE EXPERTOS DE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN
I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres del informante: Dr. Mg. Braulio Américo Valdivia Orihuela
- 1.2. Cargo e institución donde labora: DIG-UCV-Lima Este (SPL)
- 1.3. Especialidad del experto: Especialista en CC Ambientales
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación:
- 1.5. Título de la investigación: "CAPACIDAD DE LA RESINA AMBERLITE IR-120 PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA SUBTERRÁNEA EN LA URBANIZACIÓN SAN SEBASTIÁN – COMAS, 2017"
- 1.6. Autor(A) de Instrumento: Fior Roxana Ramos Salcedo

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	Deficiente	Regular	Bueno	Muy bueno	Excelente
		0-20%	21-40%	41-60%	61-80%	81-100%
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.					85%
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.					85%
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.					85%
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.					85%
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales					85%
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.					85%
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.					85%
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.					85%
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.					85%
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.					85%
PROMEDIO DE VALIDACIÓN						85%

PERTINENCIA DE LOS ITEMS O REACTIVOS DE LOS INSTRUMENTOS

Primera Variable: Capacidad de la resina Amberlite IR-120

INSTRUMENTO	SUFICIENTE	MEDIANAMENTE E SUFICIENTE	INSUFICIENTE	OBSERVACIONES
Diámetro (mm)	✓			
Densidad (gr/L)	✓			
Capacidad de intercambio total (eq/L)	✓			
Volumen de resina (L)	✓			
Diámetro del lecho (m)	✓			
Altura del lecho (m)	✓			
Caudal de Ingreso (L/h)	✓			
Concentración del regenerante (%)	✓			
Flujo de regenerante (L/h)	✓			
Capacidad de operación (eq/L)	✓			

Segunda Variable: La calidad de agua subterránea

INSTRUMENTO	SUFICIENTE	MEDIANAMENTE SUFICIENTE	INSUFICIENTE	OBSERVACIONES
pH	✓			
Oxígeno Disuelto (mg/L)	✓			
Conductividad (Us/cm)	✓			
Dureza (ppm)	✓			
Alcalinidad (mg/L)	✓			
Porcentaje de remoción de dureza (%)	✓			

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

X

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

85 %

Lugar y fecha: San Juan de Lurigancho, 28 de Abril del 2017.


 FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE
 DNI No. 10472093 Telf.: 996140858

Anexo N° 14: Fotografías.

Diseño y construcción del sistema de ablandamiento.

Materiales para la construcción del sistema de ablandamiento.



Accesorios



Válvulas



Bomba de agua



Tubo de acrílico



Baldes de plástico



Resina Amberlite IR-120



Tanque de agua (250L)



Regadera

Construcción del sistema de ablandamiento



Instalación del tanque de almacenamiento (1100L).



Unión de accesorios



Pre-instalación de accesorios



Presentación del armado



Instalación de los baldes



Colocación de rejilla



Unión del acrílico y la reducción



Instalación del acrílico



Instalación de manguera



Unión de bomba y accesorios



Sistema de ablandamiento

Determinación de los parámetros fisicoquímicos del agua subterránea.

Reactivos e instrumentos de laboratorio.



Titulantes e indicadores e instrumentos de laboratorio



Multiparámetro HACH-30B



Sala de laboratorio

Toma de muestra

Materiales empleados para la recolección de muestras (frasco de plástico de 1L, guantes, etiqueta, agua destilada y mascarillas).



Toma de muestra del agua antes de ingresar al sistema de ablandamiento.



Toma de muestra del agua a la salida del sistema de ablandamiento.



Medición de los parámetros in-situ



Medición de los parámetros in-situ (pH, temperatura, conductividad, oxígeno disuelto) con el multiparámetro HACH-30B.

Determinación de dureza total

Muestras de agua para determinar dureza.



Agregar 50 ml de la muestra a una probeta y luego agregar a un matraz de erlenmeyer.



Agregar a la muestra 3ml de solución buffer pH: 10.



Agregar a la muestra, unas gotas de indicador negro de eriocromo.



Agregar a la bureta 25 ml de ácido EDTA – 0.01M.

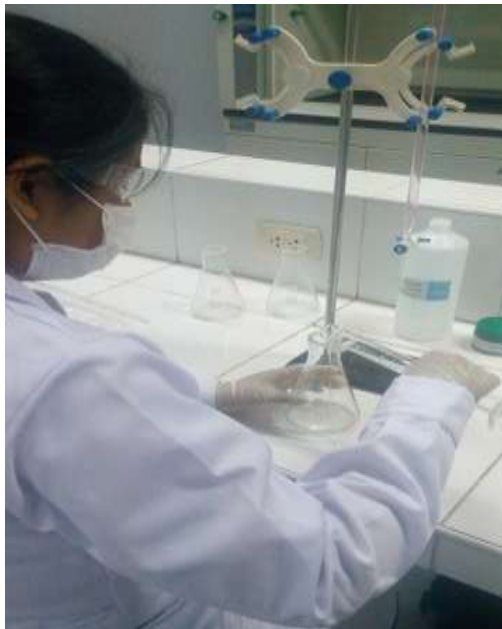


Titular la muestra, con el ácido EDTA, hasta un cambio de coloración.



Determinación de dureza Cálctica

Agregar 50ml de la muestra a una probeta.



Agregar 3 ml de solución de hidróxido de sodio 1N.



Agregar a la muestra una pizca de indicador murexida.



Agregar a la bureta 25 ml de ácido EDTA (0.01M)



Titula la muestra con el ácido EDTA, hasta un cambio de coloración.



Determinación de Alcalinidad

Agregar 50 ml de la muestra a un matraz.



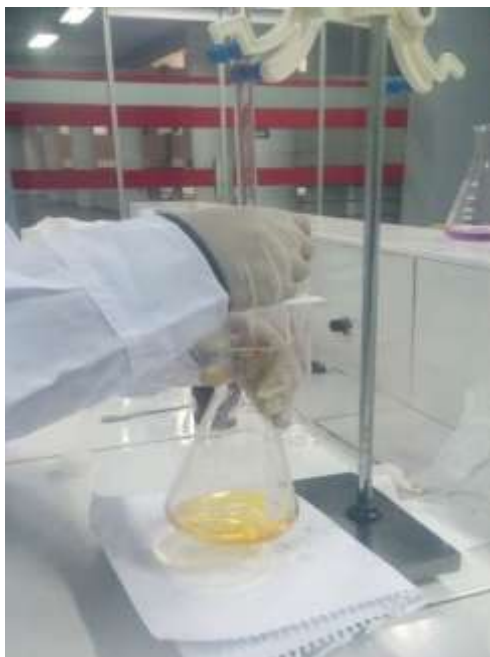
Agregar 5 gotas de Indicador de anaranjado de metilo.



Agregar a la bureta 25 ml de ácido sulfúrico a 0.02N.



Titular la muestra con el ácido sulfúrico 0.02N, hasta un cambio de coloración.



Determinación de la turbiedad

Se utilizó el turbidímetro para hallar la turbiedad de la muestra del agua captada del punto de abastecimiento de la urbanización San Sebastián - Comas.



Anexo N° 15: Caracterización fisicoquímica del agua subterránea.

HOJA DE LABORATORIO

Caracterización fisicoquímica del agua subterránea de la urbanización San Sebastián – Comas en el laboratorio de la Universidad César Vallejo – Lima Este

TITULO: Capacidad de la resina Amberlite IR-120 para mejorar la calidad de agua subterránea en la Urbanización San Sebastián – Comas, 2017.

Escuela: Ingeniería Ambiental

Autora: Flor Roxana Ramos Salcedo


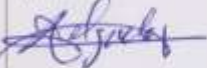
Toma de Muestra

Fecha: 05/05/2017

Hora: 5:00 pm

Lugar: Urb. San Sebastián –Comas.

DESCRIPCIÓN			Metodología
Parámetros	Unidad	Resultados de la caracterización	
Temperatura	°C	25.3	EPA 170,1
PH		6.08	Electrométrico (EPA 150,1)
Conductividad	µS/cm	1477	EPA 120,1
Turbiedad	UNT	0.26	Nefelométrico
Oxígeno Disuelto	mg/L	7.09	Electrométrico
Alcalinidad	mg/L	204	Volumétrico (EPA 2320B)
Dureza Total	mg/L	724	Volumétrico EDTA (EPA 130.2)
Dureza Cálcica	mg/L	582	Volumétrico EDTA (EPA 215.2)

Valido por:	
Nombre y Apellidos: Daniel Neicosup Gonzales	Nombre y Apellidos: Antonio Leonardo Delgado Hervas
Firma: 	Firma: 

Anexo N° 16: Mapa de ubicación de la zona de estudio

