



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA
AMBIENTAL

“Evaluación de la eficiencia del óxido de calcio procedente de la calcinación de la cáscara de huevo con aserrín de Bolaina (*Guazuma crinita* Martius), para el ablandamiento de las aguas de pozo, Lima 2018”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL

AUTOR

Miguel Angel Sevillano Portilla

ASESOR

Dr. Alejandro Alcántara Boza

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Gestión de riesgo y adaptación al cambio climático

Lima – Perú

2018 – II

El Jurado encargado de evaluar la tesis presentado por don (a) SEVILLANO PORTILLA, Miguel Angel cuyo título es:

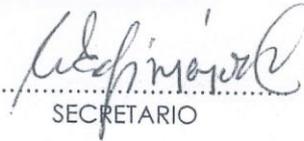
EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DEL ÓXIDO DE COBALTO DERIVADO DE LA CALCINACIÓN DE LA CÁSCARA DE HUEVO CON ASERIN DE BOLAINA (GUAZUMA CRINITA MARTIUS) PARA EL ABLANDAMIENTO DE LAS AGUAS DE POZO (LIMA 2017)

Reunido en la fecha, escuchó la sustentación y la resolución de preguntas por el estudiante, otorgándole el calificativo de: 12.....(número) DOCE.....(letras).

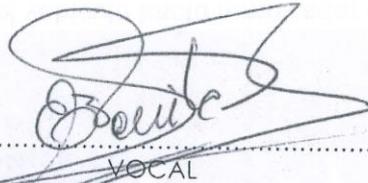
Los Olivos...19... de enero del 2018.



.....
PRESIDENTE



.....
SECRETARIO

.....
VOCAL

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

Dedicatoria

Dedico esta tesis a mis padres Eusebio y Doris; abuelos Alfredo, María, Juanita y Abad; hermanos Javier y Jacky; quienes pusieron todo su empeño para poder apoyarme y así conseguir este logro importante en mi vida. Gracias por que sin ustedes hubiese sido complicado conseguir esta meta. A los compañeros y amigos que estuvieron ayudándome de forma desinteresada en las etapas complicadas propias de mis estudios.

Agradecimientos

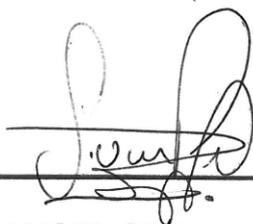
Agradezco el apoyo de mis maestros de la Universidad Cesar Vallejo quienes estuvieron en la materialización de este proyecto en especial a la Mg Mónica Retuerto Figueroa, a la Mg Verónica Tello Mendivil. Así mismo a mi asesor de tesis Dr Alejandro Alcántara Boza, al Dr Elmer Benites Alfaro y demás asesores quienes están apoyando constantemente las investigaciones con la finalidad de formar buenos profesionales. Gracias a todos por compartir sus conocimientos.

Declaratoria de Autenticidad

Yo, Miguel Angel Sevillano Portilla estudiante de Ingeniería Ambiental de la universidad Cesar Vallejo identificado con DNI N° 43474037, siguiendo las disposiciones que se consideran en el reglamento de Grados y Títulos, declaro bajo juramento que el documento que paso a presentarles es de mi autoría y veraz. Del mismo modo los datos e información que presento son reales y auténticos

Por tal sentido me hago cargo de toda responsabilidad que representa cualquier falsedad u ocultamiento de la documentación así como de los datos e información que presento, de tal forma que me someto a las disposiciones y normas de la Universidad Cesar Vallejo.

Lima, Diciembre del 2017



MIGUEL ANGEL SEVILLANO PORTILLA

DNI: 43474037

Presentación

Estimados miembros del jurado:

Tengo el honor y el agrado de presentarles el trabajo de investigación desarrollado con motivo de obtener el Título Profesional de Ingeniero Ambiental de la Universidad Cesar Vallejo en cumplimiento del reglamento de Grados y Títulos, el cual lleva de nombre: “Evaluación de la eficiencia del óxido de calcio procedente de la calcinación de la cáscara de huevo con aserrín de Bolaina (Guazuma crinita Martius), para el ablandamiento de las aguas de pozo, Lima 2018”, la cual tiene por finalidad colaborar con dar una solución al problema de las aguas duras que usan los ciudadanos de algunos distritos de Lima.

Esperando cumplir con los requisitos de aprobación.

El Autor.

Índice

Dedicatoria	III
Agradecimientos.....	IV
Presentación	VI
Resumen.....	XI
Abstract.....	XII
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 REALIDAD PROBLEMÁTICA	1
1.2 TRABAJOS PREVIOS	3
1.3 TEORÍAS RELACIONADAS AL TEMA	6
1.4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	25
1.5 JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO	26
1.6 HIPÓTESIS	27
1.7 OBJETIVOS.....	29
II. MÉTODO.....	31
2.1 Diseño de investigación	31
2.2 Operacionalización de variables	35
2.3 Población y muestra.....	36
2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad..	37
2.5 Métodos de análisis de datos.....	38
2.6 Aspectos éticos	39
III. RESULTADOS	40
3.1 Tratamiento con óxido de calcio proveniente de cáscara de huevo de granulometría (G1).....	40
3.2 Tratamiento con óxido de calcio proveniente de cáscara de huevo de granulometría (G2).....	43
3.3 Comparación de tratamientos	46
3.4 Prueba T - Student para muestras relaciones (Prueba de hipótesis).....	47
3.5 Gráficos Q-Q Normal	55
IV. DISCUSIÓN	57
V. CONCLUSIONES	59
VI. RECOMENDACIONES	60
VII. REFERENCIAS	61
ANEXOS	64
□ Instrumentos.....	64
□ Matriz de consistencia.....	70
□ Fotos de las etapas del tratamiento.....	72

Índice de Tablas

TABLA N° 01. PORCENTAJES DE AGUA EN LA TIERRA Y PERIODO DE RENOVACIÓN	6
TABLA N° 02. TIPOS DE POZOS DE AGUA.....	9
TABLA N° 03. RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE LA MUESTRA DE AGUA DE POZO ANTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	10
TABLA N° 04. COMPOSICIÓN QUÍMICA DE UN HUEVO	11
TABLA N° 05. DIMENSIONES DE UN HUEVO.....	12
TABLA N° 06. COMPOSICIÓN DE LA CÁSCARA DE HUEVO.....	14
TABLA N° 07. CATIONES Y ANIONES PRESENTES EN AGUAS DURAS	19
TABLA N° 08. CLASIFICACIÓN DE LA DUREZA	20
TABLA N° 09: COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL CARBÓN ACTIVADO	25
TABLA N° 10. GRANULOMETRÍA DEL ÓXIDO DE CALCIO	31
TABLA N° 11. DISEÑO DE ABLANDAMIENTO DE AGUA DE POZO	34
TABLA N° 12. MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	36
TABLA N° 13. COORDENADAS UTM DEL PUNTO DE MUESTREO.....	37
TABLA N° 14. OBTENCIÓN DE ÓXIDO DE CALCIO Y CARBÓN ACTIVADO.....	40
TABLA N° 15. DUREZA ANTES Y DESPUÉS COMPARADA CON EL ECA.....	40
TABLA N° 16. PH ANTES Y DESPUÉS COMPARADA CON EL ECA	41
TABLA N° 17. CONDUCTIVIDAD ANTES Y DESPUÉS COMPARADA CON EL ECA.....	42
TABLA N° 18. OBTENCIÓN DE ÓXIDO DE CALCIO Y CARBÓN ACTIVADO.....	43
TABLA N° 19. DUREZA ANTES Y DESPUÉS COMPARADA CON EL ECA.....	44
TABLA N° 20. PH ANTES Y DESPUÉS COMPARADA CON EL ECA	45
TABLA N° 21. CONDUCTIVIDAD ANTES Y DESPUÉS COMPARADA CON EL ECA.....	46
TABLA N° 22. DUREZA ANTES Y DESPUÉS POR TIPO DE TRATAMIENTO	47
TABLA N° 23 ESTADÍSTICAS DE MUESTRAS EMPAREJADAS	48
TABLA N° 24. CORRELACIONES DE MUESTRAS EMPAREJADAS.....	48
TABLA N° 25. PRUEBA DE MUESTRAS EMPAREJADAS	48
TABLA N° 26. ESTADÍSTICAS DE MUESTRAS EMPAREJADAS	49
TABLA N° 27. CORRELACIONES DE MUESTRAS EMPAREJADAS	49
TABLA N° 28. PRUEBA DE MUESTRAS EMPAREJADAS	49
TABLA N° 29. ESTADÍSTICAS DE MUESTRAS EMPAREJADAS	50

TABLA N° 30. CORRELACIONES DE MUESTRAS EMPAREJADAS	50
TABLA N° 31. PRUEBA DE MUESTRAS EMPAREJADAS	51
TABLA N° 32. ESTADÍSTICAS DE MUESTRAS EMPAREJADAS	51
TABLA N° 33. CORRELACIONES DE MUESTRAS EMPAREJADAS.....	52
TABLA N° 34. PRUEBA DE MUESTRAS EMPAREJADAS	52
TABLA N° 35. ESTADÍSTICAS DE MUESTRAS EMPAREJADAS	53
TABLA N° 36. CORRELACIONES DE MUESTRAS EMPAREJADAS	53
TABLA N° 37. PRUEBA DE MUESTRAS EMPAREJADAS	53
TABLA N° 38. ESTADÍSTICAS DE MUESTRAS EMPAREJADAS	54
TABLA N° 39. CORRELACIONES DE MUESTRAS EMPAREJADAS	54
TABLA N° 40. PRUEBA DE MUESTRAS EMPAREJADAS	54

Índice de Figuras

FIGURA N° 01. POZO DE AGUA SUBTERRÁNEA A TAJO ABIERTO EN EL PROGRAMA DE VIV. MARÍA REYNA - CARABAYLLO	9
FIGURA N° 02. HUEVO DE GALLINA	11
FIGURA N° 3. COMPOSICIÓN DE UN HUEVO	12
FIGURA N° 4. CÁSCARAS DE HUEVO DE GALLINA.....	15
FIGURA N° 05. BOSQUE DE BOLAINA BLANCA EN UCAYALI	17
FIGURA N° 6. DIAGRAMA DE LA CADENA DE VALOR DE LA BOLAINA EN PUCALLPA - PERÚ	18
FIGURA N° 7. DEPÓSITO DE ASERRÍN DE BOLAINA BLANCA. CARABAYLLO, LIMA.....	18
FIGURA N° 08. CARBÓN ACTIVADO EN POLVO	24
FIGURA N° 09. CARBÓN ACTIVADO GRANULAR	24
FIGURA N° 10. PROCESO DE OBTENCIÓN DE ÓXIDO DE CALCIO A PARTIR DE CÁSCARA DE HUEVO	32
FIGURA N° 10. PUNTO DE TOMA DE MUESTRA	37
FIGURA N° 11. DUREZA ANTES Y DESPUÉS COMPARADA CON EL ECA.....	41
FIGURA N° 12. PH ANTES Y DESPUÉS COMPARADA CON EL ECA.....	42
FIGURA N° 13. CONDUCTIVIDAD ANTES Y DESPUÉS COMPARADA CON EL ECA	43
FIGURA N° 14. DUREZA ANTES Y DESPUÉS COMPARADA CON EL ECA.....	44
FIGURA N° 15. PH ANTES Y DESPUÉS COMPARADA CON EL ECA.....	45

FIGURA N° 16. CONDUCTIVIDAD ANTES Y DESPUÉS COMPARADA CON EL ECA	46
FIGURA N° 17. DUREZA ANTES Y DESPUÉS COMPARADA CON EL ECA.....	47
FIGURA N° 18. DUREZA DESPUÉS DE TRATAMIENTO CON ÓXIDO DE CALCIO G1	55
FIGURA N° 19. CONDUCTIVIDAD DESPUÉS DE TRATAMIENTO CON ÓXIDO DE CALCIO G1	55
FIGURA N° 20. PH DESPUÉS DE TRATAMIENTO CON ÓXIDO DE CALCIO G1	56
FIGURA N° 21. DUREZA DESPUÉS DE TRATAMIENTO CON ÓXIDO DE CALCIO G2	56
FIGURA N° 22. PH DESPUÉS DE TRATAMIENTO CON ÓXIDO DE CALCIO G2.....	56
FIGURA N° 23. CONDUCTIVIDAD DESPUÉS DE TRATAMIENTO CON ÓXIDO DE CALCIO G2	56
FIGURA N° 25. SECADO DE CÁSCARAS	72
FIGURA N° 24. CÁSCARAS DE HUEVOS LAVADAS.....	72
FIGURA N° 27. TAMIZ DE 180 MICRAS (G1).....	72
FIGURA N° 26. CÁSCARAS DE HUEVOS EN MORTERO	72
FIGURA N° 29. TAMIZADO DEL ASERRÍN DE BOLAINA	72
FIGURA N° 28. TAMIZ DE 850 MICRAS (G2).....	72
FIGURA N° 30. CRISOL DERECHA: CÁSCARA DE HUEVO CON G20. CRISOL IZQUIERDA: ASERRÍN DE BOLAINA.....	72
FIGURA N° 31. CRISOL DERECHA: CÁSCARA DE HUEVO CON G1. CRISOL IZQUIERDA: ASERRÍN DE BOLAINA.....	73
FIGURA N° 32. MUFLA CON MUESTRAS A CALCINAR.....	73
FIGURA N° 33. MUESTRA CALCINADA. IZQUIERDA CAL G1 Y DERECHA CARBÓN ACTIVADO	73
FIGURA N° 34. MUESTRA DE AGUA DE POZO	73
FIGURA N° 35. MUESTRA CALCINADA. IZQUIERDA CAL G2 Y DERECHA CARBÓN ACTIVADO	73
FIGURA N° 37. TRATAMIENTO: PROCESOS CON CARBÓN ACTIVADO	73
FIGURA N° 36. TRATAMIENTO: PROCESOS CON CAL.....	73
FIGURA N° 38. ANÁLISIS DE DUREZA. MÉTODO EDTA	73
FIGURA N° 39. REACTIVOS PARA EL ANÁLISIS DE DUREZA	73
FIGURA N° 41. ANÁLISIS DE DUREZA	73
FIGURA N° 40. VIRAJE DE COLOR. ANÁLISIS DE DUREZA.....	73

Resumen

La cáscara de huevo (94% en CaCO_3) es un desecho que abunda en nuestras ciudades, esto genera grandes cantidades de residuos sólidos que van a parar en los rellenos sanitarios o en el peor de los casos a los botaderos colaborando así con la contaminación de nuestros espacios públicos. En el presente estudio se pudo obtener óxido de calcio (CaO) y carbón activado al calcinarse, en una mufla, cáscaras de huevo con aserrín de Bolaina a una temperatura de 700 °C. El CaO y el carbón obtenido se utilizaron para ablandar aguas de pozo (agua subterránea) obteniendo una eficiencia de más del 80%. Este hecho lleva a pensar que este tratamiento se puede considerar como una alternativa de solución al problema de las aguas duras y al mismo tiempo reducir las 184 cáscaras de huevo per cápita al año que se generan en el Perú. Se concluye que las cáscaras de huevo calcinadas con aserrín de Bolaina reducen la dureza de las aguas de pozo de manera significativa de una forma sostenible.

Palabras clave: Cáscara de huevo, aserrín de Bolaina, aguas duras, ablandamiento, agua de pozo

Abstract

The eggshell (94% in CaCO_3) is a waste that is abundant in our cities, this generates large amounts of solid waste that go to landfills or in the worst case to the dumps, thus contributing to the pollution of our public spaces. In the present study it was possible to obtain calcium oxide (CaO) and activated charcoal when calcined, in a muffle, eggshells with Bolaina sawdust at a temperature of 700 ° C. The CaO and the activated charcoal obtained were used to soften well water (groundwater) obtaining an efficiency of more than 80%. This fact leads one to think that this treatment can be considered as an alternative solution to the problem of hard water and at the same time reduce the 184 egg shells per capita per year that are generated in Peru. It is concluded that the eggshells calcined with Bolaina sawdust reduce the hardness of the well water in a meaningful way in a sustainable way.

Keywords: *Eggshell, Bolaina sawdust, hard water, softening, well water*

I. INTRODUCCIÓN

Lima es una de las pocas ciudades que está asentada en un desierto, cuenta con más de 12 millones de habitantes y a pesar de ello su población cuenta con agua potable casi en su totalidad, sin embargo el agua que se consume en muchos casos no es tratada de manera idónea y uno de esos problemas que se presentan tiene que ver con la dureza de estas aguas.

Es conocido que SEDAPAL compra el agua que tratan empresas privadas que le brindan sus servicios, pero para abaratar los costos de tratamiento estas organizaciones utilizan aguas de pozo. Está demostrado por estudios anteriores que estas aguas son saludables casi siempre para el consumo humano, sin embargo también es conocido los elevados valores de dureza con los que comúnmente se encuentran.

La dureza es un parámetro que nos permite saber la cantidad de minerales (generalmente calcio y magnesio) presentes en el agua en forma de bicarbonatos. Estos bicarbonatos dañan las tuberías de las redes de alcantarillado formando sarros e incrustaciones que dejarían sin servicio de agua potable por horas o días a familias; además las aguas duras hacen difícil el lavado de manos, ropa, etc.

En el estudio que les muestro a continuación se busca reducir los elevados valores de dureza en las aguas de pozo aplicando un tratamiento novedoso a través del uso de cáscaras de huevo para obtener óxido de calcio a temperaturas menores a las que comúnmente se conocen calcinándola con aserrín de madera Bolaina, que es muy usada para la construcción de casas prefabricadas. A partir de esta mezcla obtendré cal para aplicarla a las aguas de pozo y evaluar su eficiencia variándole su granulometría.

1.1 REALIDAD PROBLEMÁTICA

El agua es un recurso indispensable para la vida de los seres vivos y a nivel nacional de vital importancia por el crecimiento poblacional. Es por esta última razón que este consumo se incrementa cada vez más generando problemas en su disponibilidad la que se ve muy afectada.

El crecimiento de nuestra población ha llevado a que aumente el consumo de agua subterránea para satisfacer de esta manera las escasas de este vital recurso, el resultado, una preocupante sobreexplotación de los cuerpos de agua mencionados, los mismos que representan una importante reserva de agua dulce que generalmente no se encuentra contaminada. En el caso de Lima existen empresas y poblaciones que no cuentan con agua potable llevándolos a que tengan que explotar los pozos de agua subterránea existentes en diversas zonas de la capital.

A nivel nacional según un estudio de la ANA (2013) se informa que el agua subterránea en el Perú es una fuente de suministro para uso agrícola, doméstico, industrial y pecuario, pero el detalle está en que se ha detectado que existe el peligro de sobreexplotación en los valles de Ica, Pisco, Chincha, La Yarada en Tacna y La Leche en Lambayeque.

Viendo esta realidad donde muchas poblaciones y empresas usan las aguas subterráneas para su consumo directo, es necesario conocer si realmente estas aguas son aptas para el consumo de los mismos. Para ello se considera importante conocer algunos estudios ya realizados donde se demuestra de manera concreta que es muy común encontrar altas concentraciones carbonatos de calcio, magnesio, hierro, iones como Ca^{+2} , Mg^{+2} , Na^{+1} , K^{+1} , NH^{+1} , las mismas que son conocidas por los entendidos en la materia como principales causantes de la dureza del agua.

Según la OMS (2006) la dureza del agua en realidad no genera una amenaza para la salud, sin embargo hace que el agua no sea la adecuada para usos industriales o ciertos usos domésticos. Es el caso de los jabones y detergentes que forman una película insoluble lo cual hace que se complique el lavado. Otro problema que trae consigo las aguas duras son las incrustaciones que no es otra cosa más que depósitos de carbonatos que recubren la parte interna de las tuberías haciendo ineficiente el flujo del agua dañando el sistema de alcantarillado, tuberías de agua, electrodomésticos.

El agua dura genera gastos elevados a empresas industriales que tienen equipos por donde circulan estas aguas para sus procesos. Este hecho representa un problema que en la actualidad se soluciona con el uso de membranas que tienen un costo muy elevado por lo que no es viable su utilización.

Es común encontrar aguas duras en pozos de agua subterránea por ello consideramos importante buscar alternativas de solución a esta problemática, pensando en aplicaciones innovadoras, económicas y amigables con el medio ambiente; como es el caso del uso de las cáscaras de huevo para obtener óxido de calcio cuya finalidad es conseguir el ablandamiento de estas aguas.

1.2 TRABAJOS PREVIOS

Según E. Olivares y J. Guevara-García (2014) se puede obtener óxido de calcio a partir de la calcinación de la cáscara de huevo con aserrín de varias cortezas de madera. Dicho estudio trajo consigo una reducción de temperatura de conversión a 500°C comparado con el proceso por separado que es de 900 °C. Esto se debe al azufre que se desprende de las cáscaras de huevo pulverizadas a la hora de calcinación para obtener óxido de calcio (CaO). Este experimento requiere de un crisol Gooch colocado encima de otro normal. Es importante considerar también que no se desprenden emisiones que se puedan considerar. El carbón activado que se obtiene es de gran rendimiento y el óxido de calcio alcanzo un 90%, hecho que hace pensar en seguir con esta nueva tecnología y aplicarla en algún tipo de tratamiento. La información proporcionada por los investigadores es importante para nosotros porque permite obtener CaO a una temperatura de 500 °C lo que nos da pie para aplicar este estudio en el presente trabajo de investigación.

Según Barros, Bello, Valiño, Bao, & Arias (2007) es posible obtener carbonato de calcio a partir de los mejillones (Conchas). Este proceso se realizó en 3 etapas, la primera tiene que ver con la recepción de las valvas, el lavado para reducir las sales presentes propias del agua de mar, goteo y almacenamiento. En la segunda etapa; tiene lugar la calcinación en un horno rotatorio y el enfriamiento. La operación de calcinado se da primero a 190°C por 18 minutos y luego la calcinación en si por 15 minutos a 500°C, cabe tener en cuenta que si se da mayor temperatura

entre 700 y 900°C el carbonato de calcio propio en la valva se desintegra en Óxido de Calcio (CaO) y Dióxido de Carbono (CO₂). En la última etapa está el enfriamiento; que comprende la reducción de temperatura desde los 500 °C a 60 °C. Tener en cuenta los procesos secundarios que son la molienda, clasificación, almacenamiento, envasado y embarque. Luego de la molienda se puede clasificar el carbonato de calcio en diferentes tamaños de acuerdo a su granulometría para poder así ser aplicado en los diferentes mercados considerando a la vez su nivel de pureza que va de 90 a 95% en Carbonato de Calcio. Este trabajo realizado lo consideramos de gran utilidad porque nos dice que entre 700 °C y 900 °C el carbonato de calcio se convierte a CaO y CO₂ además indica un proceso secundario para el carbonato, y así mismo la granulometría que se aplicará en el trabajo de investigación que venimos realizando se basa en este estudio.

Según Donaciano Luna, Armando González, Manuel Gordon y Nancy Martín (2006) la cáscara de coco es buena materia prima para obtener carbón activado. Por tal razón presentaron una propuesta del diseño teórico que tiene como base un horno rotatorio para la obtención de carbón activado, material que tiene un alto valor agregado, a partir de la cáscara del coco. El proceso se realizó en tres etapas: el molino, el horno rotatorio y la cámara de enfriamiento. El diseño propuesto utiliza materiales fabricados en el país, con costos cómodos y con una producción estimada de media tonelada de carbón por cada seis horas. Lo que rescatamos de este estudio es que las cáscaras o cortezas de vegetales o árboles se pueden usar como materia prima para obtener carbón activado, como es el caso de esta investigación que estamos considerando a las cortezas de Bolaina.

Según M. García y J. Perez (2012); cuando a un agua dura se le añade cal se generan reacciones que llegan a la conclusión de eliminar el calcio del agua en forma de carbonato cálcico, CO₃Ca, y el magnesio en forma de hidróxido de magnesio, Mg(OH)₂, ambos compuestos son insolubles en el agua. El CO₂ influye en la dosis necesaria de cal para este tratamiento debido a que representa un consumo adicional de cal independientemente de la dureza. En las reacciones mediante el tratamiento con cal se elimina solamente la dureza temporal (forma de bicarbonatos), por lo tanto el ablandamiento con cal se podrá aplicar solo en aguas

que presenten un suficiente contenido de bicarbonatos. Lo que se rescata de esta investigación es que la cal (CaO) solo elimina la dureza temporal lo cual es de gran consideración para el desarrollo del tratamiento que se viene realizando y parte vital de nuestro estudio.

Según S. Gonzales y K. Ticona (2016) el rendimiento para la obtención de óxido de calcio mejora cuando se considera como variables al tiempo de residencia, temperatura de calcinación, concentración de CaCO_3 y la granulometría de la piedra caliza, por eso es que es importante controlar cada una de esas variables. Sin duda que la investigación que desarrollaron los autores mencionados es útil para reconocer que medir a la hora de calcinar en el caso del presente estudio, la cáscara de huevo, que para este caso haría el papel de la piedra caliza. Así mismo se considera que la granulometría de la cáscara se debe obtener antes de la calcinación y además conocer cuánto se debe utilizar para obtener una muestra considerable de óxido de calcio. El control de la temperatura será también vital ya que lo que muestran los autores es que la caliza se convierte en óxido de calcio a una temperatura de 1000°C con el detalle que se calcina sola y está en forma de roca, en el caso de esta investigación será acompañada con aserrín de Bolaina y conocer si se consigue óxido de calcio a menor temperatura debido a que otros autores antes mencionados indican que se puede lograr a 500°C .

Según Espigares M. y Pérez J. (2007) se usa la cal (óxido de calcio) para ablandar aguas para consumo humano que comúnmente tienen un elevado nivel de bicarbonatos. La reacción que se genera entre la cal y el agua es muy lenta si en el agua no existen gérmenes que cristalicen. Es importante considerar la presencia de sustancias coloidales orgánicas puede afectar la formación de cristales siendo necesario aplicar a la par o al mismo tiempo una floculación o coagulación. Para que se dé un buen proceso de ablandamiento con cal es necesario considerar como variables al caudal o flujo del agua a tratar, las características químicas del agua y conocer la cantidad de cal como que se va a tratar el agua. En este caso consideramos importante la investigación que realizaron los autores para poder tomar en cuenta las variables que señalan y así monitorear el proceso de tratamiento de las aguas duras de la presente investigación. De acuerdo a los

autores el flujo es una variable que se puede aplicar para modificar los resultados cambiando los tiempos de residencia, otro caso es identificar la dureza del agua con la que estamos trabajando que en esta investigación sobrepasa excesivamente el ECA, mientras que la cantidad de cal se va a determinar con las cáscaras de huevo que se calcinen.

1.3 TEORÍAS RELACIONADAS AL TEMA

1.3.1 Agua subterránea

Es el agua que se aloja y circula en el subsuelo, conformando los acuíferos. La fuente de aporte principal es el agua de lluvia, mediante el proceso de infiltración. Otras fuentes de alimentación localizada pueden ser los ríos, arroyos, lagos y lagunas. (M. Collazo, J. Montaña, 2012)

Se puede decir entonces que las aguas subterráneas son aguas existentes bajo la superficie y que puede ser recolectada a través de perforaciones, túneles o simplemente fluye de manera natural mediante manantiales.

La Tabla N° 01 muestra la distribución, en porcentaje, del agua a nivel mundial y su periodo de renovación.

Tabla N° 01. Porcentajes de agua en la tierra y periodo de renovación

AGUA EN LA HIDRÓSFERA	AGUA TOTAL DEL PLANETA (%)	PERIODO DE RENOVACIÓN
Océanos	97.5	2500 años
Agua Subterránea	0.76	1400 años
Casquetes Polares	1.74	9700 años
Lagos	0.007	17 años
Ríos	0.0002	16 días
Humedad Atmosférica	0.001	8 días
Biomasa	0.0001	Algunas horas

Fuente: Shiklomanov, Igor A., 1999

Notamos que el 0.76 del agua mundial es subterránea, es decir que después del agua de mar, es la que en mayor proporción tenemos en estado líquido y más aún es agua dulce, lo cual la hace muy aprovechable comparada con el agua de mar que si bien es cierto ya se viene tratando a través de métodos de desalinización, aún resultan costosos estos tratamientos.

1.3.1.1 Componentes del agua subterránea

Los componentes de las aguas subterráneas vienen a ser una importante característica que hace que se diferencie de otras aguas. Los factores que influyen son el clima, la contaminación del lugar, el tiempo en se encuentra en contacto con el medio, etcétera.

- Características físicas
 - ✓ *Temperatura: Varía de acuerdo a la temperatura media anual del lugar y de la profundidad del agua (aumenta 1° cada 30m)*
 - ✓ *Conductividad eléctrica: Capacidad para conducir la corriente eléctrica y depende de los iones que presenta. Los valores comunes son de 10-6 mhos/cm, o micromho/cm (mhos/cm a 25°C).*
 - ✓ *Color: Debido a las sustancias disueltas en el agua, como por ejemplo la materia orgánica*
 - ✓ *Olor y sabor: Su sabor puede ser salado en aguas con cloruros o amargo y salado en aguas con sulfatos, entre otros casos menos comunes*
 - ✓ *Turbidez: Se debe a los sólidos suspendidos que le dan valor a este parámetro debido a su impedimento del paso de la luz que es la forma de medir la turbidez del agua. Los limos, arcillas, materia orgánica hacen difícil el paso de la luz aumentando de esta forma la turbidez.*

- Características químicas

- ✓ *pH: Es la concentración de iones hidrógeno en el agua. En agua subterránea es normal encontrar valores que varían de 6,5 a 8,5.*
- ✓ *Demanda química de oxígeno (DQO): capacidad del agua de consumir oxígeno en procesos químicos. Es normal encontrar valores que varían de 1 a 5 mg/l de O₂ en aguas subterráneas.*
- ✓ *Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO): Mide la cantidad de oxígeno necesario para consumir la materia orgánica en el agua por medios biológicos aeróbicos. Generalmente se refiere a 5 días. Cuando se excede de 1 ppm de O₂ podemos hablar de aguas contaminadas.*

- Iones disueltos

En las aguas subterráneas existen iones disueltos tales como cationes Sodio (Na⁺), Potasio (K⁺), Calcio (Ca⁺²) y Magnesio (Mg⁺²) y aniones Cloruro (Cl⁻), Sulfatos (SO₄⁻²), Bicarbonatos (HCO⁻³), Carbonatos (CO₃⁻²) y Nitratos (NO₃⁻). Además de algunos otros metales como el bromuro, fosfatos, manganeso, hierro, arsénico, cadmio, plomo.

También se sabe que es posible encontrar gases disueltos como el oxígeno disuelto, dióxido de carbono y ácido sulfhídrico.

1.3.1.2 El agua subterránea en Lima

Según el inventario de pozos de agua subterránea realizado por el INRENA del año 2003, hay 845 pozos encontrados en la cuenca baja del valle del río Chillón, donde los distritos de Puente Piedra y Carabaylo son los que cuentan con la mayoría, 383 y 131 pozos respectivamente. Esto significa el 60.83 % del total inventariado.

Las características de estos pozos es que son tubulares, a tajo abierto, y mixtos.

Tabla N° 02. Tipos de pozos de agua

Distrito	Tubular		Tajo abierto		Mixto		Total	
	N°	%	N°	%	N°	%	N°	%
Puente Piedra	27	3.20	353	41.78	3	0.36	383	45.33
Carabayllo	73	8.64	57	6.75	1	0.12	131	15.50

Fuente: Inventario de fuentes de agua subterránea – INRENA 2003

De acuerdo a la Tabla N° 02 notamos que existen más pozos de tajo abierto que los otros dos que se presentan, además Puente Piedra es el distrito con más pozos de agua subterránea según el inventario del INRENA 2003.

Figura N° 01. Pozo de agua Subterránea a tajo abierto en el Programa de Viv. María Reyna - Carabayllo



Fuente: Elaboración Propia

En el presente estudio se realizó un análisis previo al tratamiento para identificar la calidad del agua de pozo para lo cual se tomaron muestras de agua de pozo en el Programa de Vivienda María Reyna perteneciente al centro poblado de San Pedro del distrito de Carabayllo, justo en el límite con el distrito de Puente Piedra (ver Figura N° 01), encontrándose los resultados que se muestran en la Tabla N° 03

**Tabla N° 03. Resultados del análisis de la muestra de agua de pozo
Antes de la investigación**

PARÁMETRO	MÉTODO DE ANÁLISIS	RESULTADO	ECA (Agua)	OBSERVACIÓN
Alcalinidad total	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2320 B, 22nd Ed 2012	250,2 mg/L	-	-
Boro total	EPA Method 200.7, Revised 4.4 May 1994	0,546 mg/L	2,4 mg/L	-
Cadmio total	EPA Method 200.7, Revised 4.4 May 1994	N.D.($<0,001$) mg/L	0.003 mg/L	-
Cloruros	EPA Method 325.3, Revised March 1983	48,94 mg/L	250 mg/L	-
Cobre total	EPA Method 200.7, Revised 4.4 May 1994	0,016 mg/L	2 mg/L	-
Dureza total	EPA Method 130.2, Revised March 1983	776,5 mg/L	500 mg/L	Excede
Hierro total	EPA Method 200.7, Revised 4.4 May 1994	0,457 mg/L	0,3 mg/L	Excede
Magnesio total	EPA Method 200.7, Revised 4.4 May 1994	39,53 mg/L	-	-
Manganeso total	EPA Method 200.7, Revised 4.4 May 1994	0,053 mg/L	0,4 mg/L	-
N-Nitrato	EPA Method 352.1, Revised March 1983	0,13 mg/L	10 mg/L ¹	-
Plomo total	EPA Method 200.7, Revised 4.4 May 1994	0,005 mg/L	0,01 mg/L	-
Sodio total	EPA Method 200.7, Revised 4.4 May 1994	59,31 mg/L	-	-
Sulfatos	EPA Method 375.4 Revised March 1983	459,9 mg/L	250 mg/L	Excede
Zinc total	EPA Method 200.7, Revised 4.4 May 1994	0,015 mg/L	3 mg/L	-

Fuente: Elaboración Propia

1: Estándar EPA equivale a 50 mg/L según ECA

Nótese que, según la Tabla N° 03 se puede observar que la concentración de dureza (776,5 mg/L) excede el ECA (500 mg/L). Lo mismo ocurre con la concentración de sulfatos (459,9 mg/L) y hierro total (0.457 mg/L) que también exceden al ECA (250 mg/L y 0,3 mg/L respectivamente)

1.3.2 Huevo de Gallina

1.3.2.1 Características físicas y químicas

Un huevo generalmente pesa 58 g de los cuales el 11% pertenece a la cáscara, el 31% a la yema y el 58% representa a la clara. Si consideramos solo al contenido interno del cascarón, el 65% es clara y el 35% yema (Ver Figura N° 02). El huevo entero presenta un 65.5% de agua donde la clara un 88% y la yema un 48% (Instituto del Huevo, 2017).

Figura N° 02. Huevo de Gallina



Fuente: Instituto del huevo 2017

La Tabla N° 04 permite observar la composición química de los huevos donde notamos que predomina la clara, luego la yema y finalmente en menor proporción la cáscara.

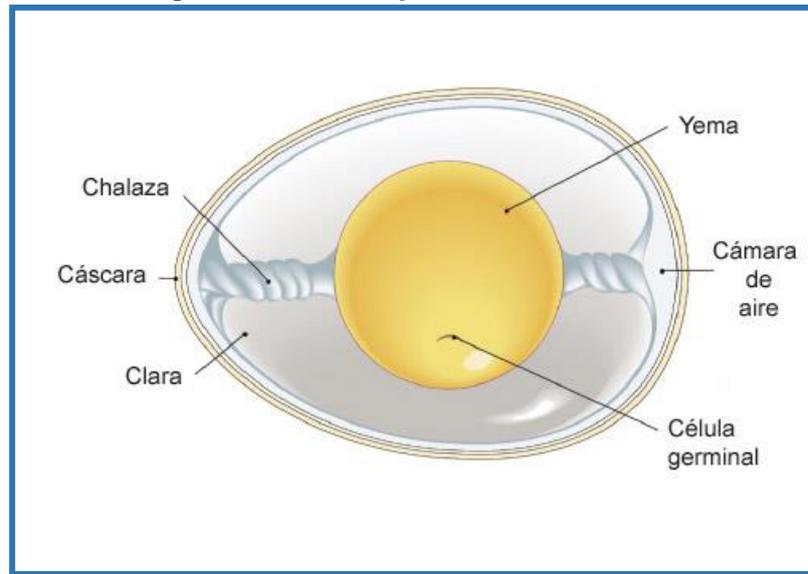
Tabla N° 04. Composición Química De Un Huevo

	%	AGUA %	PROTEÍNA %	GRASA %	CENIZAS %
HUEVO ENTERO	100.0	65.5	11.8	11.0	11.7
CLARA	58.0	88.0	11.0	0.2	0.8
YEMA	31.0	48.0	17.5	32.5	2.0
CÁSCARA	11.0	-	-	-	-

Fuente: U. S. Department of Agriculture 2015

Internamente el huevo está compuesto por una chalaza, yema, célula germinada, clara y cámara de aire, tal como muestra la Figura N° 03

Figura N° 3. Composición de un huevo



Fuente: http://institutohuevo.com/estructura_huevo/

1.3.2.2 Dimensiones

La forma del huevo es oval y presenta las siguientes dimensiones:

Tabla N° 05. Dimensiones de un huevo

DIMENSIÓN	VALOR
PESO (g)	58
VOLUMEN (cm ³)	53
CIRCUNFERENCIA MAYOR (cm)	15.7
CIRCUNFERENCIA MENOR (cm)	13.5
ÁREA DEL CASCARÓN (cm ²)	68

Fuente: http://avalon.cuautitlan2.unam.mx/pollos/m2_9.pdf

1.3.2.3 Membranas:

Son dos envolturas proteicas que dan forma al Corión y están adheridas una al cascarón y la otra a la clara donde están unidas y luego se separan cuando llegan al extremo más ancho. Es aquí donde se forma la cámara de aire.

Las membranas presentan:

- *Cámara de aire*

Se forma a partir de los bordes del huevo junto a las membranas pegadas a la cáscara. Esto se da a partir de la ovoposición y su enfriamiento. La encontramos en el polo más ancho y es algo diminuta cuando el recién se ha depositado el huevo, aproximadamente de 3mm de profundidad, la cual aumenta en el transcurrir de los días. Por tal motivo la cámara de aire es un factor importante para identificar la calidad de los huevos.

- *Chalazas*

Son un par de formaciones muy parecidas a pasadores de tonalidad blanca cuya ubicación se da en la parte longitudinal del huevo. Cumple la función de tener la yema en la parte central del huevo. Un detalle a considerar es que mientras mayor sea la prominencia de la chalaza, el huevo será más fresco.

- *Capa mamilar*

Es la parte con más calcio. Está formada por proteínas de azufre y mucopolisacáridos. Si los núcleos se distribuyen de forma despareja los cascarones tienen cáscaras débiles y áreas frágiles

- *Capas palizadas*

Son columnas de cristal en forma paralelas. Se extienden para llegar a la superficie de la cáscara.

- *Cutícula*

Es una formación orgánica y grasosa (mucina) debido a su paso por la vagina por lo tanto se encuentra en la parte final y exterior de la cáscara. Su espesor varía de 10 a 30 μm . Impide el paso de microbios como bacterias siendo una barrera importante para el huevo.

- *Disco Germinal*

Es una depresión que se encuentra en la superficie de la yema que se relaciona con la fertilidad y el desarrollo del huevo.

1.3.2.4 Estructura de la cáscara de huevo de gallina:

Es la cubierta que protege al huevo defendiéndolo de agentes externos que podrían dañarlo. Además de ello permite realizar intercambios gaseosos y líquidos con el ambiente. Su color depende de la presencia de un pigmento compuesto por ovoporfirinas, ligado a la raza de la gallina. Supone un 9% a 12% del peso total del huevo y está constituido principalmente por Carbonato de calcio (94%) y por pequeñas cantidades de carbonato de magnesio, fosfato de calcio y otros materiales orgánicos. (Ver Tabla N° 06)

Tabla N° 06. Composición de la cáscara de huevo

Compuesto	%
Carbonato cálcico	94
Carbonato magnésico	1
Fosfato cálcico	1
Materia orgánica	4

Fuente: Instituto del huevo 2017

La cáscara de huevo de gallina cuenta con 7,000 a 17,000 poros aproximadamente los cuales no son impermeables, por tal motivo viene a ser un gran revestimiento es de vital importancia para la conservación del huevo.

El color del cascarón depende de la raza de gallina (blancos o marrones) y no influye en el valor nutritivo del alimento, tampoco en el sabor, el grosor del cascarón, las características culinarias, ni en la calidad del huevo.

1.3.2.5 Usos de la cáscara de huevo:

A partir de las diferentes razas de especies que producen cáscaras de huevo se pueden obtener nuevos productos, y con ello, valores agregados, entre otros, la producción de alimentos funcionales, la fabricación de cosméticos, productos industriales, así como también formulaciones tanto preventivas como tratativas de varias enfermedades humanas y animales. Además, su uso en el tratamiento de agua como es el caso de la Figura N° 04 que es parte del proceso para obtener óxido de calcio o para tratar aire contaminado quienes vienen siendo una novedad para estas épocas.

Figura N° 4. Cáscaras de Huevo de Gallina



Fuente: Elaboración Propia

- *Consumo per cápita de huevo*

Según cifras del MINAGRI, el país ha pasado de consumir de 202.4 miles de toneladas de huevo, en el 2004, a 349.8 mil toneladas de huevo al año, en el 2014. Esto quiere decir que en los últimos 10 años se ha incrementado el consumo de huevo en un 72.86 %. Si tomamos la información como consumo per cápita, se puede decir que hemos pasado de consumir 118 unidades de huevo al año por persona, a 184 unidades per cápita. Este último dato significa un incremento del 55.20 %. Sin embargo, a pesar de este aumento, el consumo de este alimento

en el país, está por debajo del promedio de la región, donde México lidera con 350 huevos consumidos por persona al año.

En el pasado, quizá en muchos lugares, hasta ahora, la cáscara del huevo es considerada como un desperdicio o residuo sólido que las empresas que procesan huevos, industrias, fábricas de repostería, mayonesas, etc., las dejan de lado.

1.3.3 Bolaina Blanca (*Guazuma crinita* Martius)

La Bolaina es una especie de regeneración natural que se da de manera abundante en bosques que son inundables de la cuenca del río Ucayali dentro de la Amazonia peruana (Ver Figura N° 05). Es una especie de crecimiento rápido, rígido y de densidad baja que tiene un gran potencial para la producción sostenible por parte de agricultores pequeños. Crece a altitudes que van desde los 200 hasta los 1500 msnm, especialmente en las orillas de los ríos de la vertiente amazónica. Alcanza crecer hasta los 45 m de altura y su época de floración es en los meses de mayo a septiembre, siendo los meses de julio y agosto los de mayor alcance.

La Bolaina tiene flores rosadas y su época de maduración se da entre los meses de octubre a diciembre recolectándose frutos pequeños recubiertos de pelos. Sus semillas son pardas. Su crecimiento está ligado al tipo de suelo y a los nutrientes que este contenga para su buen desarrollo. Según Dominguez 2010, *Crizuma crinita* Martius es sensible al aluminio y se adecua de preferencia en suelos fértiles, francos, franco-arcillosos o arcillosos, así mismo un buen drenaje.

El pH es un factor importante ya que tolera entre 5.56 a 7.73 (Hinostroza 2008), esto significa que el suelo es ligeramente ácido o alcalino. En cuanto a materia orgánica acepta valores entre 2.7% a 9.1 % y para el caso del nitrógeno es de 70 a 285 Kg/Ha/año.

Figura N° 05. Bosque de Bolaina Blanca en Ucayali



Fuente: SERFOR 2016

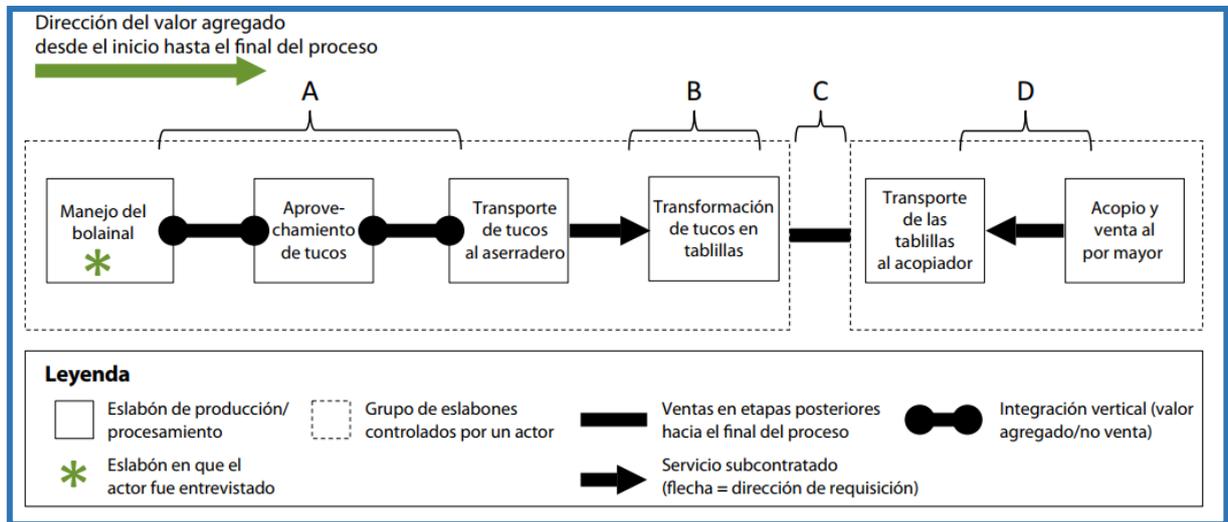
La agricultura intensiva afecta a la productividad de los bosques de Bolaina especialmente en su volumen de vegetación, área de base y densidad. Este árbol maderable soporta inundaciones de muy cortas, sin embargo presenta dificultades a la hora de asentarse en el lugar. Cuando está en etapa de plántula es perjudicial el aniego.

Hasta el año 2007, la Bolaina, solo se comercializaba en zonas cercanas al río Ucayali especialmente para la construcción de viviendas en comunidades y en la ciudad de Pucallpa llegando en su momento a que el 65 % de las viviendas sean construidas con esta especie (Padoch et al. 2008). Este hecho motivó a los empresarios madereros comercializar a nivel internacional con esta valiosa madera, así es como llega a alcanzar mercados de los andes y Lima siendo su apogeo luego del terremoto del 2007 en Ica donde se construyeron casa prefabricadas con tablillas de Bolaina incrementando así su demanda y posicionándose como una de las 20 especies más vendidas a nivel nacional según el MINAGRI para el año 2011

Actualmente la Bolaina sirve para laminado, mondadientes, paletas de chupetes, etcétera, generándose así una cadena de valor agregado como se muestra en la

Figura N° 06. Su precio en Lima varía entre 05. A 1 sol el pie tablar (30 x 30 x 2.5 cm)

Figura N° 6. Diagrama de la cadena de valor de la Bolaina en Pucallpa - Perú



Fuente: SERFOR 2016

1.3.3.1 Aserrín de madera Bolaina

El aserrín (Figura N° 07) es considerado como un desecho que está compuesto básicamente por: lignina, celulosa y hemicelulosa.

Figura N° 7. Depósito de aserrín de Bolaina Blanca. Carabayllo, Lima



Fuente: Elaboración Propia

La lignina es un componente que se produce de manera natural en las capas de hemicelulosa y celulosa, capas de xilema, y paredes de fibra de la célula de la planta. Es un polisacárido que protege a los demás componentes de los microbios. Este polímero está hecho sobre una base de propano fenilo, fenil y restos de hidrocarburos alifáticos. Su importancia radica bajo costo como material y su abundancia como residuo en la industria forestal. La lignina es relativamente hidrófila, por lo tanto, su superficie se debe mejorar con la finalidad de obtener una adsorción eficaz.

1.3.4 Dureza del agua

La dureza es producto de la presencia generalmente de sales de calcio y magnesio, además corresponde a la suma de las concentraciones de cationes metálicos sin considerar a los metales alcalinos y el ion hidrógeno. Es muy común encontrar este tipo de aguas en los acuíferos de aguas subterráneas debido a los depósitos geológicos por donde atraviesan estas aguas. La concentración depende del tipo de depósito en referencia al tipo de roca que está compuesto y al tiempo de residencia de las aguas. Por regla general se dice que los acuíferos glaciales producen agua dura mientras que los acuíferos de lecho de roca producen agua blanda.

Los principales causantes de la dureza en el agua son los cationes y aniones que se muestran en la siguiente tabla:

Tabla N° 07. Cationes y aniones presentes en aguas duras

Cationes	Aniones
Ca ⁺⁺	HCO ₃ ⁻
Mg ⁺⁺	SO ₄ ⁼
Sr ⁺⁺	Cl ⁻
Fe ⁺⁺	NO ₃ ⁻
Mn ⁺⁺	SiO ₃ ⁼

Fuente: Elaboración Propia

El agua adquiere la dureza cuando pasa a través de las formaciones geológicas que contienen los elementos minerales que la producen y por su poder solvente los disuelve e incorpora. El agua adquiere el poder solvente, debido a las condiciones ácidas que se desarrollan a su paso por la capa de suelo, donde la acción de las bacterias genera CO₂, el cual existe en equilibrio con el ácido carbónico. En estas condiciones de pH bajo, el agua ataca las rocas, particularmente a la calcita (CaCO₃), entrando los compuestos en solución.

La dureza se puede clasificar en una escala desde blanda hasta muy dura tal como se muestra en la Tabla N° 08 (Rodríguez 2010).

Tabla N° 08. Clasificación de la dureza

Dureza (mg/l CaCO ₃)	Tipo de agua
0 - 75	Blanda
75 – 150	Semi dura
150 – 300	Dura
300 – más	Muy dura

Fuente: Rodríguez 2010

El CO₂ del agua subterránea al tomar contacto con las formaciones de calcita, genera una reacción química paulatinamente en hidrogeno carbonato, con lo que se puede observar la ecuación:



Donde el CaCO₃ depende del CO₂ para disolverse, así es como se produce la dureza de los carbonatos que es muy común en las aguas naturales debido a su contenido de iones de HCO₃⁻

Generalmente las aguas subterráneas son duras mientras que las de los lagos es blanda debido a que las algas y las plantas sustraen el CO₂ a los iones de HCO₃⁻ por ello es que se produce carbonato cálcico en forma de precipitado tal y como veríamos la ecuación anterior pero en sentido invertido

1.3.4.1 Tipos de Dureza

La dureza del agua puede ser del tipo temporal (o de carbonatos) y permanente (o de no-carbonatos).

- *Dureza temporal*

La dureza que se debe a los bicarbonatos y carbonatos de calcio y magnesio se denomina dureza temporal y puede eliminarse por ebullición, que al mismo tiempo esteriliza el agua.

Otra forma de explicarlo, cuando la dureza es numéricamente mayor que la suma de las alcalinidades de carbonatos y bicarbonatos, la cantidad de dureza que es su equivalente a esta suma se le llama dureza carbonatada, también llamada temporal, ya que al elevarse la temperatura del agua hasta el punto de ebullición, el calcio y el magnesio se precipitan en forma de carbonato de calcio e hidróxido de magnesio respectivamente.

La dureza temporal también puede ser eliminada por la adición del hidróxido de calcio (Ca(OH)_2). El carbonato de calcio es menos soluble en agua caliente que en agua fría, así que al hervir (que contribuye a la formación de carbonato) se precipitará el bicarbonato de calcio fuera de la solución, dejando el agua menos dura. Este proceso de disolución y precipitación es el que provoca las formaciones de estalagmitas y estalactitas.

- *Dureza permanente*

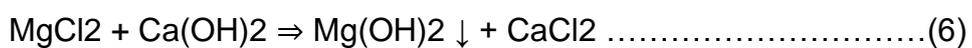
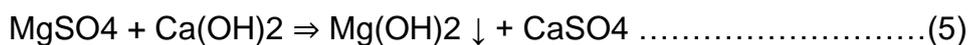
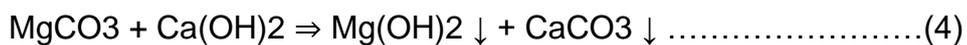
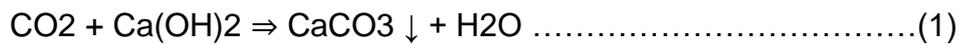
La dureza residual se conoce como dureza no carbónica o permanente. La dureza permanente no puede ser eliminada al hervir el agua, es usualmente causada por la presencia del sulfato de calcio y magnesio y/o cloruros en el agua, que son más solubles mientras sube la temperatura hasta cierto valor, luego la solubilidad disminuye conforme aumenta la temperatura. Puede ser eliminada utilizando el método SODA (sulfato de sodio).

Otra explicación es que la cantidad de dureza en exceso de la carbonatada se le llama dureza de no carbonatos y se distingue como permanente, es decir, no puede eliminarse por agitación térmica, sino que son necesarios procesos químicos para eliminarla del agua. Las aguas que poseen esta dureza pueden ablandarse añadiendo carbonato de sodio y cal, o filtrándolas a través de ceolitas naturales o artificiales que absorben los iones metálicos que producen la dureza, y liberan iones

sodio en el agua. Los detergentes contienen ciertos agentes separadores que inactivan las sustancias causantes de la dureza del agua.

1.3.4.2 Ablandamiento con cal

El ablandamiento de las aguas con el método del óxido de calcio (cal) se da a partir de las siguientes reacciones químicas:



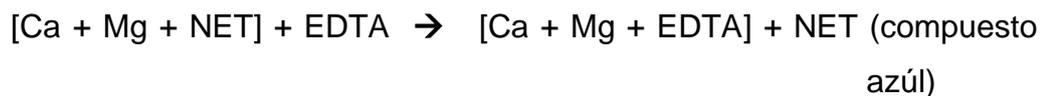
En la Ec. 1 se está produciendo carbonato de calcio en estado sólido, lo mismo ocurre en la Ec. 2 pero a partir de una molécula de bicarbonato de calcio. En la Ec. 3 se da la formación de carbonato de calcio y carbonato de magnesio dihidratado. En las Ec. 4, 5 y 6 podemos notar la precipitación los carbonatos de calcio e hidróxido de magnesio.

1.3.4.3 Análisis de Dureza Total

Para el análisis de dureza el procedimiento consiste en añadirle una solución buffer de pH 10 a la muestra de agua, luego se le agrega el indicador negro de eriocromo T (NET), con esto se forma un compuesto de color púrpura, a continuación se le añade la sal disódica EDTA hasta observar el viraje a color azul.

Este procedimiento presenta las siguientes reacciones:





1.3.5 Carbón activado

1.3.5.1 Antecedentes

Los primeros antecedentes de madera en forma de carbón se presume que se dio en Tebas, Grecia hacia el año 1550 a.C. gracias al hallazgo de un papiro donde se expresa las aplicaciones a la medicina de este material. Así mismo Hipócrates en el 400 a.C. propone hacer filtros con carbón vegetal para eliminar olores y sabores del agua a modo de prevención de enfermedades. Por la misma época, los fenicios, almacenaban agua con madera carbonizada para prolongar su uso en sus diferentes viajes.

Para el año 1793, el Dr. D. M. Kehl recomienda filtrar el agua con carbón vegetal y utilizarlo para reducir los olores emanados por enfermedades como la gangrena. Al año siguiente en Inglaterra se utiliza como decolorante industrial para las azucareras. En 1854 el alcalde de Londres aplica, por primera vez a gran escala, el carbón activo en fase gas instalando filtros de carbón vegetal como sistema de ventilación para las cloacas. En 1881 R. Von Ostrejko, desarrolla diferentes métodos para elaborar carbón activo hecho que lo lleva a ser considerado el inventor del carbón activo. Luego de algunos años (1901) patenta dos métodos diferentes para obtener carbón activado, uno de ellos era carbonizando materiales lignocelulósicos con cloruros de metales; y el segundo, proponía una gasificación suave de materiales previamente carbonizados con vapor de agua o CO₂.

La Primera Guerra Mundial, se desarrolló con agentes químicos lo que generó la fabricación de máscaras elaboradas con filtros de carbón activado. Este hecho es considerado un acontecimiento ya que se da inicio a la industria del carbón activo, y de un buen número de carbones activos usados no sólo en la adsorción de gases tóxicos sino en la potabilización de agua.

1.3.5.2 Definición

El carbón activo está constituido de una estructura cristalina que tiene un parecido al grafito. Debido a su enorme cantidad de poros puede llegar a formar superficies que alcanzan los 1500 nm² por gramo de carbono. Puede ser granular o en polvo (Ver Figuras N° 08 y 09)

Su nombre tiene procedencia del material carbonoso que presenta en su estructura y cuando se activa significa que se está multiplicando su área. Una característica importante es que puede atraer moléculas de diferentes compuestos

La diferencia entre un carbón que está activado con otro que no lo está es su superficie y su disponibilidad para realizar la adsorción.

**Figura N° 08. Carbón
Activado en polvo**



Fuente: Elaboración Propia

**Figura N° 09. Carbón
Activado Granular**



Fuente: Elaboración Propia

1.3.5.3 Características físico-químicas

- *Composición química*

El carbón activado está formado únicamente por carbón puro y con algunos compuestos en menor cantidad (Ver tabla N° 09), según su espectro se puede reconocer su estructura interna diferenciando sus poros, superficie específica y granulometría. Así tenemos por ejemplo al diamante, al grafito y la leña quienes su propiedad en común es de ser buenos adsorbentes.

Tabla N° 09: Composición química del Carbón Activado

Elemento	Cantidad (%)
Carbono	75 – 80
Cenizas	5 – 10
Oxígeno	60
Hidrógeno	0.5

Fuente: Manual del carbón activado

- *Estructura física*

Posee una estructura microcristalina muy parecida a la del grafito. Gracias a esta estructura que presenta el carbón activo se puede distribuir de acuerdo al tamaño de poro bien determinada. Tenemos tres tipos de poros que según su radio pueden ser: macroporos ($r > 25$ nm), mesoporos ($25 > r > 1$ nm) y microporos ($r < 1$ nm).

1.4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.4.1 Problema General

¿Cuál será la eficiencia del óxido de calcio procedente de la calcinación de la cáscara de huevo con aserrín de Bolaina para el ablandamiento de las aguas de pozo, Lima 2017?

1.4.2 Problema Específico

1.4.2.1 Problema 1

¿Cuánto será el porcentaje de remoción de dureza luego del ablandamiento de las aguas de pozo aplicando óxido de calcio de granulometría G1 procedente de la calcinación de cáscara de huevo con aserrín de Bolaina, Lima 2017?

1.4.2.2 Problema 2

¿Cómo será la variación de la concentración de los parámetros fisicoquímicos luego del ablandamiento de las aguas de pozo usando óxido de calcio de granulometría G1 proveniente de la calcinación de la cáscara de huevo con aserrín de Bolaina, Lima 2017?

1.4.2.3 Problema 3

¿Cuánto será el porcentaje de remoción de dureza luego del ablandamiento de las aguas de pozo aplicando óxido de calcio de granulometría G2 procedente de calcinación de la cáscara de huevo con aserrín de Bolaina, Lima 2017?

1.4.2.4 Problema 4

¿Cómo será la variación de la concentración de los parámetros fisicoquímicos luego del ablandamiento de las aguas de pozo usando óxido de calcio de granulometría G2 proveniente de la calcinación de la cáscara de huevo con aserrín de Bolaina, Lima 2017?

1.5 JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

El presente trabajo de investigación se considera de gran importancia debido a la escases hídrica en que vive nuestro país y en general el mundo entero, La realidad nacional nos muestra que en menos de 30 años estaremos luchando por conseguir agua que sea apta para el consumo humano es por ello que comúnmente se recurre a buscar a este líquido vital no solo en aguas superficiales sino también en aguas subterráneas, es en este segundo caso que encontramos el problema de la dureza. De manera recurrente vemos que las tuberías de las redes de agua potable sufren incrustaciones porque se depositan bicarbonatos obstruyendo así el paso del agua, en otros casos se hace complicado eliminar los detergentes cuando se utiliza estas aguas, mientras que en casos de elevadas concentraciones de dureza se siente un sabor diferente cuando se consume el agua causando molestias en la población. Es por eso que es necesario buscar alternativas de solución a este problema que al mismo tiempo no afecte el medio ambiente y es por ello que se consideró tratar estas aguas reaprovechando productos de desecho buscando una alternativa que sea ambiental, social y económicamente viable. Por lo tanto el aporte que se brinda a la sociedad con esta investigación es utilizar las cáscaras de huevo como materia prima para

ablandar las aguas subterráneas (pozo) las que comúnmente son productos de desecho, que sólo una persona al año en el Perú puede generar como mínimo 184 de ellas, y conociendo su alto porcentaje de carbonato de calcio (94%) el cual con un tratamiento combinado con aserrín se puede convertir en cal cuyo composición química es la que permite mejorar la calidad del agua subterráneas que consumimos, dándole así una solución a la problemática y al mismo tiempo dándole una disposición adecuada las cáscaras de huevo de gallinas que son aves que consumen a diario en grandes cantidades en el Perú. Finalmente, si bien es cierto en la actualidad se tratan las aguas duras con métodos sofisticados como membranas de ósmosis inversas o de intercambio iónico es pertinente considerar esta alternativa debido a que los tratamientos sofisticado presentan costos elevados comparados con el uso de la cal que se plantea en esta investigación.

1.6 HIPÓTESIS

1.6.1 Hipótesis General

1.6.1.1 Hipótesis Alternativa

H1: El óxido de calcio, procedente de la calcinación de la cáscara de huevo con aserrín de Bolaina es eficiente para el ablandamiento de las aguas de pozo.

1.6.1.2 Hipótesis Nula

Ho: El óxido de calcio, procedente de la calcinación de la cáscara de huevo con aserrín de Bolaina no es eficiente para el ablandamiento de las aguas de pozo.

1.6.2 Hipótesis Específica

1.6.2.1 Hipótesis Específica 1

- *Alternativa*

El óxido de calcio de granulometría G1 procedente de calcinación de la cáscara de huevo con aserrín de Bolaina permite ablandar las aguas de pozo.

- *Nula*

El óxido de calcio de granulometría G1 procedente de calcinación de la cáscara de huevo con aserrín de Bolaina no permite ablandar las aguas de pozo.

1.6.1.2 Hipótesis Específica 2

- *Alternativa*

El óxido de calcio de granulometría G1 proveniente de la calcinación de la cáscara de huevo con aserrín de Bolaina influye en la variación de la concentración de los parámetros fisicoquímicos de las aguas de pozo.

- *Nula*

El óxido de calcio de granulometría G1 proveniente de la calcinación de la cáscara de huevo con aserrín de Bolaina no influye en la variación de la concentración de los parámetros fisicoquímicos de las aguas de pozo.

1.6.2.1 Hipótesis Específica 3

- *Alternativa*

El óxido de calcio de granulometría G2 procedente de calcinación de la cáscara de huevo con aserrín de Bolaina permite ablandar las aguas de pozo.

- *Nula*

El óxido de calcio de granulometría G2 procedente de calcinación de la cáscara de huevo con aserrín de Bolaina no permite ablandar las aguas de pozo.

1.6.1.2 Hipótesis Específica 4

- *Alternativa*

El óxido de calcio de granulometría G2 proveniente de la calcinación de la cáscara de huevo con aserrín de Bolaina influye en la variación de la concentración de los parámetros fisicoquímicos de las aguas de pozo.

- *Nula*

El óxido de calcio de granulometría G2 proveniente de la calcinación de la cáscara de huevo con aserrín de Bolaina no influye en la variación de la concentración de los parámetros fisicoquímicos de las aguas de pozo.

1.7 OBJETIVOS

1.7.1 Objetivo General

Evaluar la eficiencia del óxido de calcio procedente de la calcinación de la cáscara de huevo con aserrín de Bolaina para el ablandamiento de las aguas de pozo, Lima 2018

1.7.2 Objetivos Específicos

1.7.2.1 Objetivo Específico 1

Determinar el porcentaje de remoción de dureza luego del ablandamiento de las aguas de pozo aplicando óxido de calcio de granulometría G1 procedente de calcinación de la cáscara de huevo con aserrín de Bolaina, Lima 2018.

1.7.2.2 Objetivo Específico 2

Determinar la concentración de los parámetros fisicoquímicos luego del ablandamiento de las aguas de pozo usando óxido de calcio de granulometría G1 proveniente de la calcinación de la cáscara de huevo con aserrín de Bolaina, Lima 2018.

1.7.2.3 Objetivo Específico 3

Determinar el porcentaje de remoción de dureza luego del ablandamiento de las aguas de pozo aplicando óxido de calcio de

granulometría G2 procedente de calcinación de la cáscara de huevo con aserrín de Bolaina, Lima 2018.

1.7.2.24 Objetivo Específico 4

Determinar la concentración de los parámetros fisicoquímicos luego del ablandamiento de las aguas de pozo usando óxido de calcio de granulometría G2 proveniente de la calcinación de la cáscara de huevo con aserrín de Bolaina, Lima 2018

II. MÉTODO

2.1 Diseño de investigación

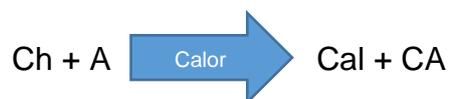
El diseño del estudio es experimental porque se trabajó con una variable dependiente que es el ablandamiento de las aguas de pozo, e independiente, como es el óxido de calcio (Cal) las cuales se manipularon con la finalidad de obtener diversos resultados y poder realizar comparaciones de resultados y observar como la variable independiente influye en la variable dependiente.

- ❖ Para la obtención de óxido de calcio se siguió el diseño que se muestra a través del proceso de la figura N° 10. Se usaron 50 g de cáscara de huevo para cada uno de los tipos de granulometría (Ver Tabla N° 10); luego se realizó la calcinación en una mufla para cada tipo de granulometría obtenida. 10 g de partículas de cáscara de huevo de granulometría tipo 1 se colocaron dentro de un crisol y sobre él otro conteniendo 10 g de aserrín de Bolaina. El proceso de calcinación fue de 2 horas a una temperatura de 200 °C durante una hora y luego una hora más a 700°C.

Tabla N° 10. Granulometría del óxido de calcio

Granulometría	Malla	Micras (µm)
G1	80	180
G2	20	850

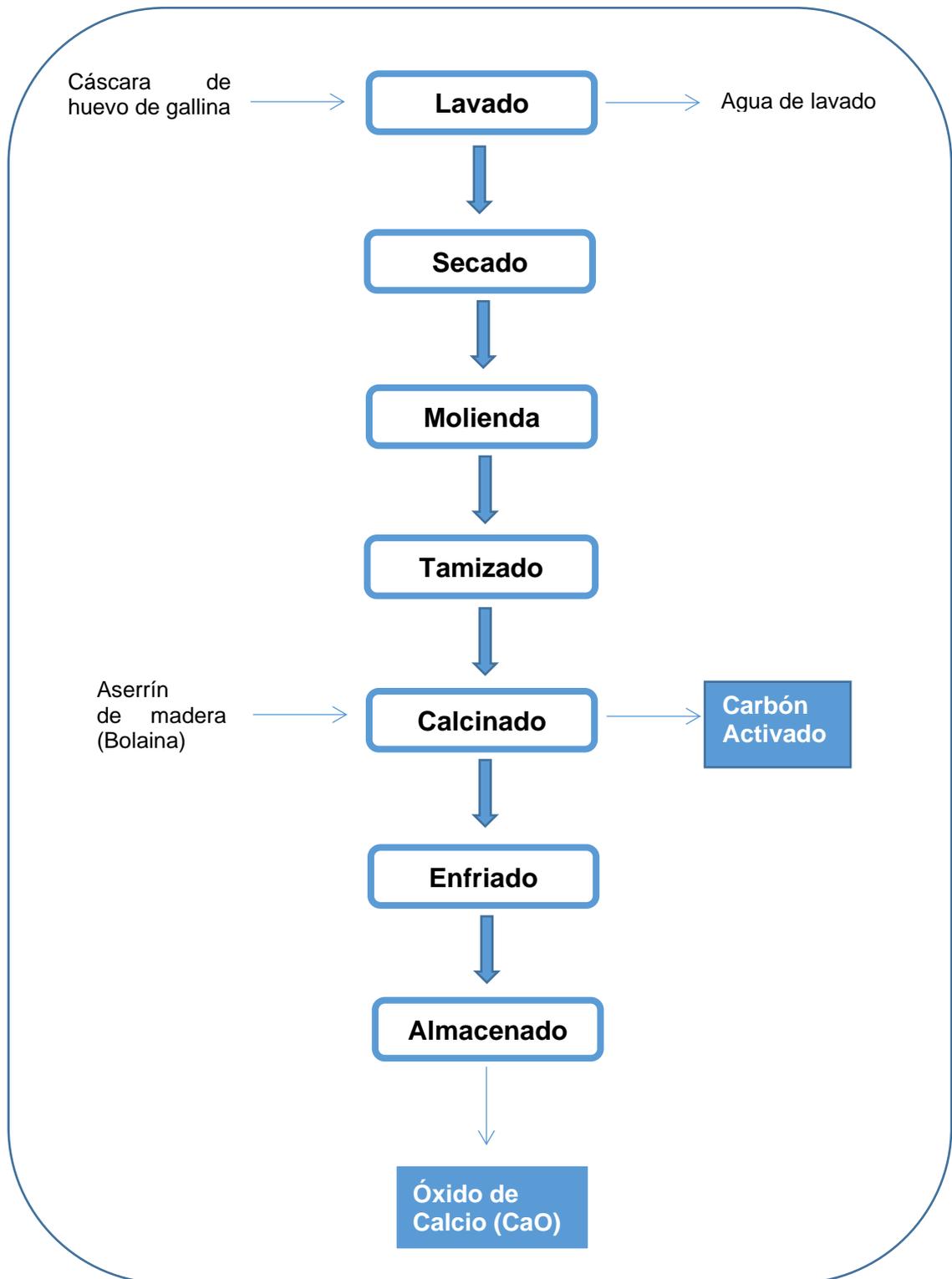
Fuente: Elaboración Propia.



Dónde:

- Ch: Cáscara de huevo
- A: Aserrín
- Cal: Óxido de calcio
- CA: carbón Activado

Figura N° 10. Proceso de obtención de óxido de calcio a partir de cáscara de huevo



Fuente: Elaboración Propia

a. Lavado

El lavado de cáscaras de huevo se realizó con agua sin algún tipo de aditivo en una batea cáscara por cáscara para eliminar los restos de yema y clara.

b. Secado

El secado se dio en un ambiente ventilado libre del sol, sobre una bolsa y en una superficie lisa. Se trató de esparcir las cáscaras para que el proceso sea más rápido y adecuado.

c. Molienda

Se realizó en un mortero triturando cáscara por cáscara.

d. Tamizado

El tamizado se dio inmediatamente después de la molienda para homogenizar las partículas de cáscara de huevo. Se necesitó de dos tamices uno de 180 micras (Granulometría tipo 1: G1) y el otro de 850 micras (Granulometría tipo 2: G2). Luego de ello se procedió a separar las partículas de acuerdo a la granulometría obtenida para su posterior calcinación.

e. Calcinado

Este proceso se realizó en una mufla, se colocó 10 gr de partículas de cáscara de huevo G1 en un crisol y sobre este recipiente un crisol Gooch que contenía 10 gr de aserrín de Bolaina. El mismo procedimiento se realizó con partículas de cáscara de huevo G2. La temperatura de calcinación (T1) fue de 200 °C por 1 hora y de manera continua se aumentó la temperatura (T2) a 700°C por otra hora.

f. Enfriado

Se retiraron los crisoles de las muflas y se dejaron enfriar los productos en un desecador con la finalidad de eliminar la humedad.

g. Almacenado

El almacenamiento se realizó en crisoles dentro de un desecador.

- ❖ Para el ablandamiento de las aguas de pozo se debe realizar el tratamiento como se muestra en la tabla N° 10

Tabla N° 11. Diseño de ablandamiento de agua de pozo

TRATAMIENTO	PROCESO I	PROCESO II
	CAL	CARBÓN ACTIVADO
G1	Formación de precipitado	Adsorción
G2	Formación de precipitado	Adsorción

Dónde:

- G1: Granulometría de la cal 180 micras
- G2: Granulometría de la cal 850 micras

Realizar 5 repeticiones para cada uno de los tratamientos con los dos tipos de granulometría haciendo un total de 10 pruebas.

Debido a que el estudio es experimental se realizarán las mediciones de dureza antes y después del tratamiento.

Antes → Tratamiento → Después

Finalmente se evaluará la eficiencia del ablandamiento con óxido de calcio proveniente de la calcinación de la cáscara de huevo.

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Concentración inicial} - \text{Concentración final}}{\text{Concentración inicial}} \times 100\%$$

Para el proceso de ablandamiento fueron necesarios los siguientes:

Materiales

- 2 soportes universales
- 2 embudos de vidrio
- 2 matraz de Erlenmeyer
- 2 vasos de precipitados
- 1 piceta con agua desionizada
- 20 papeles de filtro
- 2 buretas

a. Tratamiento con óxido de calcio proveniente de la granulometría tipo 1 (G1)

Se colocó un papel de filtro en cada uno de los embudos de vidrio.

- En el primer embudo se vació el óxido de calcio de granulometría 1 (G1)*
- En el segundo embudo se vació el carbón activado obtenido de la calcinación de la cáscara de huevo*

El proceso I, se inició vertiendo 0.5 L de muestra de agua dura en el primer embudo a un flujo variable para cada una de las 5 muestras.

Se continuó con el proceso II, vertiendo lo filtrado del proceso I en el segundo embudo a un flujo variable para cada una de las 5 muestras.

Finalmente se recolectó la muestra luego del tratamiento para su posterior análisis.

b. Tratamiento con óxido de calcio proveniente de la granulometría tipo 2 (G2)

Se colocó un papel de filtro en cada uno de los embudos de vidrio.

- En el primer embudo se vació el óxido de calcio de granulometría 2 (G2)*
- En el segundo embudo se vació el carbón activado obtenido de la calcinación de la cáscara de huevo*

El proceso I, se inició vertiendo 0.5 L de muestra de agua dura en el primer embudo a un flujo variable para cada una de las 5 muestras

Se continuó con el proceso II, vertiendo lo filtrado del proceso I en el segundo embudo a un flujo variable para cada una de las 5 muestras

Finalmente se recolectó la muestra luego del tratamiento para su posterior análisis.

2.2 Operacionalización de variables

2.2.1 Variables

2.2.1.1 Variable Independiente

Óxido de calcio procedente de la calcinación de la cáscara de huevo con aserrín de Bolaina.

2.2.1.2 Variable Dependiente

Ablandamiento de las aguas de pozo

2.2.2 Operacionalización de las variables

Tabla N° 12. Matriz de Operacionalización de variables

VARIABLE INDEPENDIENTE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Eficiencia del óxido de calcio procedente de la calcinación de la cáscara de huevo con aserrín de Bolaina	Es la capacidad que tiene el óxido de calcio obtenido a partir de la descomposición del carbonato de calcio, para poder ablandar aguas de pozo. (Espigares M. y Pérez J. 2007)	Para evaluar la eficiencia del óxido de calcio se usó la fórmula: $\text{Eficiencia} = \frac{\text{Concentrac. inicial} - \text{Concentrac. final}}{\text{Concentrac. inicial}} \times 100\%$ Con la finalidad de ablandar las aguas de pozo.	Dosis de óxido de calcio	Peso del óxido de calcio (g)	Intervalo
			Característica física	Granulometría 1 (µm)	Intervalo
				Granulometría 2 (µm)	Intervalo
VARIABLE DEPENDIENTE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Ablandamiento de las aguas de pozo	Consiste en reducir la cantidad de bicarbonatos de calcio y magnesio en el agua de subterránea (Espigares M. y Pérez J. 2007)	Aplicación de óxido de calcio a diferentes dosis con la finalidad de ablandar las aguas de pozo	Parámetros fisicoquímicos	Dureza (mg/l CaCO ₃)	Razón
				Conductividad (µS/cm)	Razón
				pH (unidad)	Razón
			Remoción de dureza	Porcentaje (%)	Razón

Fuente: *Elaboración Propia*

2.3 Población y muestra

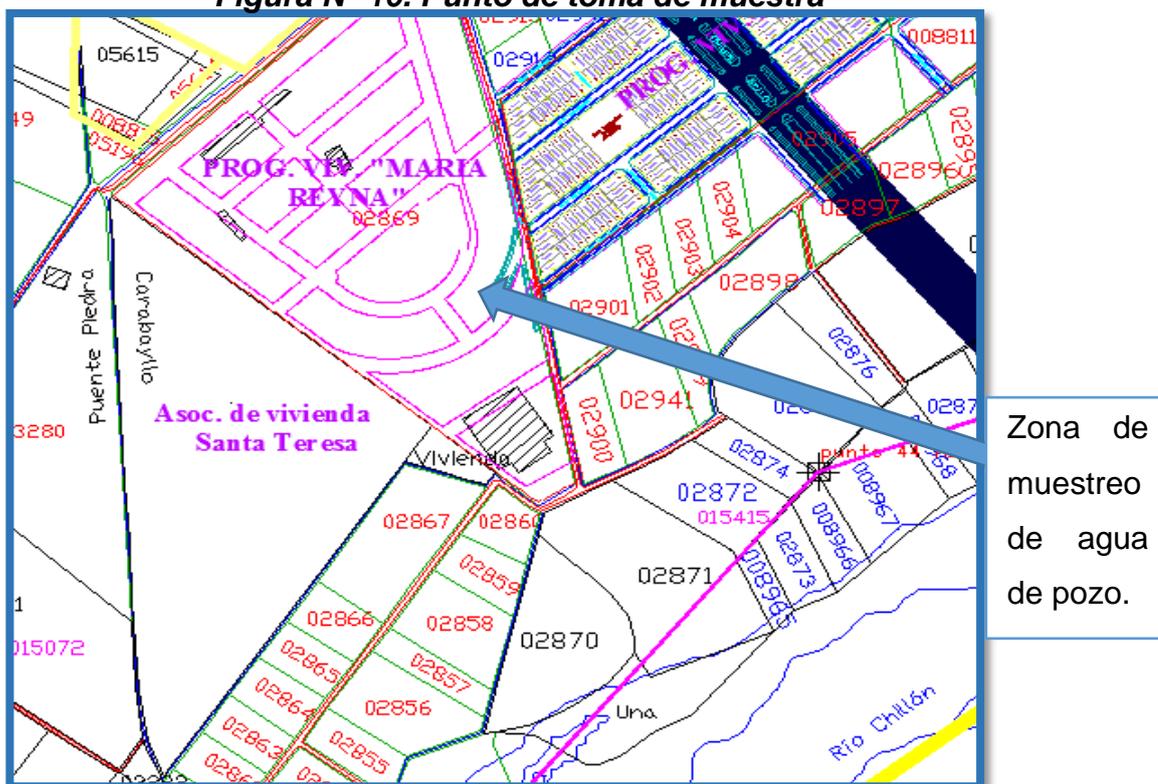
2.3.1 Población

Pozos de agua subterránea de Lima

2.3.2 Muestra

Para la investigación se tomaron 5 litros de muestra de agua de pozo dentro de una vivienda ubicada en la manzana D lote 12 del Programa de Vivienda María Reyna, centro poblado San Pedro en el distrito de Carabayllo. Los pobladores del lugar tienen una red provisional de agua para su localidad. La figura N° 10 muestra la ubicación del lugar, además en la Tabla N° 13 podemos conocer las coordenadas UTM

Figura N° 10. Punto de toma de muestra



Fuente: Sub Gerencia de Catastro y Habilitaciones Urbanas – Municipalidad de Carabayllo 2017

Tabla N° 13. Coordenadas UTM del punto de muestreo

Coordenadas UTM (WGS 84)	
X	276219.30
Y	8685599.39

Fuente: Elaboración Propia

- ❖ Tipo de muestreo: La muestra se tomó directamente de un caño de agua dentro de la vivienda en botellas de plástico de boca estrecha y cierre estanco con una capacidad de 500 ml enjuagando el envase con el agua misma antes de recolectarla.

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

2.4.1 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Para la recolección de datos se realizó la experimentación en el laboratorio de suelos de la Universidad Cesar Vallejo donde se analizaron las 5 muestras de agua tratada con cal de granulometría 1 y las otras 5 muestras con granulometría 2. El método para determinar la dureza fue aplicando la titulación con EDTA donde se obtuvieron fichas de resultados que se muestran como anexos; del mismo modo se

enviaron dos muestras una antes y otra después del tratamiento a dos laboratorios certificados por el INACAL (una muestra a NSF Envirolab antes del tratamiento y la otra a Envirotest después del tratamiento) para validar los resultados que se obtuvieron. Las fichas se lograron obtener luego de analizar los datos, documentación de investigación y observación de los hechos de forma directa. Luego se procedió a la validación del instrumento por especialistas del área.

2.4.2 Validez y confiabilidad del instrumento

Para validar los instrumentos se pidió la apreciación de 3 expertos en el tema quienes sometieron a juicio e hicieron algunas observaciones con la finalidad de mejorar lo hecho.

Los especialistas que validaron la información fueron:

- ❖ **N° 1.** Mg Lorgio Valdiviezo Gonzales
Máster en Ingeniería Metalúrgica y de materiales
CIP. 77088
- ❖ **N° 2.** QF Mónica Guadalupe Retuerto Figueroa
Master en Medio Ambiente y desarrollo Sostenible
CQF. 07996
- ❖ **N° 3.** Mg Cinthya Farje Jurado
Máster en Ingeniería Química
CIP. 143463

2.5 Métodos de análisis de datos

La información obtenida será procesada en Excel y SPSS donde se presentarán diversos cuadros con los resultados obtenidos en todas las pruebas con el objetivo de encontrar diferencias entre uno y otro análisis para generar las conclusiones en respuesta a los objetivos planteados.

Además, se realizará la prueba T – Student para muestras relacionadas ya que hay valores antes y después del tratamiento repitiéndose el análisis para cada tratamiento de diferente granulometría.

2.6 Aspectos éticos

La investigación está basada en los lineamientos de la ética profesional donde me comprometo a mostrar los resultados reales de mi investigación amparados en los documentos y registros que mostraré provenientes del laboratorio donde analizaré mis muestras de agua y los cuadros que he diseñado, todo con total transparencia.

III. RESULTADOS

Los resultados luego del tratamiento de las aguas de pozo se muestran a continuación:

3.1 Tratamiento con óxido de calcio proveniente de cáscara de huevo de granulometría (G1)

En la primera etapa del tratamiento se obtuvieron los resultados de las 5 muestras con un promedio de 4.686 g de óxido de calcio proveniente de 5 g de cáscara de huevo y 0.680 g de carbón activado proveniente de 5 g de aserrín de Bolaina.

Tabla N° 14. Obtención de óxido de calcio y carbón activado

CANTIDADES DE OXIDO DE CALCIO (G1) Y CARBÓN ACTIVADO	ANTES	DESPUÉS	ANTES	DESPUÉS
	Peso cáscara de huevo de gallina (g)	Peso del óxido de calcio (g)	Peso del aserrín de Bolaina (g)	Peso del carbón activado (g)
	5	4.87	5	0.68
	5	4.5	5	0.72
	5	4.67	5	0.69
	5	4.9	5	0.65
5	4.49	5	0.66	
PROMEDIO	5	4.686	5	0.68

Fuente: Elaboración Propia

Luego de la etapa primaria se pasó al tratamiento con óxido de calcio y carbón activado obtenidos anteriormente; los resultados se muestran en los siguientes cuadros. Cabe considerar que en esta segunda etapa del tratamiento se trabajó variando el peso del óxido de calcio (proceso I) y 0.60 g carbón activado constante para cada muestra (proceso II)

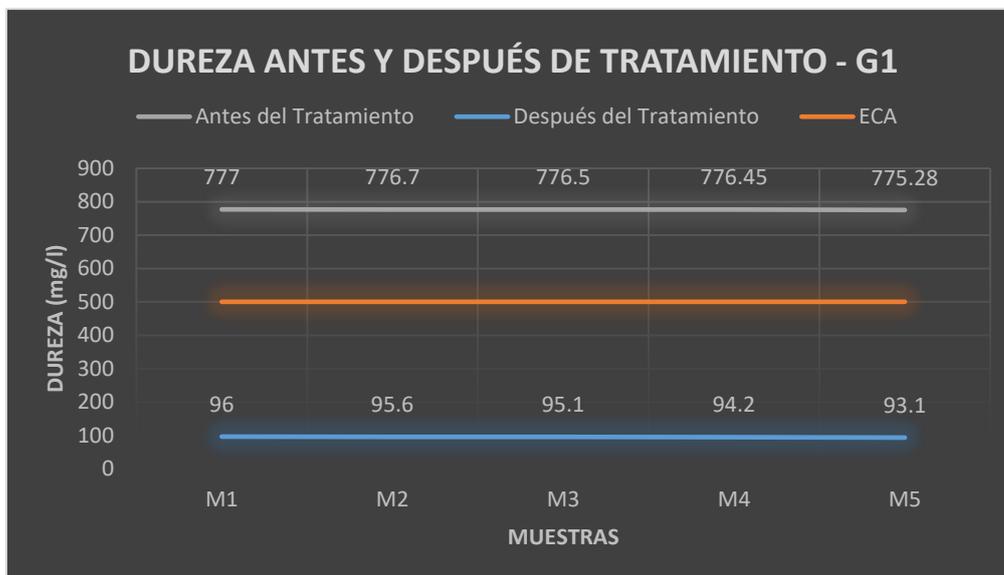
Tabla N° 15. Dureza antes y después comparada con el ECA

TRATAMIENTO G1	M1	M2	M3	M4	M5	Resultados laboratorios certificados
Dosis de óxido de calcio (g)	4	5	6	7	8	8
ECA - Agua (mg/l)	500	500	500	500	500	500
Antes del tratamiento (mg/l)	777	776.7	776.5	776.45	775.28	776.50
Después del tratamiento (mg/l)	96	95.6	95.1	94.2	93.1	95.00
%Remoción	87.64%	87.69%	87.75%	87.87%	87.99%	87.77%

Fuente: Elaboración Propia

Notamos en la Tabla N° 15 que en el tratamiento con una granulometría de óxido de calcio de 180 μm (G1) se obtiene un 87.77% de remoción lo que significa que el agua antes era extremadamente dura pasó a ser semi dura

Figura N° 11. Dureza antes y después comparada con el ECA



Fuente: Elaboración Propia

Así vemos en la Figura N° 11 la reducción de dureza del agua de pozo además se puede notar la comparación con el ECA agua. Se ve una reducción similar en cada una de las 5 muestras analizadas.

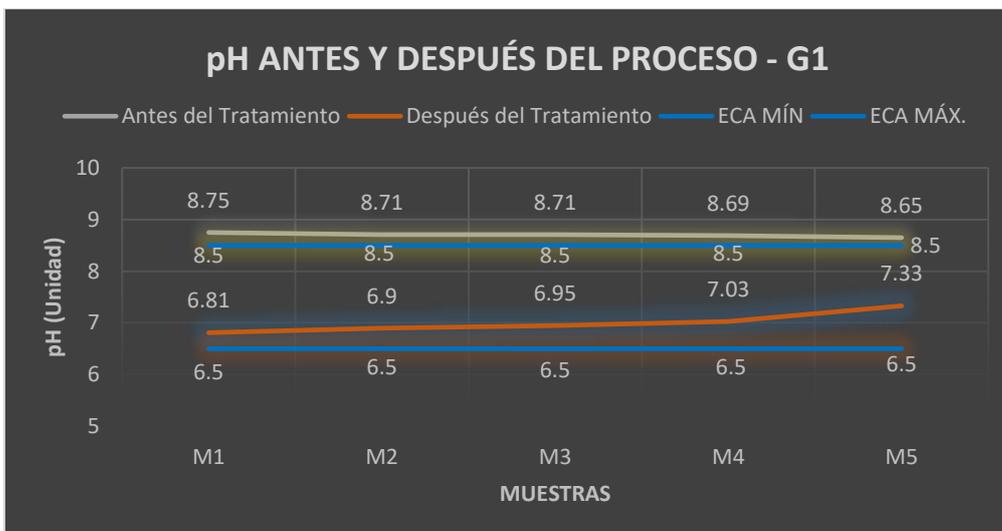
Tabla N° 16. pH antes y después comparada con el ECA

TRATAMIENTO G1	M1	M2	M3	M4	M5	Promedio
Dosis de óxido de calcio (g)	4	5	6	7	8	8
ECA - Agua (Unidad)	6.5 - 8.5	6.5 - 8.5	6.5 - 8.5	6.5 - 8.5	6.5 - 8.5	6.5 - 8.5
Antes del proceso (Unidad)	8.75	8.71	8.71	8.69	8.65	8.702
Después del proceso (Unidad)	6.81	6.9	6.95	7.03	7.33	7.004

Fuente: Elaboración Propia

Notamos en la Tabla N° 16 que en el tratamiento con una granulometría de óxido de calcio de 180 μm (G1) se obtiene una variación de 8.702 a 7.004 de unidades de pH lo que significa que el agua antes era ligeramente alcalina pasó a un pH muy cercano al neutral.

Figura N° 12. pH antes y después comparada con el ECA



Fuente: Elaboración Propia

Así vemos en la Figura N° 12 la variación del pH del agua de pozo además se puede notar la comparación con el ECA agua. Se ve una variación similar en cada una de las 5 muestras analizadas.

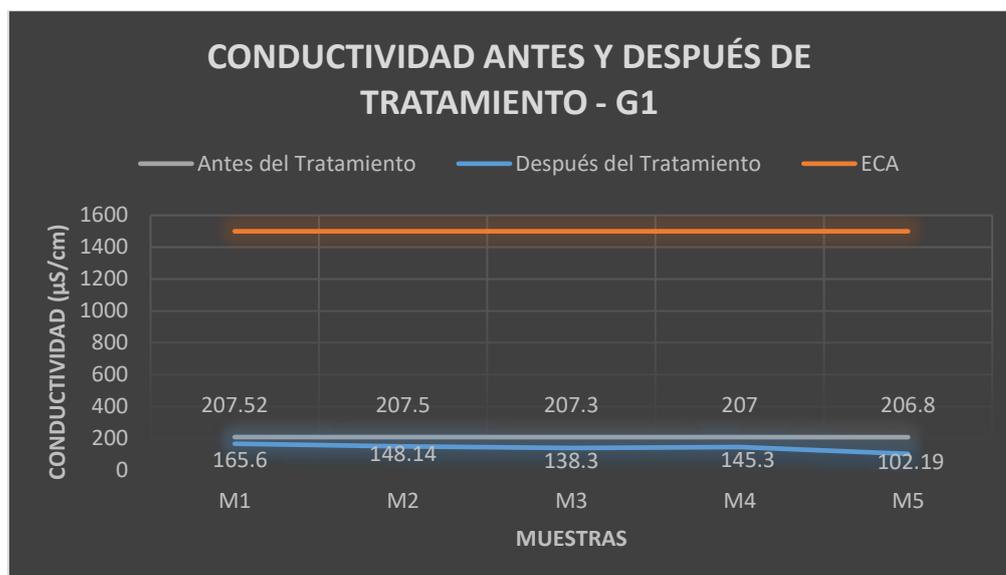
Tabla N° 17. Conductividad antes y después comparada con el ECA

TRATAMIENTO G1	M1	M2	M3	M4	M5	Promedio
Dosis de óxido de calcio (g)	4	5	6	7	8	-
ECA - Agua ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	1500	1500	1500	1500	1500	1500
Antes del proceso ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	207.52	207.5	207.3	207	206.8	207.224
Después del proceso ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	165.6	148.14	138.3	145.3	102.19	139.906

Fuente: Elaboración Propia

Notamos en la Tabla N° 17 que en el tratamiento con una granulometría de óxido de calcio de 180 μm (G1) se obtiene una variación media de 207.224 a 139.906 $\mu\text{S}/\text{cm}$ lo que significa que el agua redujo su nivel de conducir la corriente eléctrica.

Figura N° 13. Conductividad antes y después comparada con el ECA



Fuente: Elaboración Propia

Así vemos en la Figura N° 13 la variación de la conductividad del agua de pozo además se puede notar la comparación con el ECA agua. Se ve una variación similar en cada una de las 5 muestras analizadas que tiende a disminuir la concentración mientras se use mayor dosis de óxido de calcio.

3.2 Tratamiento con óxido de calcio proveniente de cáscara de huevo de granulometría (G2)

En la primera etapa del tratamiento se obtuvo un promedio de 4.796 g de óxido de calcio proveniente de 5 g de cáscara de huevo y 0.686 g de carbón activado proveniente de 5 g de aserrín de Bolaina.

Tabla N° 18. Obtención de óxido de calcio y carbón activado

CANTIDADES DE OXIDO DE CALCIO (G2) Y CARBÓN ACTIVADO	ANTES	DESPUÉS	ANTES	DESPUÉS
	Peso cáscara de huevo de gallina (g)	Peso del óxido de calcio (g)	Peso del aserrín de Bolaina (g)	Peso del carbón activado (g)
	5	4.9	5	0.69
	5	4.62	5	0.68
	5	4.68	5	0.71
	5	4.91	5	0.69
	5	4.87	5	0.66
PROMEDIO	5	4.796	5	0.686

Fuente: Elaboración Propia

Luego de la etapa primaria se pasó al tratamiento en si donde se obtuvieron los resultados que se muestran en los siguientes cuadros. Cabe considerar que en esta segunda etapa del tratamiento se trabajó con 4.60 g de óxido de calcio (proceso I) y 0.60 g carbón activado constante para cada muestra (proceso II)

Tabla N° 19. Dureza antes y después comparada con el ECA

TRATAMIENTO G2	M1	M2	M3	M4	M5	Resultados laboratorios certificados
Dosis de óxido de calcio (g)	4	5	6	7	8	8
ECA - Agua (mg/l)	500	500	500	500	500	500
Antes del tratamiento (mg/l)	777	776.7	776.5	776.45	775.28	776.50
Después del tratamiento (mg/l)	201	199.2	199	195.6	193.1	199.00
%Remoción	74.13%	74.35%	74.37%	74.81%	75.09%	74.37%

Fuente: Elaboración Propia

Notamos en la Tabla N° 17 que en el tratamiento con una granulometría de óxido de calcio de 850 μm (G2) se obtiene un 74.37% de remoción lo que significa que el agua extremadamente dura paso a agua dura.

Figura N° 14. Dureza antes y después comparada con el ECA



Fuente: Elaboración Propia

Así vemos en la Figura N° 12 la reducción de dureza del agua de pozo además se puede notar la comparación con el ECA agua. Se ve una reducción similar en cada una de las 5 muestras analizadas.

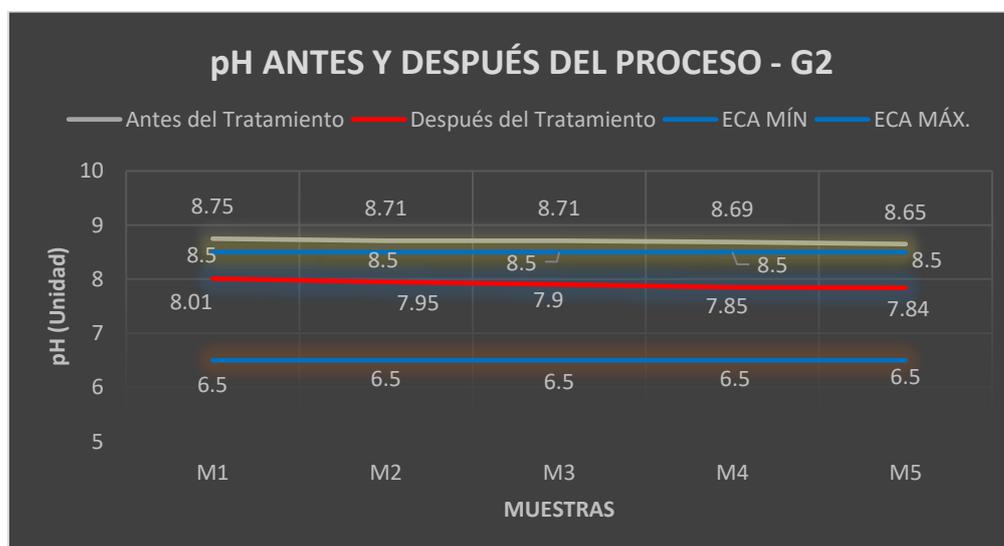
Tabla N° 20. pH antes y después comparada con el ECA

TRATAMIENTO G2	M1	M2	M3	M4	M5	Promedio
Dosis de óxido de calcio (g)	4	5	6	7	8	8
ECA - Agua (Unidad)	6.5 - 8.5	6.5 - 8.5	6.5 - 8.5	6.5 - 8.5	6.5 - 8.5	6.5 - 8.5
Antes del proceso (Unidad)	8.75	8.71	8.71	8.69	8.65	8.702
Después del proceso (Unidad)	8.01	7.95	7.9	7.85	7.84	7.91

Fuente: Elaboración Propia

Notamos en la Tabla N° 20 que en el tratamiento con una granulometría de óxido de calcio de 850 μm (G2) se obtiene una variación de 8.702 a 7.91 unidades de pH lo que significa que el agua antes era ligeramente alcalina pasó a un pH cercano al neutral.

Figura N° 15. pH antes y después comparada con el ECA



Fuente: Elaboración Propia

Así vemos en la Figura N° 15 la variación del pH del agua de pozo además se puede notar la comparación con el ECA agua. Se ve una variación similar en cada una de las 5 muestras analizadas.

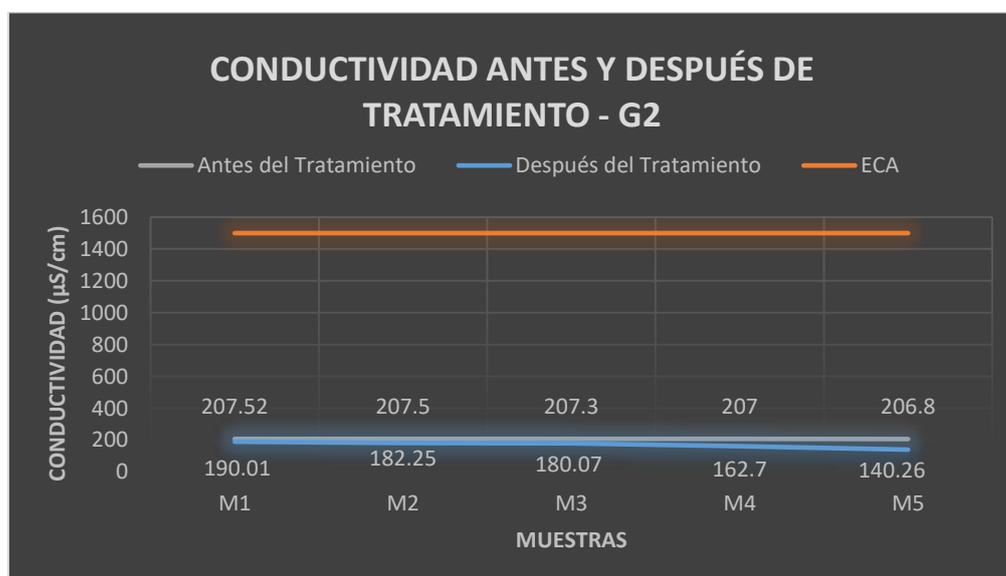
Tabla N° 21. Conductividad antes y después comparada con el ECA

TRATAMIENTO G2	M1	M2	M3	M4	M5	Promedio
Dosis de óxido de calcio (g)	4	5	6	7	8	-
ECA - Agua ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	1500	1500	1500	1500	1500	1500
Antes del proceso ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	207.52	207.5	207.3	207	206.8	207.224
Después del proceso ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	190.01	182.25	180.07	162.7	140.26	171.058

Fuente: Elaboración Propia

Notamos en la Tabla N° 21 que en el tratamiento con una granulometría de óxido de calcio de 850 μm (G2) se obtiene una variación media de 207.224 a 171.058 $\mu\text{S}/\text{cm}$ lo que significa que el agua redujo su nivel de conducir la corriente eléctrica.

Figura N° 16. Conductividad antes y después comparada con el ECA



Fuente: Elaboración Propia

Así vemos en la Figura N° 16 la variación de la conductividad del agua de pozo además se puede notar la comparación con el ECA agua. Se ve una variación similar en cada una de las 5 muestras analizadas que tiende a disminuir la concentración mientras se use mayor dosis de óxido de calcio.

3.3 Comparación de tratamientos

Para evaluar la eficiencia se compararon los dos resultados de los tratamientos llegando a obtener que el tratamiento con G1 es más eficiente que el de G2 (según Tabla N° 22)

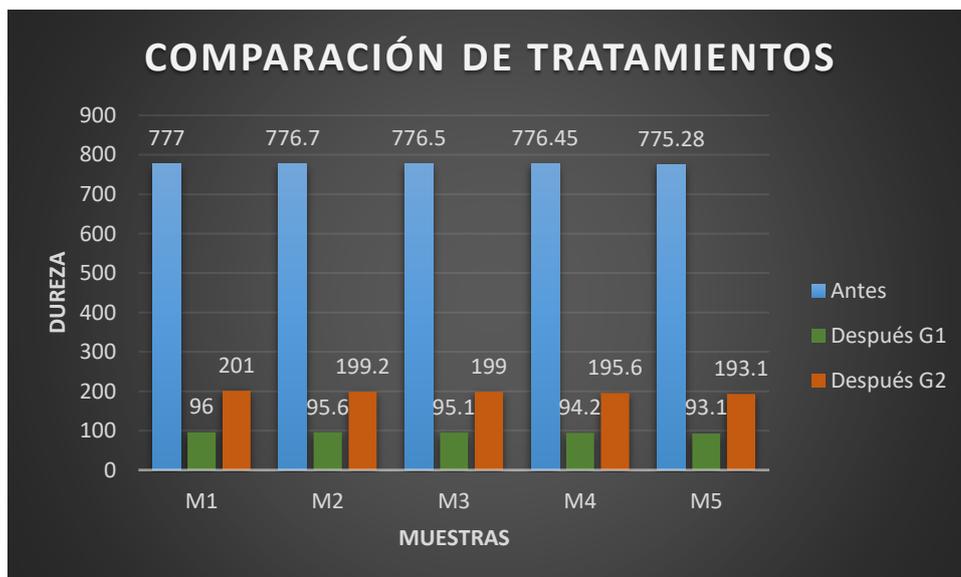
Tabla N° 22. Dureza antes y después por tipo de tratamiento

MUESTRAS	Antes	Después G1	Después G2
M1	777	96	201
M2	776.7	95.6	199.2
M3	776.5	95.1	199
M4	776.45	94.2	195.6
M5	775.28	93.1	193.1

Fuente: Elaboración Propia

En la figura N° 17 notamos en azul el nivel de dureza antes del tratamiento mientras que la siguiente barra muestra el tratamiento con G1 y la última muestra el tratamiento con G2. Evidentemente el tratamiento con G1 es más eficiente.

Figura N° 17. Dureza antes y después comparada con el ECA



Fuente: Elaboración Propia

3.4 Prueba T - Student para muestras relaciones (Prueba de hipótesis)

❖ Prueba de hipótesis para muestras con tratamiento G1 antes y después

a. Dureza antes y después

Hipótesis Alternativa (H_1)

El óxido de calcio de granulometría G1 procedente de calcinación de la cáscara de huevo con aserrín de Bolaina permite ablandar las aguas de pozo.

Hipótesis nula (H_0)

El óxido de calcio de granulometría G1 procedente de calcinación de la cáscara de huevo con aserrín de Bolaina no permite ablandar las aguas de pozo.

Tabla N° 23 Estadísticas de muestras emparejadas

	Media	N	Desviación estándar	Media de error estándar
Par 1 Dureza Antes	776,3860	5	,65497	,29291
Dureza Después	94,8000	5	1,16404	,52058

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 24. Correlaciones de muestras emparejadas

	N	Correlación	Sig.
Par 1 Dureza Antes & Dureza Después	5	,939	,018

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 25. 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 Dureza Antes - Dureza Después	681,58600	,59328	,26532	680,84935	682,32265	2568,897	4	,000

Fuente: Elaboración Propia

La tabla N° 23 muestra la estadística de las muestras emparejadas antes y después del tratamiento G1. Mientras que se puede observar en las tablas N° 24 la correlación directa y fuerte que existe en los resultados. En la tabla N° 25 notamos la prueba T para muestras emparejadas con un nivel de significancia menor a 0,05 por lo que se rechaza la hipótesis nula y aceptamos la alterna lo que significa que el óxido de calcio de granulometría G1 procedente de calcinación de la cáscara de huevo con aserrín de Bolaina permite ablandar las aguas de pozo.

b. pH antes y después

Hipótesis Alternativa (H₁)

El óxido de calcio de granulometría G1 proveniente de la calcinación de la cáscara de huevo con aserrín de Bolaina influye en la variación de la concentración de los parámetros fisicoquímicos (pH) de las aguas de pozo.

Hipótesis Nula (H₀)

El óxido de calcio de granulometría G1 proveniente de la calcinación de la cáscara de huevo con aserrín de Bolaina no influye en la variación de la concentración de los parámetros fisicoquímicos (pH) de las aguas de pozo.

Tabla N° 26. Estadísticas de muestras emparejadas

	Media	N	Desviación estándar	Media de error estándar
Par 1 pH Antes	8,7020	5	,03633	,01625
pH Después	7,0040	5	,19895	,08897

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 27. Correlaciones de muestras emparejadas

	N	Correlación	Sig.
Par 1 pH Antes & pH Después	5	-,963	,009

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 28. 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	1,69800	,23414	,10471	1,40728	1,98872	16,216	4	,000

Fuente: Elaboración Propia

La tabla N° 26 muestra la estadística de las muestras emparejadas antes y después del tratamiento G1. Mientras que se puede observar en las tablas N° 27 la correlación inversa y fuerte que existe en los resultados. En la tabla N° 28 notamos la prueba T para muestras emparejadas con un nivel de significancia menor a 0,05 por lo que se rechaza la hipótesis nula y aceptamos la alterna lo que significa que el óxido de calcio de granulometría G1 proveniente de la calcinación de la cáscara de huevo con aserrín de Bolaina influye en la variación de la concentración de los parámetros fisicoquímicos (pH) de las aguas de pozo.

c. Conductividad antes y después

Hipótesis Alternativa (H₁)

El óxido de calcio de granulometría G1 proveniente de la calcinación de la cáscara de huevo con aserrín de Bolaina influye en la variación de la concentración de los parámetros fisicoquímicos (conductividad) de las aguas de pozo.

Hipótesis Nula (H₀)

El óxido de calcio de granulometría G1 proveniente de la calcinación de la cáscara de huevo con aserrín de Bolaina no influye en la variación de la concentración de los parámetros fisicoquímicos (conductividad) de las aguas de pozo.

Tabla N° 29. Estadísticas de muestras emparejadas

	Media	N	Desviación estándar	Media de error estándar
Par 1 Conductividad Antes	207,2240	5	,31604	,14134
Conductividad Después	139,9060	5	23,35675	10,44546

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 30. Correlaciones de muestras emparejadas

	N	Correlación	Sig.
Par 1 Conductividad Antes & Conductividad Después	5	,831	,081

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 31. 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	Conductividad Antes - Conductividad Después	67,31800	23,09476	10,32829	38,64206	95,99394	6,518	4	,003

Fuente: Elaboración Propia

La tabla N° 29 muestra la estadística de las muestras emparejadas antes y después del tratamiento G1. Mientras que se puede observar en la tablas N° 30 la correlación directa y fuerte que existe en los resultados. En la tabla N° 31 notamos la prueba T para muestras emparejadas con un nivel de significancia menor a 0,05 por lo que se rechaza la hipótesis nula y aceptamos la alterna lo que significa que el óxido de calcio de granulometría G1 proveniente de la calcinación de la cáscara de huevo con aserrín de Bolaina influye en la variación de la concentración de los parámetros fisicoquímicos (conductividad) de las aguas de pozo.

❖ **Prueba de hipótesis para muestras con tratamiento G2 antes y después**

a. Dureza antes y después

Hipótesis Alternativa (H₁)

El óxido de calcio de granulometría G2 procedente de calcinación de la cáscara de huevo con aserrín de Bolaina permite ablandar las aguas de pozo.

Hipótesis nula (H₀)

El óxido de calcio de granulometría G2 procedente de calcinación de la cáscara de huevo con aserrín de Bolaina no permite ablandar las aguas de pozo.

Tabla N° 32. Estadísticas de muestras emparejadas

		Media	N	Desviación estándar	Media de error estándar
Par 1	Dureza Antes	776,3860	5	,65497	,29291
	Dureza Después	197,5800	5	3,17522	1,42000

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 33. Correlaciones de muestras emparejadas

	N	Correlación	Sig.
Par 1 Dureza Antes & Dureza Después	5	,913	,030

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 34. 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 Dureza Antes - Dureza Después	578,80600	2,59069	1,15859	575,5892 3	582,0227 7	499,577	4	,000

Fuente: Elaboración Propia

La tabla N° 32 muestra la estadística de las muestras emparejadas antes y después del tratamiento G2. Mientras que se puede observar en la tabla N° 33 la correlación directa y fuerte que existe en los resultados. En la tabla N° 34 notamos la prueba T para muestras emparejadas con un nivel de significancia menor a 0,05 por lo que se rechaza la hipótesis nula y aceptamos la alterna lo que significa que el óxido de calcio de granulometría G2 procedente de calcinación de la cáscara de huevo con aserrín de Bolaina permite ablandar las aguas de pozo.

b. pH antes y después

Hipótesis Alternativa (H₁)

El óxido de calcio de granulometría G2 proveniente de la calcinación de la cáscara de huevo con aserrín de Bolaina influye en la variación de la concentración de los parámetros fisicoquímicos (pH) de las aguas de pozo.

Hipótesis Nula (H₀)

El óxido de calcio de granulometría G2 proveniente de la calcinación de la cáscara de huevo con aserrín de Bolaina no influye en la variación de la concentración de los parámetros fisicoquímicos (pH) de las aguas de pozo.

Tabla N° 35. Estadísticas de muestras emparejadas

	Media	N	Desviación estándar	Media de error estándar
Par 1 pH Antes	8,7020	5	,03633	,01625
pH Después	7,9100	5	,07106	,03178

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 36. Correlaciones de muestras emparejadas

	N	Correlación	Sig.
Par 1 pH Antes & pH Después	5	,910	,032

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 37. 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	,79200	,04087	,01828	,74126	,84274	43,336	4	,000

Fuente: Elaboración Propia

La tabla N° 35 muestra la estadística de las muestras emparejadas antes y después del tratamiento G2. Mientras que se puede observar en la tabla N° 36 la correlación directa y fuerte que existe en los resultados. En la tabla N° 37 notamos la prueba T para muestras emparejadas con un nivel de significancia menor a 0,05 por lo que se rechaza la hipótesis nula y aceptamos la alterna lo que significa que el óxido de calcio de granulometría G2 proveniente de la calcinación de la cáscara de huevo con aserrín de Bolaina influye en la variación de la concentración de los parámetros fisicoquímicos (pH) de las aguas de pozo.

c. Conductividad antes y después

Hipótesis Alternativa (H₁)

El óxido de calcio de granulometría G2 proveniente de la calcinación de la cáscara de huevo con aserrín de Bolaina influye en la variación de la concentración de los parámetros fisicoquímicos (conductividad) de las aguas de pozo.

Hipótesis Nula (H₀)

El óxido de calcio de granulometría G2 proveniente de la calcinación de la cáscara de huevo con aserrín de Bolaina no influye en la variación de la concentración de los parámetros fisicoquímicos (conductividad) de las aguas de pozo.

Tabla N° 38. Estadísticas de muestras emparejadas

		Media	N	Desviación estándar	Media de error estándar
Par 1	Conductividad Antes	207,2240	5	,31604	,14134
	Conductividad Después	171,0580	5	19,89993	8,89952

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 39. Correlaciones de muestras emparejadas

		N	Correlación	Sig.
Par 1	Conductividad Antes & Conductividad Después	5	,967	,007

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 40. Prueba de muestras emparejadas

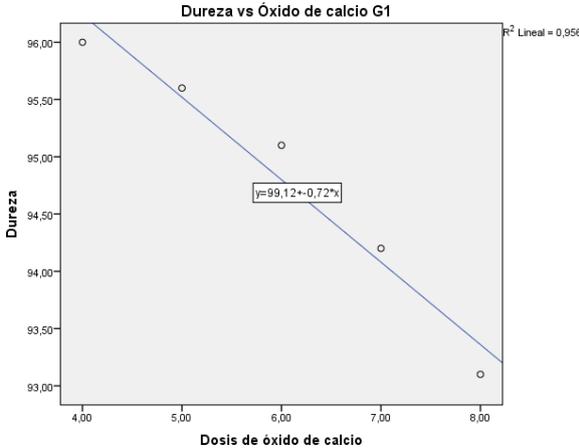
		Diferencias emparejadas				t	gl	Sig. (bilateral)	
		Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
					Inferior				Superior
Par 1	Conductividad Antes - Conductividad Después	36,16600	19,59464	8,76299	11,83604	60,49596	4,127	4	,015

Fuente: Elaboración Propia

La tabla N° 38 muestra la estadística de las muestras emparejadas antes y después del tratamiento G2. Mientras que se puede observar en las tablas N° 39 la correlación directa y fuerte que existe en los resultados. En la tabla N° 40 notamos la prueba T para muestras emparejadas con un nivel de significancia menor a 0,05 por lo que se rechaza la hipótesis nula y aceptamos la alterna lo que significa que el óxido de calcio de granulometría G2 proveniente de la calcinación de la cáscara de huevo con aserrín de Bolaina influye en la variación de la concentración de los parámetros fisicoquímicos (conductividad) de las aguas de pozo.

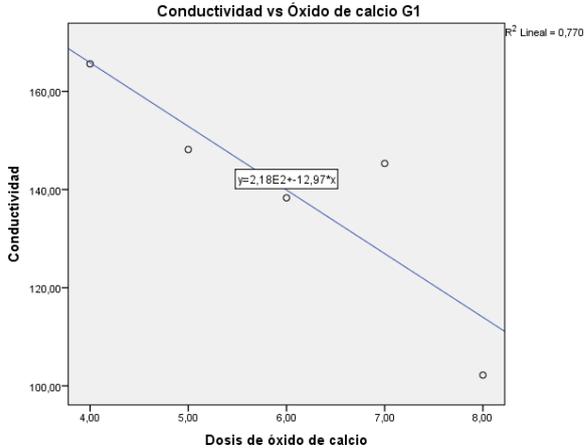
3.5 Gráficos Q-Q Normal

Figura N° 18. Dureza después de tratamiento con óxido de calcio G1



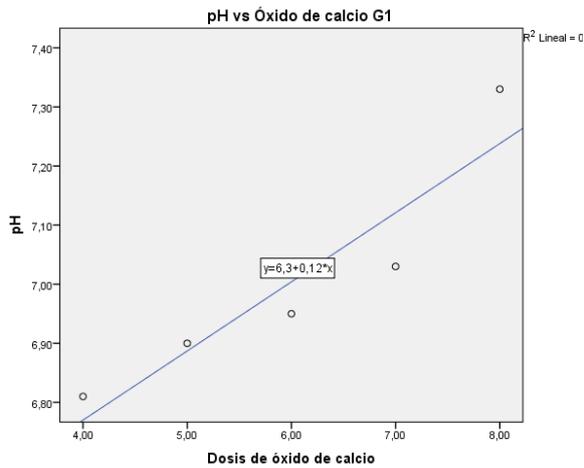
Fuente: Elaboración Propia

Figura N° 19. Conductividad después de tratamiento con óxido de calcio G1



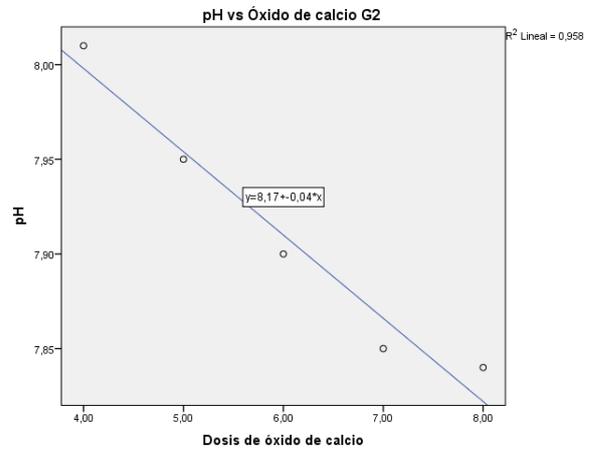
Fuente: Elaboración Propia

Figura N° 20. pH después de tratamiento con óxido de calcio G1



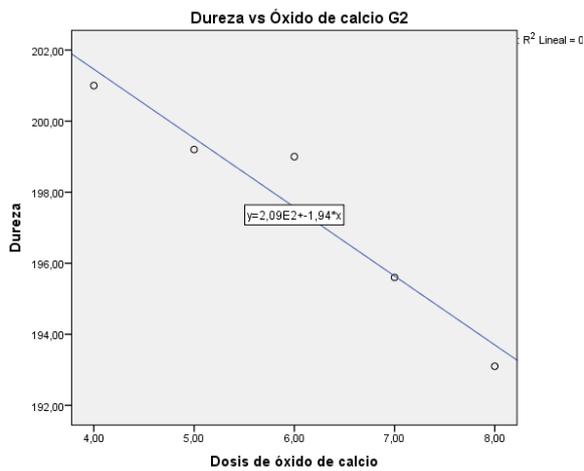
Fuente: Elaboración Propia

Figura N° 22. pH después de tratamiento con óxido de calcio G2



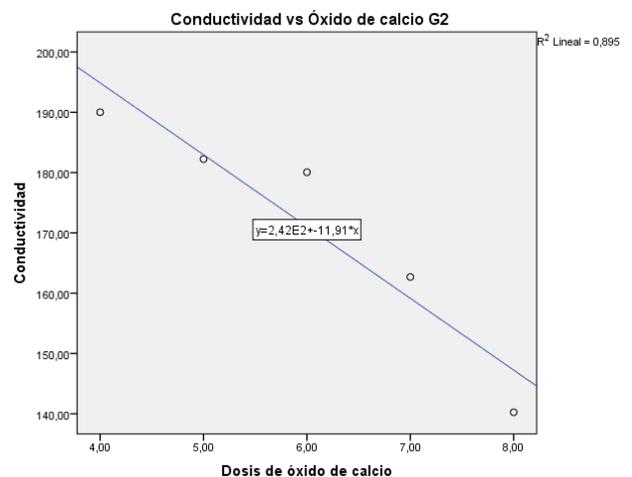
Fuente: Elaboración Propia

Figura N° 21. Dureza después de tratamiento con óxido de calcio G2



Fuente: Elaboración Propia

Figura N° 23. Conductividad después de tratamiento con óxido de calcio G2



Fuente: Elaboración Propia

IV. DISCUSIÓN

La obtención de óxido de calcio y carbón activado a partir de cáscara de huevo de gallina y aserrín de Bolaina se logró a una temperatura de calcinación de 700 °C realizando el proceso en dos horas siendo la primera a 200 °C esto se contrasta con lo realizado por E. Olivares y J. Guevara-García (2014) quienes pudieron obtener óxido de calcio a partir de la cáscara de huevo de gallina al calcinarlas con aserrín de diversas maderas a una temperatura de 500 °C. Los resultados guardan cierta similitud sin embargo notamos que el estudio realizado por los autores mencionados es más eficiente probablemente a que ellos usaron crisol Gooch como recipiente para la calcinación, mientras que en el presente estudio se usaron los crisoles convencionales.

Se aplicaron dos tipos de granulometría de cáscara de huevo (180 y 850 micras) para comparar los rendimientos del óxido de calcio en el ablandamiento de aguas de pozo obteniéndose resultados positivos (ver resultados) así se pudo conocer que debido al diferente diámetro el de granulometría 1 (180 micras) es más eficiente que el de granulometría 2 (850 micras). Estos resultados guardan similitud con lo realizado Barros, Bello, Valiño, Bao, & Arias (2007) en su investigación de obtención de carbonato de calcio a partir de mejillones a 500 °C calcinándolos a diferentes granulometrías.

En la investigación se usó aserrín de madera Bolaina blanca para que al calcinarla con cáscara de huevo se pueda obtener carbón activado y cal y de esta forma ablandar las aguas de pozo. Un estudio similar realizó Donaciano Luna, Armando González, Manuel Gordon y Nancy Martín (2006), quienes usaron cáscaras de coco obteniendo resultados muy parecidos de carbón activado por ello consideramos como una alternativa más a la Bolaina para ablandamiento de aguas de pozo.

En el proceso de ablandamiento con óxido de calcio se pudo notar pequeñas partículas que se suspendían en el agua lo que muestra que este tratamiento produce carbonatos de calcio y magnesio los cuales son elementos de la dureza temporal. Esta parte del tratamiento se contrasta con lo mencionado por M. García y J. Perez (2012) quienes sostienen que cuando a un agua dura se le añade cal se generan reacciones que llegan a eliminar el calcio del agua en forma de carbonato

cálcico, CO_3Ca , y el magnesio en forma de hidróxido de magnesio, $\text{Mg}(\text{OH})_2$, ambos compuestos son insolubles en el agua por lo tanto se forma una lámina de estos compuestos para luego aplicarles el carbón activado para su adsorción.

Para la obtención de óxido de calcio a partir de cáscara de huevo y carbón activado fueron necesarios considerar variables como temperatura, cantidad de cáscara de huevo y aserrín, tiempo de calcinación y tipo de granulometría. Un estudio similar realizaron S. Gonzales y K. Ticona (2016) quienes indican que el rendimiento para la obtención de óxido de calcio mejora cuando se considera como variables al tiempo de residencia, temperatura de calcinación, concentración de CaCO_3 y granulometría. En este caso ellos usaron piedra caliza.

V. CONCLUSIONES

El porcentaje de remoción de dureza luego del ablandamiento de las aguas de pozo aplicando óxido de calcio de granulometría 180 μm (G1) procedente de calcinación de la cáscara de huevo con aserrín de Bolaina fue de 87.77%

El porcentaje de remoción de dureza luego del ablandamiento de las aguas de pozo aplicando óxido de calcio de granulometría 850 μm (G2) procedente de calcinación de la cáscara de huevo con aserrín de Bolaina fue de 74.37%

La concentración de los parámetros fisicoquímicos luego del ablandamiento de las aguas de pozo usando óxido de calcio de granulometría 180 μm (G1) proveniente de la calcinación de la cáscara de huevo con aserrín de Bolaina fue de 7,0040 para pH y 139,9060 para la conductividad.

La concentración de los parámetros fisicoquímicos luego del ablandamiento de las aguas de pozo usando óxido de calcio de granulometría 850 μm (G2) proveniente de la calcinación de la cáscara de huevo con aserrín de Bolaina fue de 7,9100 para pH y 171,0580 para la conductividad.

Luego de determinar los porcentajes de remoción de dureza y las concentraciones de los parámetros fisicoquímicos podemos decir que el óxido de calcio procedente de la calcinación de la cáscara de huevo con aserrín de Bolaina es eficiente para el ablandamiento de las aguas de pozo especialmente cuando se usa una granulometría 180 μm (G1) de óxido de calcio

VI. RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar pruebas con otros tipos de madera buscando la reducción de temperatura de obtención de cal y aserrín de Bolaina así mismo evaluar su eficiencia en el tratamiento de aguas.

En esta investigación se obtuvo carbón activado y óxido de calcio en crisoles separados dentro de una misma mufla, sin embargo, se podría realizar el mismo estudio, pero mezclándolos en un mismo crisol y evaluar su eficiencia en el tratamiento de aguas duras.

Se recomienda aplicar este tratamiento para otros tipos de contaminantes como metales pesados debido a que existen otros estudios donde se aplica la cáscara de huevo para estos fines, pero sin mayores detalles.

Se pueden realizar más variaciones de granulometría de cáscaras de huevo y aplicarlas directamente al tratamiento de otros contaminantes.

Se recomienda probar si agregando compuestos químicos al carbón activado obtenido de diversas maderas se puede aumentar su poder de adsorción en tratamientos de aguas duras y otros contaminantes.

VII. REFERENCIAS

AYRES, Gilbert. Análisis químico cuantitativo. 2ª ed. México: Harla, 1970.

BHATNAGAR A., HOGLAND W., *et al.* 2013. An overview of the modification methods of activated carbon for its water treatment applications. *Chemical Engineering Journal*. Vol. 219, pp. 499 - 511.

BORGES, M. E., DÍAZ, L. 2012. —Recent developments on heterogeneous catalysts for biodiesel production by oil esterification and transesterification reactions: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. Vol. 16, pp. 2839 - 2849.

Diseño de planta para la producción de carbonato de calcio a partir de la concha de abanico de la ciudad de Sechura por Mauricio Berrú [*et. al.*]. Piura: Universidad de Piura, 2014

Disponible en:
Moran https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/123456789/2025/PYT_Informe%20Final_DIPROCAL.pdf?sequence=1

ESPIGARES GARCÍA M, PÉREZ LÓPEZ J. 2015 Precipitación química Ablandamiento del agua. [Fecha de consulta 15 nov 2016].

Disponible en:

<http://cidta.usal.es/cursos/ETAP/modulos/libros/ablandamiento.pdf>

GARCÍA, A. M., SERRANO V. G., *et al.* 2003. —Adsorption of cadmium by sulphur dioxide treated activated carbon. *J Hazard Mat*. Vol. 103(1-2), pp. 141 – 152.

GRAMAJO, Byron. Determinación de la calidad del agua para consumo humano y uso industrial, obtenida de pozos mecánicos en la zona 11, Mixco, Guatemala 2004.

KUMAR M., TAMILARASAN R. 2013. —Modeling studies for the removal of methylene blue from aqueous solution using *Acacia fumosa* seed shell activated carbon. *Journal of Environmental Chemical Engineering*. Vol. 1, pp. 1108 – 1116.

Lima consume más del triple de agua que necesita, [en línea]. El Comercio.PE. 4 de setiembre de 2014. [Fecha de consulta: 20 de octubre de 2016].

Disponible en:

<http://elcomercio.pe/sociedad/lima/diariamente-lima-consume-mas-triple-agua-que-necesita-noticia-1754779>

MEDINA, B. y VILLEGAS, P. Influencia de las condiciones de activación sobre las características texturales de los carbones activados obtenidos a partir de semillas de mamey. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*. 2004. Vol. 8, pp. 47-51.

MINISTERIO de agricultura y riego: Autoridad Nacional Del Agua (ANA): *Inventario de fuentes de agua subterránea*, Lima, 2003.

Disponible en:

http://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/fuente_agua_subterranea_chillon_0_0.pdf

MINISTERIO del ambiente (Perú). Ingeniería Ambiental - *Manual de legislación ambiental*. Lima.

Disponible

en:

http://legislacionambientalspda.org.pe/index.php?option=com_content&view=article&id=200&Itemid=368

Obtención de carbón activado a partir de la cáscara de coco por Donaciano Luna, [et. al.]. México: Universidad Autónoma de México, 2007

Disponible

en:

http://www.izt.uam.mx/newpage/contactos/anterior/n64ne/carbon_v2.pdf

OLIVARES Y GUEVARA-GARCÍA. Uso de cascarón de huevo y aserrín para la obtención simultánea de cao y carbón activado para catalizadores y tratamiento de aguas residuales – México 2014

Disponible

en:

https://www.researchgate.net/publication/271196023_Uso_de_Cascarón_de_Hue

vo_y_Aserrin_para_la_obtencion_Simultanea_de_CaO_y_Carbon_Activado_para
_Catalizadores_y_Tratamiento_de_Aguas_Residuales

RODIER, J. Análisis de Aguas: aguas naturales, aguas residuales, agua de mar.
Barcelona: Omega, 1981.

RODRIGUEZ, S. La dureza del agua. Ed. Universidad Tecnológica Nacional.
Argentina 2010. Disponible en:
http://www.edutecne.utn.edu.ar/agua/dureza_agua.pdf

ROJAS, J.A. Calidad del agua. Bogotá: Escuela de Ingeniería, 2002

SEMIFOR. Semillas forestales – Tingo María, Perú.
Disponible en: <http://www.semiforeirl.com/pdf/ficha-tecnica.pdf>

STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND
WASTEWATER. 21th edition. American Public Health Association. Washington,
DC. 2005.

Universidad Politécnica de Sevilla. (2002). Manual Del Carbon Activo. Sevilla:
Master en Ingeniería del Agua.
Disponible en:
<http://www.elaguapotable.com/Manual%20del%20carb%C3%B3n%20activo.pdf>

VALDÉS, Jesús. La cáscara del huevo: ¿desecho o valor agregado para la salud
humana y la producción avícola? una experiencia cubana. Bionat - Centro de
investigaciones de bioelementos naturales. pg 8 Cuba 2007

ANEXOS

✓ Instrumentos

Ficha N°1. Proceso de obtención óxido de calcio a partir de la calcinación de la cáscara de huevo con aserrín de Bolaina.

G1 (X)

G2 ()

FECHA	TIEMPO (t)		TEMPERATURA (T)		ANTES DEL PROCESO		DESPUÉS DEL PROCESO		OBSERVACIONES
	t1 (H)	t2 (H)	T1 (°C)	T2 (°C)	Peso cáscara de huevo de gallina (g)	Peso del aserrín de Bolaina (g)	Peso del óxido de calcio (g)	Peso del carbón activado (g)	
18-10-17	1	1	200	700	5.00	5.00	4.87	0.68	
18-10-17	1	1	200	700	5.00	5.00	4.50	0.72	
18-10-17	1	1	200	700	5.00	5.00	4.67	0.69	
18-10-17	1	1	200	700	5.00	5.00	4.90	0.65	
18-10-17	1	1	200	700	5.00	5.00	4.49	0.66	

Los Olivos, Noviembre de 2017

Firma del Responsable

Ficha N°1. Proceso de obtención óxido de calcio a partir de la calcinación de la cáscara de huevo con aserrín de Bolaina.

G1 () G2 (X)

FECHA	TIEMPO (t)		TEMPERATURA (T)		ANTES DEL PROCESO		DESPUÉS DEL PROCESO		OBSERVACIONES
	t1 (H)	t2 (H)	T1 (°C)	T2 (°C)	Peso cáscara de huevo de gallina (g)	Peso del aserrín de Bolaina (g)	Peso del óxido de calcio (g)	Peso del carbón activado (g)	
18-10-17	1	1	200	700	5.00	5.00	4.90	0.69	
18-10-17	1	1	200	700	5.00	5.00	4.62	0.68	
18-10-17	1	1	200	700	5.00	5.00	4.68	0.71	
18-10-17	1	1	200	700	5.00	5.00	4.91	0.69	
18-10-17	1	1	200	700	5.00	5.00	4.87	0.66	

Los Olivos, Noviembre de 2017

Firma del Responsable

Ficha N°2. Proceso de ablandamiento de las aguas de pozo con óxido de calcio procedente de la calcinación de la cáscara de huevo con aserrín de Bolaina.

G1 (X)

G2 ()

FECHA	VOL. MUESTRA (ml)	FLUJO DE AGUA (ml/min)		ANTES DEL PROCESO		DESPUÉS DEL PROCESO		OBSERVACIONES
		Proceso 1	Proceso 2	pH	Conductividad (µS/cm)	pH	Conductividad (µS/cm)	
25-10-17	500	120	90	8.71	207.30	6.81	165.60	
25-10-17	500	90	60	8.71	207.30	6.90	148.14	
25-10-17	500	60	45	8.71	207.30	6.95	138.30	
25-10-17	500	45	30	8.71	207.30	7.03	145.30	
25-10-17	500	30	15	8.71	207.30	7.33	102.19	

Los Olivos, Noviembre de 2017

Firma del Responsable

Ficha N°2. Proceso de ablandamiento de las aguas de pozo con óxido de calcio procedente de la calcinación de la cáscara de huevo con aserrín de Bolaina.

G1 () G2 (X)

FECHA	VOL. MUESTRA (ml)	FLUJO DE AGUA (ml/min)		ANTES DEL PROCESO		DESPUÉS DEL PROCESO		OBSERVACIONES
		Proceso 1	Proceso 2	pH	Conductividad (µS/cm)	pH	Conductividad (µS/cm)	
25-10-17	500	120	90	8.71	207.30	8.01	190.01	
25-10-17	500	90	60	8.71	207.30	7.95	182.25	
25-10-17	500	60	45	8.71	207.30	7.90	180.07	
25-10-17	500	45	30	8.71	207.30	7.85	162.70	
25-10-17	500	30	15	8.71	207.30	7.84	140.26	

Los Olivos, Noviembre de 2017

Firma del Responsable

Ficha N°3. Resultados luego del proceso de ablandamiento de las aguas de pozo con óxido de calcio procedente de la calcinación de la cáscara de huevo con aserrín de Bolaina.

G1 (X)

G2 ()

ITEM N°	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	ECA	M1-A	M2-A	M3-A	M4-A	M5-A	M1-D	M2-D	M3-D	M4-D	M5-D
1	Cantidad de óxido de calcio	g	-	-	-	-	-	-	4	5	6	7	8
2	pH	Unidad	6.5 – 8.5	8.75	8.71	8.71	8.69	8.65	6.81	6.90	6.95	7.03	7.33
3	Conductividad	µS/cm	1500	207.52	207.50	207.30	207.00	206.80	165.60	148.14	138.30	145.30	102.19
4	Dureza	mg/L	500	777.00	776.70	776.50	776.45	775.28	96.00	95.60	95.10	94.20	93.10

* Carbón activado 0.6 g para cada muestra

** M-A: Muestras analizadas antes del tratamiento

*** M-D: Muestras analizadas después del tratamiento

G1: Granulometría del óxido de calcio tipo 1

G2: Granulometría del óxido de calcio tipo 2

Los Olivos, Noviembre de 2017

Firma del Responsable

Ficha N°3. Resultados luego del proceso de ablandamiento de las aguas de pozo con óxido de calcio procedente de la calcinación de la cáscara de huevo con aserrín de Bolaina.

G1 () G2 (X)

ITEM N°	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	ECA	M1-A	M2-A	M3-A	M4-A	M5-A	M1-D	M2-D	M3-D	M4-D	M5-D
1	Cantidad de óxido de calcio	g	-	-	-	-	-	-	4	5	6	7	8
2	pH	Unidad	6.5 – 8.5	8.75	8.71	8.71	8.69	8.65	8.01	7.95	7.90	7.85	7.84
3	Conductividad	µS/cm	1500	207.52	207.50	207.30	207.00	206.80	190.01	182.25	180.07	162.70	140.26
4	Dureza	mg/L	500	777.00	776.70	776.50	776.45	775.28	201.00	199.20	199.00	195.60	193.10

* Carbón activado 0.6 g para cada muestra

** M-A: Muestras analizadas antes del tratamiento

*** M-D: Muestras analizadas después del tratamiento

G1: Granulometría del óxido de calcio tipo 1

G2: Granulometría del óxido de calcio tipo 2

Los Olivos, Noviembre de 2017

Firma del Responsable

✓ Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLE	ESTADÍSTICA
GENERAL	GENERAL	GENERAL	DEPENDIENTE	
Cuál será la eficiencia del óxido de calcio procedente de la calcinación de la cáscara de huevo con aserrín de Bolaina para el ablandamiento de las aguas de pozo, Lima 2017	Evaluar la eficiencia del óxido de calcio procedente de la calcinación de la cáscara de huevo con aserrín de Bolaina para el ablandamiento de las aguas de pozo, Lima 2017	<ul style="list-style-type: none"> •Alternativa H1: El óxido de calcio, procedente de la calcinación de la cáscara de huevo con aserrín de Bolaina es eficiente para el ablandamiento de las aguas de pozo. •Nula Ho: El óxido de calcio, procedente de la calcinación de la cáscara de huevo con aserrín de Bolaina no es eficiente para el ablandamiento de las aguas de pozo. 	Ablandamiento de las aguas de pozo	Cuantitativa

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLE	ESTADÍSTICA
ESPECÍFICO	ESPECÍFICO	ESPECÍFICA	INDEPENDIENTE	
¿Cuánto será el porcentaje de remoción de dureza luego del ablandamiento de las aguas de pozo aplicando óxido de calcio de granulometría G1 procedente de la calcinación de cáscara de huevo con aserrín de Bolaina, Lima 2017?	Determinar el porcentaje de remoción de dureza luego del ablandamiento de las aguas de pozo aplicando óxido de calcio de granulometría G1 procedente de calcinación de la cáscara de huevo con aserrín de Bolaina, Lima 2017.	<ul style="list-style-type: none"> •Alternativa El óxido de calcio de granulometría G1 procedente de calcinación de la cáscara de huevo con aserrín de Bolaina permite ablandar las aguas de pozo. •Nula El óxido de calcio de granulometría G1 procedente de calcinación de la cáscara de huevo con aserrín de Bolaina no permite ablandar las aguas de pozo. 	Óxido de calcio procedente de la calcinación de la cáscara de huevo con aserrín de Bolaina	Cuantitativa

<p>¿Cómo será la concentración de los parámetros fisicoquímicos luego del ablandamiento de las aguas de pozo usando óxido de calcio de granulometría G1 proveniente de la calcinación de la cáscara de huevo con aserrín de Bolaina, Lima 2017?</p>	<p>Determinar la concentración de los parámetros fisicoquímicos luego del ablandamiento de las aguas de pozo usando óxido de calcio de granulometría G1 proveniente de la calcinación de la cáscara de huevo con aserrín de Bolaina, Lima 2017</p>	<p>•Alternativa El óxido de calcio de granulometría G1 proveniente de la calcinación de la cáscara de huevo con aserrín de Bolaina influye en la variación de la concentración de los parámetros fisicoquímicos de las aguas de pozo. •Nula El óxido de calcio de granulometría G1 proveniente de la calcinación de la cáscara de huevo con aserrín de Bolaina no influye en la variación de la concentración de los parámetros fisicoquímicos de las aguas de pozo.</p>		
<p>¿Cuánto será el porcentaje de remoción de dureza luego del ablandamiento de las aguas de pozo aplicando óxido de calcio de granulometría G2 procedente de calcinación de la cáscara de huevo con aserrín de Bolaina, Lima 2017?</p>	<p>Determinar el porcentaje de remoción de dureza luego del ablandamiento de las aguas de pozo aplicando óxido de calcio de granulometría G2 procedente de calcinación de la cáscara de huevo con aserrín de Bolaina, Lima 2017.</p>	<p>•Alternativa El óxido de calcio de granulometría G2 procedente de calcinación de la cáscara de huevo con aserrín de Bolaina permite ablandar las aguas de pozo. •Nula El óxido de calcio de granulometría G2 procedente de calcinación de la cáscara de huevo con aserrín de Bolaina no permite ablandar las aguas de pozo.</p>		
<p>¿Cómo será la concentración de los parámetros fisicoquímicos luego del ablandamiento de las aguas de pozo usando óxido de calcio de granulometría G2 proveniente de la calcinación de la cáscara de huevo con aserrín de Bolaina, Lima 2017?</p>	<p>Determinar la concentración de los parámetros fisicoquímicos luego del ablandamiento de las aguas de pozo usando óxido de calcio de granulometría G2 proveniente de la calcinación de la cáscara de huevo con aserrín de Bolaina, Lima 2017</p>	<p>•Alternativa El óxido de calcio de granulometría G2 proveniente de la calcinación de la cáscara de huevo con aserrín de Bolaina influye en la variación de la concentración de los parámetros fisicoquímicos de las aguas de pozo. •Nula El óxido de calcio de granulometría G2 proveniente de la calcinación de la cáscara de huevo con aserrín de Bolaina no influye en la variación de la concentración de los parámetros fisicoquímicos de las aguas de pozo.</p>		

✓ Fotos de las etapas del tratamiento

Figura N° 24. Cáscaras de huevos lavadas



Figura N° 25. Secado de Cáscaras



Figura N° 26. Cáscaras de huevos en mortero



Figura N° 27. Tamiz de 180 micras (G1)



Figura N° 28. Tamiz de 850 micras (G2)



Figura N° 29. Tamizado del aserrín de Bolaina



Figura N° 30. Crisol derecha: cáscara de huevo con G20. Crisol izquierda: Aserrín de Bolaina



Figura N° 31. Crisol derecha: cáscara de huevo con G1. Crisol izquierda: Aserrín de Bolaina



Figura N° 32. Mufla con muestras a calcinar

Figura N° 33. Muestra calcinada. Izquierda cal G1 y derecha carbón activado



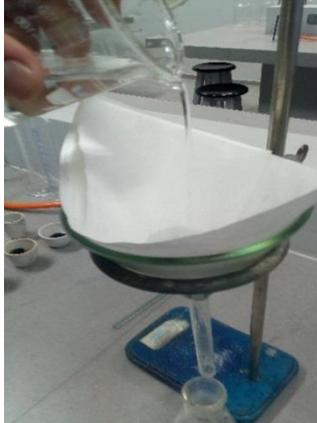
Figura N° 34. Muestra de agua de pozo



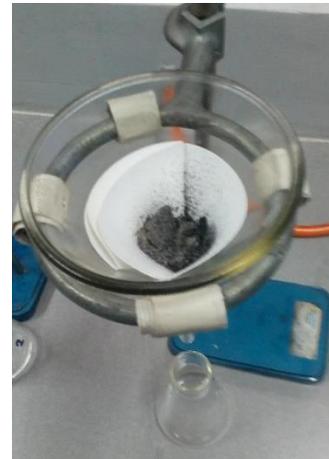
Figura N° 35. Muestra calcinada. Izquierda cal G2



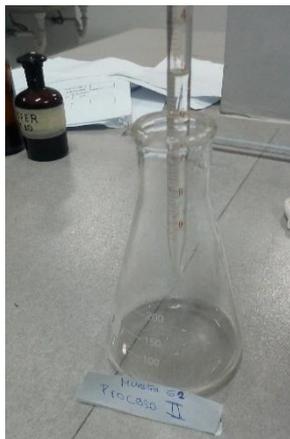
**Figura N° 36. Tratamiento:
procesos con cal**



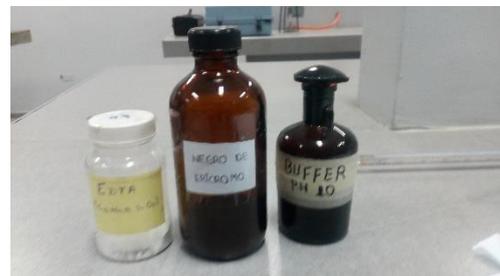
**Figura N° 37. Tratamiento:
procesos con carbón activado**



**Figura N° 38. Análisis de
dureza. Método EDTA**



**Figura N° 39. Reactivos para
el análisis de dureza**



**Figura N° 40. Viraje de
color. Análisis de dureza**



**Figura N° 41. Análisis
de dureza**



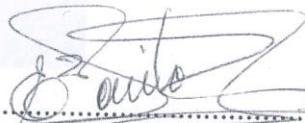
Yo, Elmer Benites Alfaro, docente de la Facultad Ingeniería y Escuela Profesional de Ing. Ambiental, de la Universidad César Vallejo Ln (precisar filial o sede), revisor(a) de la tesis titulada:

" Evaluación de la eficiencia del óxido de calcio procedente de la calcinación de la cáscara de huevo con aserrín de Bolivia (Guazuma crinita Martius), para el ablandamiento de las aguas de pozo, Lima 2017 "

del (de la) estudiante Miguel Angel Sevillano Portilla constató que la investigación tiene un índice de similitud de 2.4 % verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

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

Los olivos 19 de Febrero de 2019

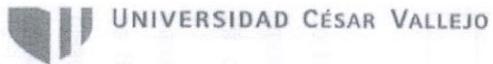


Firma de Docente

DNI: 07867259



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



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA

AMBIENTAL

"Evaluación de la eficiencia del óxido de calcio procedente de la calcinación de la cáscara de huevo con aserrín de Bolaina (Guazuma crinita Martius), para el ablandamiento de las aguas de pozo, Lima 2017"

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL

AUTOR

Miguel Angel Sevillano Portilla

ASESOR

Dr. Alejandro Alcántara Boza

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Gestión de riesgo y adaptación al cambio climático

Lima - Perú

2017 - II

[Handwritten signature]
Tor-sevillano A.

Mat

Currently viewing s

View En

Matches

- Submitted b Student Paper
- repositorio.i Internet Source
- docplayer.ei Internet Source
- documents, Internet Source
- www.marco Internet Source
- pt.scribd.co Internet Source
- www.scribd Internet Source
- Submitted to Student Paper
- www.iztapa Internet Source
- www.buena Internet Source
- Producción Publication



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

Código : F08-PP-PR-02.02
Versión : 09
Fecha : 23-03-2018
Página : 1 de 7

Yo Miguel Angel Sevillano Portilla identificado con DNI N° 43474037, Egresado(a) de la Escuela Profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL. De la Universidad César Vallejo, autorizo () la divulgación y comunicación pública de mi trabajo de investigación titulado:

"Evaluación de la eficiencia del óxido de calcio procedente de la calcinación de la cascara de huella con aserrín de Bolina (Guayma Crinita Martius) para el ablandamiento de las aguas de Pozo, Lima 2017"

UCV (<http://repositorio.ucv.edu.pe/>), según lo estipulado en el Decreto Legislativo 822, Ley sobre Derechos de Autor, Art. 23 y Art. 33

Fundamentación en caso de no autorización:

FIRMA

DNI: 43474037

FECHA: Los Olivos 16 de enero del 2019

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



Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación (CRAI)
"César Acuña Peralta"

FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN PARA LA PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DE LAS TESIS

1. DATOS PERSONALES

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

Bevillano Portilla, Miguel Angel
D.N.I.: 43424037
Domicilio: H.E. A. LT 21 Urb. Los Portales Marañal-SMP
Teléfono: Fijo: Móvil: 918594937
E-mail: miguel.sp.0386@gmail.com

2. IDENTIFICACIÓN DE LA TESIS

Modalidad:

[X] Tesis de Pregrado

Facultad: Ingeniería
Escuela: Ingeniería Ambiental
Carrera: Ingeniería Ambiental
Título: Ingeniero Ambiental

[] Tesis de Post Grado

[] Maestría

[] Doctorado

Grado:
Mención:

3. DATOS DE LA TESIS

Autor (es) Apellidos y Nombres:

Bevillano Portilla, Miguel Angel

Título de la tesis:

Evaluación de la eficiencia del óxido de calcio procedente de la calcinación de la cáscara de huevo con aserrín de Bolaina (Guazuma crinita Martius), para el ablandamiento de las aguas de pozo, Lima 2017

Año de publicación: 2017-II

4. AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE LA TESIS EN VERSIÓN ELECTRÓNICA:

A través del presente documento,

Si autorizo a publicar en texto completo mi tesis.



No autorizo a publicar en texto completo mi tesis.



Firma:

[Handwritten signature]

Fecha:

19 enero 2019



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

CONSTE POR EL PRESENTE EL VISTO BUENO QUE OTORGA EL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN DE

Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental

A LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN QUE PRESENTA:

Miguel Angel Sevillano Portilla

INFORME TITULADO:

Evaluación de la eficiencia del óxido de calcio procedente de la calcinación de la cáscara de huevo con aserrín de Bolaina (Guzuma crinita Martius), para el ablandamiento de las aguas de pozo, Lima 2017

PARA OBTENER EL TÍTULO O GRADO DE: Ingeniero Ambiental

SUSTENTADO EN FECHA: 19 de enero del 2018

NOTA O MENCIÓN: 12 (DOCE)



[Handwritten signature]

ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN