



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**EFICIENCIA DE LA ZEOLITA CLINOPTILOLITA Y LA
MONTMORILLONITA SÓDICA EN EL ABLANDAMIENTO DE AGUAS
DURAS DEL RÍO SUPE EN LA PROVINCIA DE BARRANCA 2018**

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

AUTOR

John Davis, Jorges Ramos

ASESORA

M. Sc. Cermeño Castromonte, Cecilia Libia

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

LIMA- PERÚ

2018 – II

ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS

 UCV UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS	Código : F07-PP-PR-02.02 Versión : 09 Fecha : 23-03-2018 Página : 1 de 1
--	---------------------------------------	---

El Jurado encargado de evaluar la tesis presentada por don
 (a) John Davis, Jorge Ramos
 cuyo título es: Eficiencia de la Tealita cloropiridilolita y la
mantenaxilololita sódica en el ablandamiento de aguas
duras del río Supe en la provincia de Barranca 2018

Reunido en la fecha, escuchó la sustentación y la resolución de preguntas por
 el estudiante, otorgándole el calificativo de: 19 (número)
C.A.T.O.R.E.E (letras).

Los Olivos 15 de Diciembre del 2018 .



 PRESIDENTE



 SECRETARIO





 VOCAL

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

DEDICATORIA

A mi madre.

Por darme fuerzas cada día para seguir adelante,
sus palabras de aliento siempre fueron importante.

A mi asesora de tesis.

La M.Sc. Cecilia Cermeño, por toda la dedicación
y paciencia que le puso para saber guiarnos en el
largo proceso del desarrollo de tesis.

AGRADECIMIENTO

A mi madre por todo el apoyo brindado en este largo camino de la universidad, donde supo apoyarme en todos los aspectos, dándome cada palabra de aliento para poder seguir adelante. A mi asesora, la M.Sc. Cecilia Cermeño por cada asesoría brindada, por cada conocimiento brindado para el desarrollo de la presente tesis, por su paciencia y su dedicación en cada sesión de asesoría.

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo John Davis Jorge Ramos con DNI N° 45709288 a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Ambiental, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica.

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

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

Lima, 15 de diciembre del 2018.



JOHN DAVIS JORGES RAMOS

DNI N° 45709288

INDICE

ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS.....	II
DEDICATORIA.....	III
AGRADECIMIENTO.....	IV
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD.....	V
INDICE.....	VI
ÍNDICE DE FIGURAS.....	IX
ÍNDICE DE TABLAS.....	XI
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	XIII
RESUMEN.....	XIV
ABSTRAC.....	XV
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA.....	1
1.2. TRABAJOS PREVIOS.....	2
1.3. TEORÍAS RELACIONADAS AL TEMA.....	5
1.3.1. EL AGUA.....	5
1.3.2. LA ZEOLITA CLINOPTILOLITA.....	5
1.3.2.1. Propiedades de la Zeolita Clinoptilolita.....	6
1.3.3. MONTMORILLONITA SÓDICA.....	7
1.3.3.1. Propiedades de Montmorillonita Sódica.....	8
1.3.4. MARCO CONCEPTUAL.....	8
1.3.5. EL VALLE DE SUPE.....	11
1.3.5.1. Agricultura del Valle de Supe.....	12
1.3.6. ESTANDARES DE CALIDAD AMBIENTAL PARA AGUAS.....	12
1.4. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	16
1.4.1. PROBLEMA GENERAL.....	16
1.4.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS.....	16
1.5. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO.....	16
1.5.1. JUSTIFICACIÓN AMBIENTAL.....	16
1.5.2. JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA.....	17
1.5.3. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA.....	17
1.6. HIPÓTESIS.....	18
1.6.1. HIPÓTESIS GENERAL.....	18

1.6.2.	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	18
1.7.	OBJETIVOS	19
1.7.1.	OBJETIVO GENERAL	19
1.7.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	19
II.	MÉTODO	20
2.1.	DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	21
2.1.1.	TIPO DE INVESTIGACIÓN	21
2.1.2.	NIVEL DE INVESTIGACIÓN	21
2.2.	VARIABLES, OPERACIONALIZACIÓN	21
2.3.	POBLACIÓN Y MUESTRA	23
2.3.1.	POBLACIÓN	23
2.3.2.	MUESTRA	23
2.3.3.	MUESTREO	23
2.4.	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS, VALIDEZ Y CONFIABILIDAD	23
2.4.1.	ÁREA DE ESTUDIO	23
2.4.2.	TÉCNICA	24
2.4.3.	ETAPAS DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN	24
2.4.4.	DESCRIPCION DEL PROCEDIMIENTO	25
2.4.4.1.	PRIMERA FASE: Reconocimiento del lugar	25
2.4.4.2.	SEGUNDA FASE: Determinación de punto de muestreo	26
2.4.4.3.	TERCERA FASE: Muestreo en la zona de aguas	26
2.4.4.4.	CUARTA FASE: Fase de Laboratorio	27
2.5.	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS, VALIDACIÓN Y CONFIABILIDAD DEL INSTRUMENTO	32
2.5.1.	MÉTODO DE ANÁLISIS DE DATOS	33
2.6.	ASPECTOS ÉTICOS	34
III.	RESULTADOS	35
3.1.	ANALISIS PRE-TRATAMIENTO	36
3.1.1.	ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS DE AGUA	36
3.1.2.	ANÁLISIS DE LOS ALUMINOSILICATOS	41
3.2.	ANÁLISIS POST-TRATAMIENTO	43
3.2.1.	PRUEBA DE JARRAS	43

3.2.2.	ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS POST-TRATAMIENTO	44
3.2.2.1.	Resultados Post-tratamiento de la M-001 con la Zeolita Clinoptilolita	49
3.2.2.2.	Resultados post-tratamiento de la M-002 con la Zeolita Clinoptilolita	54
3.2.2.3.	Resultados Post-tratamiento de la M-001 con la Montmorillonita Sódica	58
3.2.2.4.	Resultados Post-tratamiento de la M-002 con la Montmorillonita Sódica	64
IV.	DISCUSIÓN	69
V.	CONCLUSIONES	71
VI.	RECOMENDACIONES	73
VII.	REFERENCIAS	74
VIII.	ANEXOS	77
Anexo 1.	Matríz de consistencia	78
Anexo 2.	Ficha de Validación de instrumentos: Primer experto	80
Anexo 3.	Ficha de Validación de instrumentos: Segundo experto	83
Anexo 4.	Ficha de Validación de instrumentos: Tercer experto	86
Anexo 5.	Mapa de ubicación	89
Anexo 6.	Ubicación de área de Estudio	90
Anexo 7.	Ubicación de punto de muestreo	90
Anexo 8.	Recolección de muestras de agua	91
Anexo 9.	Determinación de Sólidos Suspendidos Totales	92
Anexo 10.	Determinación de Demanda Química de Oxígeno	92
Anexo 11.	Determinación de Demanda Bioquímica de Oxígeno	93
Anexo 12.	Prueba de jarras	94
Anexo 13.	Pesado de muestras de Montmorillonita Sódica	94
Anexo 14.	Pesado de muestras de Zeolita Clinoptilolita	95
Anexo 15.	Análisis inicial de muestras de agua en Laboratorio de Espectrometría -UNI ..	96
Anexo 16.	Análisis de propiedades físicas de las rocas, Laboratorio de Espectrometría -UNI	97
Anexo 17.	Análisis de composición de las rocas, Laboratorio de Espectrometría -UNI	98
Anexo 18.	Acta de aprobación de originalidad de tesis	99
Anexo 19.	Pantallazo del Software Turnitin	100
Anexo 20.	Formulario de autorización para la publicación de la tesis	101
Anexo 21.	Autorización de la Versión final del trabajo de investigación	102

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1.</i> Etapas de trabajo de investigación.....	24
<i>Figura 2.</i> Valle de Supe.....	25
<i>Figura 3.</i> Determinación de pH, conductividad y temperatura.....	28
<i>Figura 4.</i> Determinación de turbidez.....	29
<i>Figura 5.</i> Validación de instrumento de Primer experto: Cadena de Custodia.....	80
<i>Figura 6.</i> Validación de instrumento de Primer experto: Etiqueta de frascos.....	81
<i>Figura 7.</i> Validación de instrumento de Primer experto: Ficha de muestreo.....	82
<i>Figura 8.</i> Validación de instrumento de Segundo experto: Cadena de custodia.....	83
<i>Figura 9.</i> Validación de instrumento de Segundo experto: Etiqueta de frascos.....	84
<i>Figura 10.</i> Validación de instrumento de Segundo experto: Ficha de muestreo.....	85
<i>Figura 11.</i> Validación de instrumento de Tercer experto: Etiqueta de frascos.....	86
<i>Figura 12.</i> Validación de instrumento de Tercer experto: Ficha de muestreo.....	87
<i>Figura 13.</i> Validación de instrumento de Tercer experto: Cadena de custodia.....	88
<i>Figura 14.</i> Mapa de ubicación.....	89
<i>Figura 15.</i> Imagen fotográfica de lugar de estudio.....	90
<i>Figura 16.</i> Primer punto de muestreo, río arriba.....	90
<i>Figura 17.</i> Segundo punto de muestreo, 50 metros río abajo del primer punto.....	90
<i>Figura 18.</i> Recolección de la primera muestra de agua.....	91
<i>Figura 19.</i> Muestra recolectada y codificada (M-001).....	91
<i>Figura 20.</i> Recolección de la segunda muestra de agua.....	91
<i>Figura 21.</i> Muestra recolectada y codificada (M-002).....	91
<i>Figura 22.</i> Determinación de Solidos Suspendidos Totales, filtrado.....	92
<i>Figura 23.</i> Determinación de Solidos Suspendidos Totales, secado.....	92
<i>Figura 24.</i> Ingresando la celda al espectrofotómetro.....	92
<i>Figura 25.</i> Medición de absorbancia para determinar la DQO.....	93
<i>Figura 26.</i> Frascos Winkler para la determinación de la DBO.....	93
<i>Figura 27.</i> Lectura del OD después de retirar de la incubadora.....	93
<i>Figura 28.</i> Configuración de Jar Test.....	94
<i>Figura 29.</i> Prueba de jarras para los tratamientos de Zeolita Clinoptilolita y Montmorillonita Sódica.....	94
<i>Figura 30.</i> Pesado de 25g de Montmorillonita Sódica.....	94

Figura 31. Pesado de 50g de Montmorillonita Sódica	94
Figura 32. Pesado de 100g de Montmorillonita Sódica	95
Figura 33. Pesado de 25g de Zeolita Clinoptilolita	95
Figura 34. Pesado de 50g de Zeolita Clinoptilolita	95
Figura 35. Pesado de 100g de Zeolita Clinoptilolita	95

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Estándares de calidad ambiental para aguas:	13
Tabla 2: Estándares de calidad ambiental para aguas	14
Tabla 3. Matriz de operacionalización de la variable dependiente e independiente	22
Tabla 4. Coordenadas UTM	26
Tabla 5. Cantidades de muestra y reactivos	31
Tabla 6. Validación de instrumentos de recolección de datos.....	32
Tabla 7. Distribución del diseño experimental.....	33
Tabla 8. Análisis inicial de pH a muestras de agua	36
Tabla 9. Análisis inicial de Conductividad a muestras de agua	36
Tabla 10. Análisis inicial de Temperatura a muestras de agua.....	37
Tabla 11. Análisis inicial de Oxígeno disuelto a muestras de agua	37
Tabla 12. Análisis inicial de Turbidez a muestras de agua.....	38
Tabla 13. Análisis inicial de Demanda Bioquímica de Oxígeno a muestras de agua	38
Tabla 14. Análisis inicial de Demanda Química de Oxígeno a muestras de agua	39
Tabla 15. Análisis inicial de Sólidos Suspendidos Totales a muestras de agua.....	39
Tabla 16. Análisis inicial de Carbonato de calcio a muestras de agua.....	40
Tabla 17. Análisis inicial de Fosfatos a muestras de agua	41
Tabla 18. Resultados del análisis de los aluminosilicatos	41
Tabla 19. Resultados de la composición de los aluminosilicatos.....	42
Tabla 20. Resultados Post-tratamiento con la Zeolita Clinoptilolita (Parte 1).....	45
Tabla 21. Resultados de Post-tratamiento con la Zeolita Clinoptilolita (Parte 2)	46
Tabla 22. Resultados Post-tratamiento con la Montmorillonita Sódica (Parte 1)	47
Tabla 23. Resultados post-tratamiento con la Montmorillonita Sódica (Parte 2).....	48
Tabla 24. Resultados de concentraciones de Carbonato de Calcio para la M-001.....	49
Tabla 25. Pruebas de normalidad de la concentración de Carbonato de Calcio (CaCO ₃) para M-001	51
Tabla 26. Prueba de homogeneidad de varianzas de Levene	52
Tabla 27. ANOVA de un factor.....	52
Tabla 28. Prueba de pos Hoc de HSD de Tukey	53
Tabla 29. Resultados de concentraciones de Carbonatos de Calcio para la M-002	54

Tabla 30. Pruebas de normalidad de la concentración de Carbonato de Calcio para M-002	56
Tabla 31. Prueba de homogeneidad de varianzas de Levene	56
Tabla 32. ANOVA de un factor.....	57
Tabla 33. Prueba de pos Hoc de HSD de Tukey	57
Tabla 34. Resultados de la concentración de CaCO ₃ para la M-001	58
Tabla 35. Pruebas de normalidad de la concentración de Carbonato de Calcio para M-001	61
Tabla 36. Prueba de homogeneidad de varianzas de Levene	62
Tabla 37. ANOVA de un factor.....	62
Tabla 38. Prueba de pos Hoc de HSD de Tukey	63
Tabla 39. Resultados de concentraciones de CaCO ₃ para la M-002	64
Tabla 40. Pruebas de normalidad de la concentración de Carbonato de Calcio para M-002	66
Tabla 41. Prueba de homogeneidad de varianzas de Levene	66
Tabla 42. ANOVA de un factor.....	67
Tabla 43. Prueba de pos Hoc de HSD de Tukey	67

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Comparación de Concentración inicial y tratamientos de CaCO_3 para la M-001	50
Gráfico 2. Eficiencia en la reducción de Concentración de CaCO_3 para la M-001.....	50
Gráfico 3. Comparación de Concentración inicial y tratamientos de CaCO_3 para la M-002	55
Gráfico 4. Eficiencia en la reducción de concentración de CaCO_3 para la M-002.....	55
Gráfico 5. Comparación de Concentración inicial y tratamientos de CaCO_3 para la M-001	60
Gráfico 6. Eficiencia en la reducción de Concentración de CaCO_3 para la M-001.....	60
Gráfico 7. Comparación de Concentración inicial y tratamientos de CaCO_3 para M-002.	65
Gráfico 8. Eficiencia en la reducción de concentración de CaCO_3 para M-002	65

RESUMEN

La presente investigación se realiza con el objetivo de determinar la eficiencia de la zeolita clinoptilolita y la motmorillonita sódica para el ablandamiento de aguas duras del río Supe de la provincia de Barranca. Esta investigación tiene un diseño experimental; de tipo relacional y aplicativo. La investigación inicia recogiendo muestra de agua del río Supe, los resultados del análisis inicial fueron de 13.05 mg/L para la primera muestra y de 13.12 mg/L para la segunda muestra, luego se inicia con los tratamientos que fueron 3 repeticiones por cada muestra, total dos muestras para la zeolita clinoptilolita y dos muestras para la motmorillonita sódica; cada muestra se compone de 25 gr, 50 gr, y 100 gr, para ambos aluminosilicatos. Después de realizar el tratamiento por el método de test jar, se vuelve a analizar las aguas y se determina que la zeolita clinoptilolita es más eficiente para ablandar las aguas duras.

De las concentraciones de la zeolita clinoptilolita que fueron 25, 50 y 100 g., se obtuvieron los resultados de 8,42 mg/L de CaCO_3 para la muestra M001, 10,43 mg/L de CaCO_3 para la muestra M002, en lo que respecta dosis de 25 g., 5,31 mg/L de CaCO_3 para la muestra M001 y 9,45 mg/L de CaCO_3 para la muestra M002, en lo que respecta para la dosis de 50 g., 3,67 mg/L de CaCO_3 para la muestra M001 y 3,94 mg/L de CaCO_3 para la muestra M001, en lo que respecta para la dosis de 100 g., por lo tanto los mejores resultados se obtuvieron de la concentración de 100gr.

De las concentraciones de la montmorillonita sódica que fueron 25, 50 y 100 g., se obtuvieron los resultados de 9,18 mg/L de CaCO_3 para la muestra M001, 10,97 mg/L de CaCO_3 para la muestra M002, en lo que respecta dosis de 25 g., 8,75 mg/L de CaCO_3 para la muestra M001 y 9,12 mg/L de CaCO_3 para la muestra M002, en lo que respecta para la dosis de 50 g., 8,23 mg/L de CaCO_3 para la muestra M001 y 8,32 mg/L de CaCO_3 para la muestra M001, en lo que respecta para la dosis de 100 g., por lo tanto los mejores resultados se obtuvieron de la concentración de 100gr.

Palabras clave: Zeolita clinoptilolita, motmorillonita sódica, aguas duras, test jar, eficiencia

ABSTRAC

This research is carried out with the objective of determining the efficiency of clinoptilolite zeolite and sodium motmorillonite for hard water softening of the Supe river in the province of Barranca. This research has an experimental design; of relational and application type. The investigation begins by collecting water sample from the river I knew, the results of the initial analysis were 13.05 mg / L for the first sample and 13.12 mg / L for the second sample, then it began with the treatments that were 3 repetitions for each sample , total two samples for clinoptilolite zeolite and two samples for sodium motmorillonite; Each sample is composed of 25 gr, 50 gr, and 100 gr, for both aluminosilicates. After performing the treatment by the jar test method, the water is re-analyzed and it is determined that the clinoptilolite zeolite is more efficient in softening the hard waters.

From the concentrations of the clinoptilolite zeolite that were 25, 50 and 100 g., The results of 8.42 mg / L of CaCO₃ were obtained for the sample M001, 10.43 mg / L of CaCO₃ for the sample M002, Concerning doses of 25 g., 5.31 mg / L of CaCO₃ for sample M001 and 9.45 mg / L of CaCO₃ for sample M002, as regards the dose of 50 g., 3.67 mg / L of CaCO₃ for the sample M001 and 3.94 mg / L of CaCO₃ for the sample M001, in regards to the 100 g dose, therefore the best results were obtained from the concentration of 100gr.

From the concentrations of sodium montmorillonite that were 25, 50 and 100 g., The results of 9.18 mg / L of CaCO₃ were obtained for the sample M001, 10.97 mg / L of CaCO₃ for the sample M002, in for doses of 25 g., 8.75 mg / L of CaCO₃ for sample M001 and 9.12 mg / L of CaCO₃ for sample M002, for the dose of 50 g., 8.23 mg / L of CaCO₃ for the sample M001 and 8.32 mg / L of CaCO₃ for the sample M001, in regards to the 100 g dose, therefore the best results were obtained from the concentration of 100gr.

Key words: Zeolite clinoptilolite, sodium motmorillonite, hard water, jar test, efficiency

I. INTRODUCCIÓN

El recurso agua es un recurso considerado natural, que conjuntamente con los recursos tierra, aire y energía complementan el desarrollo y la existencia. En el transcurso de los años, la calidad del agua y su importancia ha sido sometida a lentos avances, debido a diversos problemas de contaminación ambiental.

El agua es un medio que transporta diferentes insumos químicos hacia las plantas. Es por ello, que la calidad del agua es fundamental para garantizar excelentes cosechas de productos agrícolas. Se adiciona, que uno de los problemas que surgen en la agricultura es la calidad del agua con que riegan los sembríos.

La Campiña de Supe, ubicada en el distrito de Supe, provincia de Barranca. Es un área donde se presenta una gran diversidad de sembríos como la yuca, el maíz, el camote y sembríos de exportación como el espárrago y el maracuyá.

Captando la problemática, se procedió a realizar la presente investigación; teniendo como objetivo principal ablandar las aguas duras de la Campiña de Supe, utilizando la Zeolita Clinoptilolita y la Montmorillonita Sódica, los cuales son minerales que ayudarán al ablandamiento de las aguas duras. Los minerales se utilizarán en diversas dosis, hasta determinar la dosis exacta. Con la presente investigación se beneficiarán diversos agricultores.

1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA

El agua deja huella en cada ecosistema, adicionalmente a ello unos 1 100 millones de personas no acceden al consumo y uso del agua potable, y 2 400 millones de personas mantienen el acceso limitado al sistema de saneamiento. La escasez de este recurso ha ido creciendo de manera acelerada, también se origina a la creciente poblacional en diversas ciudades en el mundo, donde el Perú no es un país lejano a esta problemática.

Otra consecuencia que crece es la escasez de alimentos, los campos agrícolas se ven obligados a producir el doble, y esto hace que se utilice más agua. La Campiña de Supe es

un sector netamente agrícola, donde todas las plantaciones son regadas por efluentes del río Supe.

Según testimonios de los pobladores, mencionan que cuando quieren preparar los herbicidas con el agua del río Supe, estos presentan baja efectividad. Esto es producido por la reacción de los iones de Calcio y Magnesio y las sales de los herbicidas, donde se forman insolubles y comienzan a precipitar, removiendo el herbicida. NEIRA, M. (2006).

El río Supe consta de una longitud de 99 km, naciente de las alturas de las lagunas Aguascocha y Jurarcocha. Notoriamente conformadas por rocas que representan la columna geológica del río Supe que son sedimentarias, metamórficas e ígneas, entre ellas se destaca las areniscas y las calizas. La presencia de estas rocas son compuestas en altas concentraciones de Carbonato de Calcio (CaCO_3), por esto es que se debe la presencia de las sales. Por ello, que el presente trabajo de investigación desea realizar el ablandamiento de las aguas duras de la Campiña de Supe, utilizando la Zeolita Clinoptilolita, que a través de un proceso de transferencia de electrones.

1.2. TRABAJOS PREVIOS

GUEVARA, J. Y MAYANGA, R. (2017) con el estudio de Influencia del pH y del tiempo de contacto en el porcentaje de la remoción de Pb^{2+} y Cd^{2+} en las soluciones acuosas, empleando zeolitas de tipo Clinoptilolita modificada con MgCl_2 , el que consta de practicas de adsorción llegando a obtener resultados aptos para removerse el 97% de plomo en un lapso de tiempo de 180 minutos y en un 77% la remoción del cadmio en un en 40 minutos. Pudiéndose determinar que la remoción de contaminantes utilizando la zeolita es factible.

CATACORA, R. Y MARIN, C. (2015) en el estudio de Modelamiento y evaluación del proceso de remoción de arsénico en aguas superficiales de la zona Leticia – distrito de Uchumayo utilizando el método de adsorción con zeolitas. El objetivo, es el realizar una comparación en la aplicación de la zeolita natural con un pH ácido y un pH básico, y la zeolita activada para la adsorción del arsénico. El resultado de la investigación generó que la zeolita natural minimizo las cantidades de arsénico de 0,0044 ppm, mientras que la zeolita a pH ácido y pH básico redujeron el arsénico del agua a niveles de 0,0043 ppm y 0,0030

ppm. Concluyendo que la zeolita natural utilizada, presenta una eficiencia ascendente para la adsorción del arsénico en comparación con la zeolita activada, también utilizada.

MAZEIKIENE, A., et al. (2009) con el estudio de laboratorio de la eliminación de amonio ion usando zeolita para tratar el agua potable; se presenta el uso de dos tamaños de zeolita, una de ellas se conformó con fracciones de 0,3mm a 0,6mm y otra zeolita de 0,6mm a 1,5mm. El procedimiento fue la mezcla del tamaño de zeolita con las soluciones conteniendo 2,0 ppm del ion amonio. Finalmente, para concluir se manifiesta que la adsorción del ion amonio en el agua potabilizada con mayor eficiencia son las partículas más finas de zeolita.

FIERRO, V. Y RAMIREZ, P. (2016) en el estudio de Evaluación del proceso de remoción de hierro por medio de la zeolita clinoptilolita en tratamiento de aguas residuales industriales; se desarrolla un proceso para la remoción del hierro de las aguas tipo residuales con zeolita de dos tipos (la natural de tipo clinoptilolita y la natural activada con óxido de manganeso), las dos en mención son aplicables de manera apta para la eliminación del hierro con un porcentaje de eficiencia de 10% para la zeolita natural tipo activada con oxido de manganeso y de 60% de eficiencia para la zeolita natural tipo virgen. Deduciendo entonces, que la zeolita tipo natural virgen cumple eficientemente para la remoción del hierro en las aguas que son residuales.

HARO, R. (2016) con el estudio del uso de la zeolita natural en los proceso de filtración rápida en el tratamiento de agua para consumo humano en el distrito de San Miguel, Provincia de San Miguel – Cajamarca, 2015; la presente investigación compara la eficiencia de un filtro de zeolita y un filtro convencional de área de la marca Degrémont, esto para corroborar la eficiencia entre ambos, siendo utilizada en la Planta de Tratamiento de Agua Potable del área ya mencionada. Los resultados para la zeolita fueron positivos, en un 86% para la eliminación de la turbiedad y se generó un 93% en lo que respecta a la remoción del color ajeno al original; se identificó un nuevo fin para la zeolita, en cuanto a su desarrollo en el proceso de filtrado por un tiempo en horas de 130 en comparación con un filtro convencional el que se desarrolla en un tiempo de 143 horas. Se llega a la conclusión, que la zeolita presenta mayor eficiencia, al compararse con el filtro de arena convencional.

GUTIERREZ, O. (2006) presenta el estudio Zeolita natural para la reducción de la dureza del agua; se manifiesta el diseño de un filtro en columna, el cual se colocó en la ingreso del equipo destilador, con la finalidad de que previamente al ingresar el agua dura, se encuentre con la zeolita, bajando los niveles de la dureza del agua. Los resultados obtenidos disminuyeron de 328,4mg/L a 42,4mg/L en los iones de magnesio y de calcio. Concluyéndose que la zeolita llega a ser apto para la disminución de la dureza del recurso.

CABRERA, J., et al. (2015) con el artículo de investigación Distribución espacial de la calidad de aguas subterráneas utilizadas para riego, se manifiesta para dar uso de las aguas que son subterráneas hacia el riego en el medio agrícola se tiene que monitorear, ya que pueden existir restricciones. El estudio arroja resultados que marcaron que el 100% de estas aguas subterráneas son tipo salinas y el 95% contienen alto nivel de Sodio y Cloro. Por ello, se concluyó que las aguas subterráneas en un 95% de la Llanura Sur Occidental de Pinar del Río se distinguen por ser salinas y mantener concentraciones de iones tóxicos de sodio y los cloruros en niveles altos.

CALDERON, A. et al. (2016) con la investigación de Estudio comparativo de la aplicación de zeolita activada y carbón activado en el tratamiento de aguas residuales de la fabricación de pinturas a base de agua; se dispone el uso de dos tipos de tratamientos para las aguas residuales, es así que se identificó y evaluó la entrada y salida del tratamiento, para así encontrar desarrollar el mejor tratamiento eliminador de las cantidades de contaminantes que existen en este tipo de aguas residuales. Obteniéndose concluido que el agua con tratamiento aplicando la zeolita cumple con los parámetros que se disponen en la norma, y el agua aplicando tratamiento con carbón activado ascendían los valores en comparación con los límites máximo permitidos.

KULIKAUSKAITE, D Y PALIULIS, D (2015) con el artículo de opinión Eliminación de formaldehido del agua residual aplicando zeolita natural, en el que manifiesta el uso de la zeolita para la adsorción de la concentración del formaldehido en el agua. Al aplicar la zeolita al agua tipo residual las concentraciones de formaldehido disminuían,; y por motivos externos de la zeolita, se considera la saturación este miso si ocupa más del tiempo límite de 12 horas.

VERA, I. et al. (2015) en la investigación de Evaluación de materiales filtrantes para el reúso en agricultura de aguas residuales tratadas provenientes de zonas áridas se comenta el desarrollo de la evaluación de los materiales usados como filtrantes, siendo la arena, el carbón activado y también la zeolita. El objetivo de Vera, I. et al. es el reúso de las aguas tipo residuales para la zona agrícola, habiendo inicialmente sido tratadas por la zeolita la cual llevo resultados óptimos, mencionando la capacidad de reducción de 20 % del valor de la CE.

ZARATE, G. (2005) en la tesis titulada Aplicación de las arcillas en el tratamiento de efluentes electroquímicos, indica que realizó tratamientos a efluentes que contenían cobre y zinc, de modo que pudo determinar que la motmorillonita sódica removió el 98% de zinc del efluente; respecto al cobre, este fue eliminado en un 85,5. De esa manera se mostró las efectividades de las arcillas para la remoción de los metales mencionados.

1.3. TEORÍAS RELACIONADAS AL TEMA

1.3.1. EL AGUA

CARBAJAL, A. Y GONZALES, M. (2012) conceptualizan al agua considerándolo un elemento importante para todo ser vivo y también para el medio ambiente; este recurso hídrico, ocupa en la superficie terrestre un 97% de espacio. Este recurso está siendo compuesto por 3 átomos, 1 de oxígeno y 2 de hidrógeno, permitiendo obtener los conocidos puentes de hidrógeno.

1.3.2. LA ZEOLITA CLINOPTILOLITA

Considerados como minerales volcánicos de tipo natural, los cuales se extraen y también pueden entrar en erupción, por lo que la lava que arroja terminaría desembocando hacia el mar. Esta acción, genera una combinación de las cenizas del volcán con la sal del mar; y una de las características es de desintoxicar el organismo del ser humano. La creación de la zeolita se debe al material que se retira de los volcanes y se mezcla con el pH del agua, ZEOVIDA, (2011). Además de esto, la zeolita viene siendo utilizada como parte de un medicamento, teniendo el objetivo de trabajar en el sistema inmunológico, limpiando la

sangre, el sistema linfático, glandular, y el sistema celular incluyendo su eficiencia para establecer a los demás sistemas del organismo según lo manifiesta TEHERÁN, J. (2011).

La estructura de las zeolitas se presenta por armazones de reacciones de AlO_4 y SiO_4 , entre ellos se presentan espacios conectados donde se presentan los iones de Ca, Na o K, incluyendo las partículas de agua junto a los enlaces de hidrógeno a los cationes. Por lo que se explica que la zeolita tiene la propiedad de desprender agua de ella misma, de manera seguida según se va calentando; mientras que siendo baja la temperatura, la estructura de este mineral se conserva casi intacto. Mientras tanto, una zeolita siendo deshidratada puede volver a rehidratarse con mucha facilidad, al volverla a sumergir en el recurso agua. Por estas propiedades mencionadas, es que este mineral llega a usarse para la eliminación de agua en hidrocarburos, UNED, (2015).

1.3.2.1. Propiedades de la Zeolita Clinoptilolita

Según MARTINEZ, J., (2001), consta de una estructura cristalina, y un tetraedro que incluye a un polímero con 4 lados, y de 4 átomos de oxígeno.

Además, presenta una capacidad de adsorción con cualquier molécula que pueda ingresar a su estructura, siendo uno de los pocos minerales que actúan de esta manera. Según MARTIN J. (2001) las zeolitas que son expuestas al calor llegan a perder agua que ya ha sido absorbida por sus cavidades, esta acción no llega a modificar su estructura.

Ante su capacidad de adsorción; RODAS, M., (2015) comenta que este mineral puede ascender su peso a un 30% de su peso total. Y según COSTRAFEDA, J. (2014), manifiesta que las zeolitas constan de estructura abiertas de aproximadamente $d=2,2 \text{ g/cm}^3$; mientras que para los espacios vacíos existentes en una zeolita puede llegar a pesar hasta un 50% de su peso total. Al trabajar con una zeolita, se debe considerar sus características, y sus propiedades químicas y físicas. Por lo cual se indica que este mineral tipo zeolita cuenta con una capacidad de adsorción de $<0,35 \text{ cm}^3/\text{g}$, estos datos según COSTAFREDA, J. (2014). Se deduce, que la capacidad eficiente de adsorción de una zeolita dependerá de algunas características de la misma, como la cantidad a trabajarse y también del tipo de contaminante en el que se someterá el mineral.

En cuanto, a las propiedades de Intercambio Iónico, se conoce que la zeolita se somete a un intercambio catiónico y depende de sus concentraciones existentes de aluminio dentro de su estructura; esta propiedad lo somete a estudios de intercambio iónico con la principal importancia radica en que las propiedades de adsorción y catalíticas pueden ser variables.

Según RODAS, M. (2015), la amplitud de intercambio iónico del mineral consta con valores de 3,0 meq/g aproximadamente, siendo influenciado por su naturaleza, el tipo de solvente que se use, la temperatura, y las características físicas y químicas de la zeolita. Entonces, la capacidad del intercambio iónico de una zeolita llegaría a ser desde 0 hasta 650 meq/100g.

La actividad Catalítica de una zeolita, conocido como Catálisis, es un proceso en el que ascienden las velocidades a la que se genera la reacción química de mineral. En caso influya un catalizador; es decir, la interacción de otra sustancia; o la presencia de un inhibidor produce que las velocidades de la actividad catalítica disminuyan. Se tiene que considerar que en este proceso catalítico, no se logrará consumir el catalizador en la con la razón de no ser un reactivo de la misma reacción química.

Las zeolitas se consideran como aluminosilicatos porosos, influyentes del grupo de catalizadores heterogéneos, por lo que se le considera en su uso a nivel mundial, según MARTINEZ, J., (2001).

1.3.3. MONTMORILLONITA SÓDICA

Es una arcilla del grupo de los silicatos, en su estructura contiene magnesio y aluminio. Tiene la característica de una composición química inconstante, frente a los ácidos es bastante soluble y en contacto con el agua se expande con facilidad.

Las capas del exterior contienen óxidos de silicio coordinados tetraédricamente. La forma natural de esta arcilla está compuesta por granos muy finos, donde contiene un pequeño porcentaje de otros minerales como cuarzo, feldespato, cristales volcánicos materia orgánica y yeso.

1.3.3.1. Propiedades de Montmorillonita Sódica

Una de las propiedades de la montmorillonita sódica, es la capacidad de intercambio catiónico (70 a 110meq/100g de arcilla), absorbiendo agua cuando esta la requiera, produciendo que el volumen de la arcilla se incremente.

Otras propiedades importantes de la montmorillonita sódica son la viscosidad, capacidad de hinchamiento, tixotropía, impermeabilidad y dispersabilidad.

1.3.4. MARCO CONCEPTUAL

- **Adsorción**

Se le conoce como el proceso de separación y de concentración de uno o más componentes en una superficie sólida o líquida. El trabajo de adsorción los desarrolla en los sistemas heterogéneos donde los componentes de manera selectiva se distribuyen entre ambas fases, la presencia se genera en sistemas como: solido – líquido, sólido – gas y líquido – gas.

Se conoce que la adsorción es uno de los procedimientos más trabajados para los sistemas de tratamiento terciario en las aguas que son residuales. Principalmente el trabajo de la adsorción se genera en la retención de los contaminantes que tienen una naturaleza orgánica, y que se encuentran en bajas concentraciones; esto último, dificulta su función de eliminación al actuar en otros procedimientos, HUERTA, S. (1995).

- **Intercambio Iónico**

El intercambio de iones se da gracias a un polímero que tiene forma de esferas pequeñas que tienen la capacidad de intercambiar iones específicos por otros iones, en una solución que se pasa a través de ellos. Esta capacidad también lo podemos ver en varios sistemas naturales, como por ejemplo los suelos y las células vivas.

En el tratamiento del agua, la finalidad principal es el ablandamiento de las agua o para disminuir el contenido del mineral. El agua se ablanda haciendo uso de una resina

conteniendo cationes de sodio Na^+ , y los intercambia por el magnesio Mg_2^+ (dureza) y el calcio Ca_2^+ , y la resina más fuerte es la presentada por el sodio Na^+ .

Conforme el agua pasa por la resina va ascendiendo la captación del ion Ca_2^+ y Mg_2^+ hasta llegar un punto donde la resina se satura por completo, al llegar a esta condición será necesario la regeneración de la resina, saturándola de nuevo con el ion Na^+ y así iniciar nuevamente, NEVAREZ, (2009).

- **Carbonato de Calcio**

Es un compuesto ternario con fórmula CaCO_3 ; que ingresa como un oxosal. La presencia del carbonato de calcio, es abundante en medio ambiente, ya que principalmente está formando rocas. Además, se indica que es el principal factor que ocasiona la existencia del agua dura.

El agua por naturaleza, dentro de su estructura contiene las sales minerales disueltas. Por ello sus características fisicoquímicas esta agua tiene 3 clasificaciones, bicarbonatadas, cálcicas y magnésicas, también contiene diferentes cationes y iones, pero en un nivel más bajo. Las características fisicoquímicas permiten que cuando existan cambios importantes en la temperatura del agua, se precipiten partículas de carbonato cálcico que se manifiestan como sedimento blanco en los recipientes que se encuentra, PONCE, M. Y GAMBAUDO, S. (s.f.).

- **Conductividad Eléctrica**

Refiere a la suficiencia de un componente de poder llevar la corriente eléctrica, la conductividad es todo lo contrario a la presencia de resistencia. Comúnmente su unidad de medida es: Siemens/cm (S/cm), con una magnitud de 10^{-6} , deduciendo la unidad de medida llega a presentarse como microSiemens/cm ($\mu\text{S/cm}$), y en 10^{-3} , es decir, miliSiemens (mS/cm).

Al realizar las medidas en elementos acuosos, sus valores son directamente proporcionales según la concentración de las sales, cuando la concentración es superior, mayor será la conductividad, GOMEZ, C., *et al.* (2009).

- **Agua Dura**

Es la que contiene un alto nivel de presencia de minerales, los principales son las sales de magnesio y de calcio. Se considera a un agua como dura, cuando consta de niveles superiores a los 120 mg CaCO₃/L. Y viene siendo expresada como la cantidad de carbonato de calcio, y su cálculo se somete a la suma de todas las concentraciones de los iones Ca⁺ y Mg⁺ por cada L de agua; expresándose en la presencia de la concentración de CaCO₃.

Al correr por las formaciones de las rocas junto a estos elementos se crea la dureza. El agua se vuelve solvente, producto de las condiciones ácidas que se genera en la capa del suelo, el que existe en equilibrio con el mencionado ácido carbónico. Bajo estas condiciones de la acidez, el recurso agua llega a atacar las rocas, en especial en la presencia de la calcita (CaCO₃).

Cuando la dureza asciende a la sumatoria de las alcalinidades de carbonatos y bicarbonatos, el total de la dureza que equivale a esta sumatoria lo llamamos dureza carbonatada.

Cuando la dureza se encuentra en exceso se le llama dureza de no carbonatos, es decir, no puede eliminarse por procesos térmicos, es necesario procesos químicos para ablandar del agua, RODRIGUEZ, S. (2010).

- **Ablandamiento de aguas**

El ablandamiento del agua es un proceso que tiene como finalidad eliminar el exceso de iones del agua. En algunos casos, la solución más eficiente para ablandar un agua es usar equipos para el ablandamiento y realizar la conexión directamente con las tuberías de agua.

Un ablandador de agua atrapa todos los minerales que producen la dureza y los retiene en un contenedor y este tiene que ser limpiado. Otra forma de ablandar el agua es con la aplicación de los intercambiadores iónicos. Este método reemplaza la presencia de los iones de magnesio y calcio.

Los intercambiadores de iones son frecuentemente usados para el ablandamiento de las aguas. Al ser utilizado, se reemplazarán los iones de calcio y magnesio por otros como sodio y potasio, MOREIRA, A. (2016).

- **Muestreo de aguas**

Según el Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad del Agua (2011), para la toma de muestras de agua se debe utilizar frascos de vidrio o plástico que no contengan ninguna sustancia química, asimismo se debe utilizar guantes descartables. Para la toma de muestra de agua para DBO₅ se debe llenar el frasco totalmente, se debe evitar las burbujas de aire.

- **Carbonatos y Bicarbonatos**

Ambos iones comunican alcalinidad al agua, asimismo se menciona que el ion de bicarbonato varía sus valores entre 50ppm y 350ppm en su presencia en las aguas dulces llegando a valores de 800ppm. El agua de mar posee 100ppm. Se añade que el ion carbonato se encuentra en las concentraciones más bajas que del ion bicarbonato y si también el pH es menor a 8.3; entonces, se le considera cero. Asimismo, en las aguas alcalinas donde su pH es mayor a 8.3, puede llegar a 50ppm en algunas aguas naturales.

Entre los riesgos que se puede encontrar en el ámbito salud son bajos. Contrariamente, las aguas bicarbonatadas sódicas son dañinas para el riego, debido a la fijación del sodio en el terreno, formando un medio alcalino. Se menciona que en la legislación venezolana establece las concentraciones de carbonatos con valores de 5mg/L y 340mg/L de bicarbonato para las aguas que tienen un fin al riego de hortalizas y legumbres que se consume en estado crudo, MINSA, s. f.

1.3.5. EL VALLE DE SUPE

La cuenca donde se encuentra el valle Supe, está limitada por el norte con la cuenca del río Pativilca, por el sur con la cuenca del río Huaura, por el este con la cuenca del río Santa y Marañón, y por el oeste con el litoral peruano. La cuenca tiene un área aproximada de 1,008

km². El valle de Supe abarca una superficie aproximada de 5,104.75 ha, susceptibles de cultivo, quedando un promedio de 920 ha sin posibilidad de riego.

Las corrientes de agua del río Supe nacen en las alturas de las lagunas de Aguascocha y Jurorcocha; su denominación llega hasta la localidad de Ámbar, desde donde ya es conocido el nombre de río Ámbar, hasta la influencia con la quebrada del Carrizal, lugar donde ya se origina específicamente el río Supe.

El río Supe recorre por una franja formando un valle de mediana amplitud, mantiene de forma escasa un comportamiento fluvial en los meses denominados estiaje; por lo general de mayo a diciembre y es caudaloso en los meses de enero hasta abril. Este río recorre una distancia de 99 km, y su presencia se caracteriza por ser sinuoso con un fondo profundo y quebrado, y manteniendo fuertes pendientes y el relieve es escarpado.

1.3.5.1. Agricultura del Valle de Supe

El valle de Supe cuenta con una superficie agrícola de 5,104.75 ha, de los cuales el área bajo riego es de 4,183.37 ha, destacando el maíz con 2,121.29 ha; seguido de la caña de azúcar con 462.94 ha. En el valle de Supe existen cultivos transitorios (aquellos que se siembran por campaña agrícola) y cultivos permanentes. Dentro de los cultivos transitorios se tiene el maíz, ají pprika, cebolla, papa, frjol, etc., y entre los cultivos permanentes destacan la caña de azúcar, frutales, pastos, etc. Debe indicarse que la principal actividad económica del valle es la agricultura.

1.3.6. ESTANDARES DE CALIDAD AMBIENTAL PARA AGUAS

Según el D.S. N 004-2007-MINAM, existen 4 Categorías de los cuales debe evaluarse los Estándares de Calidad Ambiental para aguas, estos son los siguientes:

- Categoría 1: Poblacional y recreacional.
- Categoría 2: Extracción, cultivo y otras actividades marino costeras y continentales.
- Categoría 3: Riego de vegetales y de bebida de animales.

- Categoría 4: Conservación del ambiente acuático.

Según el criterio de evaluación del presente trabajo de investigación, se considera la identificación y estudio de la Categoría 3 de Estándar de Calidad Ambiental para agua; por lo cual, se mantiene el estudio de la Subcategoría D1: Riego de vegetales, en el que se comenta:

- El uso del Agua para riego no restringido: Identificándose el riego de los distintos cultivos de alimentos que pueden ser digeridos aun siendo crudos (Ejemplo: las plantas frutales con tallo bajo, hortalizas o similares); los cultivos de los árboles o los arbustos frutales con sistema de riego por aspersión. Los cuales desde su fruto u otras partes que son comestibles se someten en contacto directo con el agua de riego, aun siendo altos por su tallo.
- El uso del Agua para riego restringido: Comprende a los cultivos alimenticios que sufren un proceso de cocción. Estos cultivos suelen ser de tallo alto, donde el agua de regadío no llega a tener contacto con el fruto, suelen ser los árboles con frutos; los cultivos que son procesados y envasados; los cultivos forestales, los cultivos industriales que no son consumibles, por ejemplo el algodón, y forrajes o pastos y similares.

Tabla 1: Estándares de calidad ambiental para aguas:
Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales

Parámetros	Unidad de Medida	Riego de vegetales		D2: Bebida de animales
		Agua para riego no restringido	Agua para riego restringido	Bebida de animales
FÍSICOS Y QUÍMICOS				
Aceites y grasas	mg/L	5		10
Bicarbonatos	mg/L	518		**
Cianuro Wad	mg/L	0,1		0,1
Cloruros	mg/L	500		**
Color (b)	Color verdadero Escala Pt/Co	100 (a)		100 (a)

Parámetros	Unidad de Medida	Riego de vegetales		D2: Bebida de animales
		Agua para riego no restringido	Agua para riego restringido	Bebida de animales
FÍSICOS Y QUÍMICOS				
Conductividad	μS/cm	2500		5000
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	15		15
Demanda química de Oxígeno (DQO)	mg/L	40		40
Detergentes (SAAM)	mg/L	0,2		0,5
Fenoles	mg/L	0,002		0,01
Fluoruros	mg/L	1		**
Nitratos (NO ₃ - N)+ Nitritos (NO ₂ -N)	mg/L	100		100
Nitritos (NO ₂ -N)	mg/L	10		10
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥4		≥5
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 - 8,5		6,5 - 8,4
Sulfatos	mg/L	1000		1000
Temperatura	°C	Δ3		Δ3
INORGÁNICOS				
Aluminio	mg/L	5		5

Fuente: Ministerio del Ambiente, 2017.

Tabla 2: Estándares de calidad ambiental para aguas
Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales

Parámetros	Unidad de Medida	Riego de vegetales		D2: Bebida de animales
		Agua para riego no restringido	Agua para riego restringido	Bebida de animales
Arsénico	mg/L	0,1		0,2
Bario	mg/L	0,7		**
Berilio	mg/L	0,1		0,1
Boro	mg/L	1		5

Parámetros	Unidad de Medida	Riego de vegetales		D2: Bebida de animales
		Agua para riego no restringido	Agua para riego restringido	Bebida de animales
Cadmio	mg/L	0,01		0,05
Cobre	mg/L	0,2		0,5
Cobalto	mg/L	0,05		1
Cromo total	mg/L	0,1		1
Hierro	mg/L	5		**
Litio	mg/L	2,5		2,5
Magnesio	mg/L	**		250
Manganeso	mg/L	0,2		0,2
Mercurio	mg/L	0,001		0,01
Níquel	mg/L	0,2		1
Plomo	mg/L	0,05		0,05
Selenio	mg/L	0,02		0,05
Zinc	mg/L	2		24
BINEFILOS POLICLORADOS				
Binefilos Policlorados (PCB)	µg/L	0,04		0,045
PLAGUICIDAS				
Paratión	µg/L	35		35
ORGANOCOLORADOS				
Aldrín	µg/L	0,004		0,7
Clordano	µg/L	0,005		7
Dicloro difenil Tricloroetano (DDT)	µg/L	0,001		30
Dieldrín	µg/L	0,5		0,5
Endosulfán	µg/L	0,01		0,01
Endrín	µg/L	0,004		0,2
Heptacloro y Heptacloro Epóxido	µg/L	0,01		0,03
Lindano	µg/L	4		4
CARBAMATO				
Aldicarb	µg/L	1		11

Parámetros	Unidad de Medida	Riego de vegetales		D2: Bebida de animales
		Agua para riego no restringido	Agua para riego restringido	Bebida de animales
MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICO				
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	1000	2000	1000
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100 mL	1000	**	**
Huevos de Helmito	Huevo/L	1	1	**

Fuente: Ministerio del Ambiente, 2017.

1.4. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.4.1. PROBLEMA GENERAL

- ¿Cuál es la eficiencia de la zeolita Clinoptilolita y la Montmorillonita Sódica en el ablandamiento de las aguas duras del río Supe en la provincia de Barranca?

1.4.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

- ¿Cuál de las concentraciones aplicadas de la Zeolita Clinoptilolita tiene efecto significativo en la reducción del carbonato de calcio presente en las aguas duras de río Supe?
- ¿Cuál de las concentraciones aplicadas de la Montmorillonita sódica tiene efecto significativo en la reducción del carbonato de calcio presente en las aguas duras de río Supe?

1.5. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

1.5.1. JUSTIFICACIÓN AMBIENTAL

La salinidad en el agua representa uno de los problemas directos al medio ambiente y a la agricultura, ya que la alta concentración de sales en las aguas hace que las plantas puedan absorber menos agua, ocasionando la muerte de la especie según CANNA, (2018).

Según el testimonio del señor Luis Delgado Gonzales, persona dedicada a la exportación de Maracuyá, Espárragos, y Mandarina, algunas de las plantaciones no se estaban desarrollando, por lo que realizó una prueba artesanal para determinar la presencia de sales y observó que esta precipitaba en grandes cantidades del volumen de agua analizada.

Puesto que como ingenieros ambientales se tiene como misión el mejorar las condiciones del hábitat de la población, se acogió el testimonio del señor Luis Delgado, y se procedió a realizar la presente investigación. Asimismo, mencionó que para bajar el nivel de sal requieren de la utilización de productos químicos, contaminando las aguas y el medio ambiente en general.

La presente investigación plantea una opción económica y viable, que permita bajar los niveles de carbonatos. La Zeolita Clinoptilolita ayudara a la calidad del agua con que se riegan las plantaciones de diversos productos alimenticios.

1.5.2. JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA

El uso de la Zeolita Clinoptilolita para el ablandamiento de las aguas duras de la Campiña de Supe, ayudará a los exportadores y agricultores de la zona a tomar en cuenta esta práctica. Ya que mediante los resultados que se obtendrá la Zeolita Clinoptilolita contribuirán al desarrollo de la agricultura. Asimismo, se menciona que el mineral no tiene un precio elevado y puede estar al alcance de muchas personas, especialmente a personas que se dediquen a la agricultura.

1.5.3. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA

Justificación teórica La gran importancia que posee la Zeolita Clinoptilolita es que tiene la capacidad de intercambio catiónico, la cual permite liberar a los diferentes medios acuosos, aquellos iones o moléculas simples capaces de absorberse en los principales sitios de intercambio catiónico, GUITIERREZ, O. (2006), asimismo menciona que la Zeolita Clinoptilolita mantiene la capacidad de purificar y mejorar la calidad de las aguas duras.

Añadiendo, que la presente investigación será de mucha utilidad, ya que generará nueva información en tratamiento de las aguas duras en el sector de la agricultura.

1.6. HIPÓTESIS

1.6.1. HIPÓTESIS GENERAL

Ha: Existe eficiencia de la Zeolita Clinoptilolita y la Montmorillonita Sódica en el ablandamiento de aguas duras del río Supe en la provincia de Barranca.

Ho: No existe eficiencia de la Zeolita Clinoptilolita y la Montmorillonita en el ablandamiento de aguas duras del río Supe en la provincia de Barranca.

1.6.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

- **Hipótesis 1**

Ha: Las concentraciones aplicadas de la Zeolita Clinoptilolita tienen efecto significativo en el ablandamiento de las aguas duras del río Supe.

Ho: Las concentraciones aplicadas de la Zeolita Clinoptilolita no tiene efecto significativo en el ablandamiento de las aguas duras de río Supe.

- **Hipótesis 2**

Ha: Las concentraciones aplicadas de la Montmorillonita Sódica tienen efecto significativo en el ablandamiento de las aguas duras del río Supe.

Ho: Las concentraciones aplicadas de la Montmorillonita Sódica no tiene efecto significativo en el ablandamiento de las aguas duras del río Supe.

1.7. OBJETIVOS

1.7.1. OBJETIVO GENERAL

- Determinar la eficiencia de la Zeolita Clinoptilolita y la Montmorillonita Sódica en el ablandamiento de aguas duras del río Supe en la provincia de Barranca.

1.7.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar la concentración correcta de la zeolita clinoptilolita y la Motmorillonita Sódica para el ablandamiento de las aguas duras del río Supe en la provincia de Barranca.
- Determinar y comparar los resultados post tratamiento para comprobar la eficiencia de los aluminosilicatos utilizados para el ablandamiento de las aguas duras del río Supe en la provincia de Barranca.

II. MÉTODO

2.1. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

“Cuando se realiza una medición aleatoria de la variable dependiente y luego aplicar la variable independiente, y realizar una nueva medición de la variable dependiente” (Bernardo, 2015, p. 112).

Por lo que se deduce el diseño de la presente investigación, siendo de tipo experimental.

2.1.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

El enfoque es cuantitativo, por el hecho de realizar recolección de datos bajo diferentes parámetros de agua, para realizar análisis en laboratorio y determinar datos, para nuestro caso se hará análisis pre y pos tratamiento del agua mediante la Zeolita Clinoptilolita.

La recolección de datos se utiliza cuando se quiere probar las hipótesis generadas en base a la medición numérica y del análisis estadístico, para indicar las pautas y comprobar teorías (Hernández, 2014, p. 56).

2.1.2. NIVEL DE INVESTIGACIÓN

El estudio presente es de tipo relacional y aplicativo, ya que mantiene la finalidad de determinar el grado de la relación existente entre dos o más variables presentadas. Y se diferencia en la medición de las variables y posteriormente, por someterse a pruebas de hipótesis correlacionales y se le aplican las técnicas estadísticas, en las que se calcula la correlación (FERRER, 2010).

2.2. VARIABLES, OPERACIONALIZACIÓN

Las variables del presente trabajo de investigación son las siguientes:

- **Independiente:** Zeolita Clinoptilolita y Montmorillonita Sódica.
- **Dependiente:** Ablandamiento de las aguas duras del río Supe.

Tabla 3. Matriz de operacionalización de la variable dependiente e independiente

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
INDEPENDIENTE Zeolita Clinoptilolita y la Montmorillonita Sódica	La Zeolita Clinoptilolita y la Montmorillonita Sódica son tipos de aluminosilicatos, siendo mineral que contiene óxido de aluminio (Al ₂ O ₃) y sílice (SiO ₂) los que por la carga negativa que poseen, requieren cationes adicionales para neutralizar la carga eléctrica. Estos se caracterizan por su estabilidad química.	Utilizando la Zeolita Clinoptilolita y la Montmorillonita Sódica para ablandar las aguas duras mediante adsorción.	Propiedades físicas	Tipo	RAZÓN
				Tamaño	mm
				Densidad	g/cm ³
				Porosidad	%
			Propiedades Físicoquímicos	Capacidad de adsorción	%
DEPENDIENTE Ablandamiento de las aguas duras del río Supe	El ablandamiento del agua es un proceso que tiene como finalidad eliminar el exceso de iones del agua.	El ablandamiento de aguas medido mediante tratamiento de Zeolita Clinoptilolita y la Montmorillonita Sódica, se medirán los parámetros físicos y los químicos pre y post tratamiento.	Parámetros Físicos	Conductividad	µs/cm
				Temperatura	°C
				Turbidez	NTU
				Sólidos Suspendidos Totales	ppm
			Parámetros Químicos	pH	ppm
				DBO ₅	ppm
				DQO	ppm
				CaCO ₃	ppm
				PO ₄	ppm

Fuente: Elaboración propia, 2018.

2.3. POBLACIÓN Y MUESTRA

2.3.1. POBLACIÓN

Se tomará como población para la presente investigación a las aguas del río Supe, que se encuentra en el centro poblado de la Campiña de Supe, distrito de Supe, Provincia de Barranca ubicado en el Departamento de Lima. Este consta de un caudal promedio de $58,33\text{m}^3/\text{s}$.

2.3.2. MUESTRA

El tipo de muestra de agua que se utilizó es la simple o puntual, para este caso se consideró tomar una muestra de agua en un punto determinado para ser analizado individualmente.

A). LOCALIZACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO:

Para sacar la muestra de agua se establecieron dos puntos en el efluente del río Supe ubicado en la Provincia de Barranca, la primera muestra se tomó con un recipiente de 5 litros río arriba y la segunda se tomó 50 metros río abajo, con un recipiente de la misma capacidad.

2.3.3. MUESTREO

El tipo de muestreo aplicado es no probabilístico por conveniencia, debido a que la ejecución del análisis del agua antes, durante y después de su tratamiento. De esa forma vamos a poder ablandar las aguas duras del río Supe mediante la Zeolita Clinoptilolita.

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

2.4.1. ÁREA DE ESTUDIO

El río Supe cumple su nacimiento en la laguna Aguascocha y Jurarcocha, exactamente en la parte alta; el primer tramo es conocido como el río Jurarcocha hasta llegar al pueblo de la ;

Lacasmayo, es donde nace el segundo tramo y se da el nombre de río Ambar, mantiene el nombre hasta llegar a la quebrada de Carrizal donde se inicia el tercer tramo y se le llama el río Supe. El río en mención, nace hasta la desembocadura en el océano pacífico, presentando una longitud de 99km, así como 1014 km² de superficie, LLAMOCA, J. (2014).

La cuenca del río Supe, perteneciente al sistema hidrográfico del Océano Pacífico, y la ubicación de la cuenca se da en el norte de Lima, en la Provincia de Barranca y es parte de la cordillera negra.

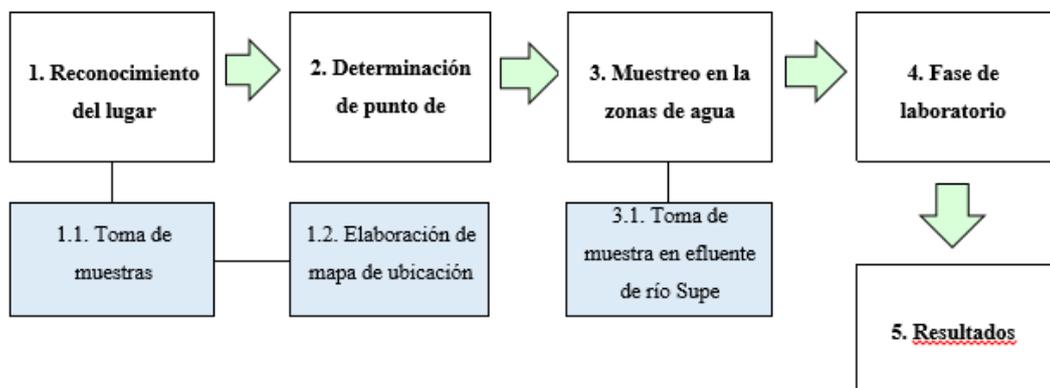
2.4.2. TÉCNICA

La técnica a la que se somete el trabajo de investigación es la técnica de la observación, este tiene como fin la recopilación de los datos. RODRÍGUEZ, P. (2008) menciona que “las técnicas, son los medios empleados para recolectar la información, entre las que sobresalen las encuestas, entrevistas y el cuestionamiento”.

La técnica a utilizar es el tratamiento del agua del río Supe mediante el uso de la zeolita, con el fin de ablandar.

2.4.3. ETAPAS DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Las etapas de la investigación se dividen en 5 fases: reconocimiento del lugar, determinación de punto de muestreo, muestreo en las zonas de aguas, fase de laboratorio y resultados, las cuales se muestran a continuación:



Fuente: Elaboración propia, 2018.

Figura 1. Etapas de trabajo de investigación.

2.4.4. DESCRIPCION DEL PROCEDIMIENTO

Se realiza cumpliendo varios pasos, los que se manifiestan en las siguientes fases:

2.4.4.1. PRIMERA FASE: Reconocimiento del lugar

La investigación se inicia haciendo un recorrido y reconocimiento del valle de Supe, luego se ubica el río Supe y se sigue a un efluente del río, buscando que sea accesible, seguro y confiable para el personal que hará la muestra de agua, también se consideró buscar un efluente que conecte con los canales de regadío, que tenga buen caudal y no se encuentre con residuos sólidos.

Se ubicó un canal que es un efluente del río Supe, este canal se encuentra en el margen de la carretera y las plantaciones agrícolas.



Figura 2. Valle de Supe.

A). Toma de muestras UTM

Las muestras fueron tomadas considerando las coordenadas UTM por medio del Sistema WGS84. Teniendo los siguientes resultados:

Tabla 4. Coordenadas UTM

COORDENADAS UTM
18L 205147.4 8800952.9

Fuente: Elaboración propia, 2018.

B). Elaboración de mapa de ubicación

Para la elaboración del mapa de la ubicación del área de estudio se utilizó un mapa base que se obtuvo en el Instituto geológico, minero y metalúrgico (INGEMMET, 2018). Se georreferenció y se inserta una data con las coordenadas tomadas en campo (Anexo 5).

2.4.4.2. SEGUNDA FASE: Determinación de punto de muestreo

A lo largo del efluente del río Supe, se escogió dos puntos específicos para llevar a cabo el muestreo de las aguas del río Supe. Para el presente caso se determinaron dos puntos de muestreo a lo largo del efluente (Anexo 6).

Entre el primero punto de muestreo se determinó río arriba y el segundo punto de muestreo se determinó 50m río abajo (Anexo 7). Se cuidó de que sea los lugares sean seguros para el personal que realizó el muestreo.

2.4.4.3. TERCERA FASE: Muestreo en la zona de aguas

Una vez ubicado los puntos, se ejecuta la extracción de las muestras de agua (Anexo 8), se realiza esta actividad con la ayuda de recipientes de tipo galoneras de capacidad 0,5L cada una.

Se procedió de la siguiente manera:

- Antes de empezar con el procedimiento, se comprobó que el lugar sea seguro y confiable para el personal que hizo la recolección de la muestra.
- El personal se colocó sus equipos de seguridad, guantes de látex y mandil para laboratorio, previamente antes de iniciar.
- Los recipientes se abrieron y se enjuagaron con agua destilada, para evitar cualquier tipo de contaminación.
- Se escogió el punto medio de la corriente de agua, cuidando que la muestra sea homogénea, evitando las aguas empozadas o poco profundas.
- El recipiente se colocó a la mitad del flujo de agua, evitando que toque el fondo. La posición que se tomo fue opuesta a la dirección del flujo de agua.
- Se repite el mismo proceso para el muestreo de río abajo, donde se ubicó 50 metros con dirección al oeste.
- Luego se colocaron las muestras de agua recolectadas en un cooler grande con bolsas de gel refrigerante, para posteriormente ser traslado hacía las instalaciones del laboratorio de la Universidad Cesar Vallejo, ubicado en el distrito de Los Olivos – Lima.

2.4.4.4. CUARTA FASE: Fase de Laboratorio

Las muestras colectadas se trasladaron al laboratorio de la Universidad Cesar Vallejo – Lima Norte, donde se realizó el análisis del pH, conductividad eléctrica, temperatura, turbidez, Solidos Suspendidos Totales (en adelante, SST), Demanda Bioquímica de Oxígeno (en adelante, DBO) y Demanda Química de Oxígeno (en adelante, DQO). También se trasladaron muestras de agua al laboratorio de la Universidad Nacional de Ingeniería con el fin de determinar Carbonatos de calcio y Fosfatos.

Todos los análisis realizados a las muestras colectadas, son básicamente las iniciales, antes de aplicar el tratamiento con la Zeolita Clinoptilolita.

Para la determinación de los resultados de los parámetros mencionados se llevó a cabo los siguientes procedimientos.

➤ **Determinación de pH, conductividad y temperatura**

En esta etapa se utiliza el equipo multiparametro para poder determinar el pH, la conductividad y la temperatura del agua muestreada.



Figura 3. Determinación de pH, conductividad y temperatura.

➤ **Determinación de turbidez**

Para determinar la turbidez de las muestras se utilizó el Turbidímetro, el cual previamente a su uso se calienta por un tiempo aproximado de 10 minutos y se procede a calibrarlo con la ayuda de un estándar de calibración, a continuación se inserta la muestra de agua y se siguen los pasos descritos a continuación:

- Se procede a agitar fuertemente el recipiente que contiene la muestra de agua, con la intención de uniformizar las partículas en suspensión, se deja reposando 10 segundos para dejar que las partículas grandes se sedimenten.
- Se continúa lavando la celda de medición del turbidímetro con agua destilada.
- Después de eso se saca una pequeña muestra para ser colocada en la celda, llenamos de agua hasta la marca que nos indica y se procede a cerrar con la tapa, secando bien la parte exterior con la ayuda del papel tissue.
- Al colocar la celda de medición en el turbidímetro, debemos respetar la flecha que indica la posición correcta, cerramos con la tapa del equipo y procedemos a hacer la medición, anotamos los resultados.



Figura 4. Determinación de turbidez

➤ **Determinación de Sólidos Suspendidos Totales**

- Previamente al uso de la muestra de agua recolectada para la determinación de SST, se siguieron los pasos descritos a continuación:
- Se corta el papel filtro al mismo tamaño de la entrada del recipiente de la bomba al vacío, el mismo que es pesado en la balanza analítica y se anota los datos.

- Una vez que el papel filtro es del mismo tamaño, lo colocamos en la boca del recipiente con la ayuda de una pinza, terminamos por colocar el segundo recipiente que va a contener la muestra de agua.
- Se esparce un poco de agua destilada para enjuagar el recipiente.
- Posterior a los pasos mencionados, para realizar la experiencia con la muestra de agua utilizando la bomba al vacío, se procede con lo siguiente:
- Agregamos los 10 mL de la muestra de agua, sellamos con la tapa y encendemos la bomba al vacío (Anexo 9).
- Retiramos con cuidado el papel filtro húmedo, lo colocamos sobre una luna reloj y lo colocamos en la incubadora, para dejarlo durante 24 horas a una temperatura de 25 °C (Anexo 9).
- Pasado el tiempo indicado, se procede a retirar la luna reloj para pesarlo nuevamente en la balanza analítica, determinando el peso final; anotamos los datos obtenidos, y se procede con el cálculo mediante la siguiente formula:

$$\frac{(\text{Peso final} - \text{Peso inicial}) \times 1000 \text{ mL}}{10 \text{ mL}} = SST \frac{\text{mg}}{\text{L}} \quad \dots \text{Ecuación 1}$$

➤ **Determinación de la Demanda Química de Oxígeno (DQO)**

Para la determinación de la DQO se usaron los siguientes reactivos:

- Dicromato de potasio 0,0167M.
- Ftalato de hidrógeno de potasio (FHP).
- Ácido Sulfúrico.

Para seguir con el procedimiento de determinación de DQO se trabajó con la siguiente Tabla 5, para agregar las cantidades indicadas, se debe trabajar con un tubo de ensayo que tenga tapa.

Tabla 5. Cantidades de muestra y reactivos

VASO DE DIGESTIÓN		Muestra (mL)	Solución de digestión (mL)	Reactivo Ácido sulfúrico (mL)	Volumen total final (mL)
TUBOS DE CULTIVO	16 x 100 mm	2,5	1,5	3,5	7,5
	20 x 150 mm	5,0	3,0	7,0	15,0
	25 x 150 mm	10,0	6,0	14,0	30,0
	Ampollas estándar de 10mL	2,5	1,5	3,5	7,5

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Teniendo las muestras con la solución y el reactivo, se dejan en una rejilla de tubos de ensayo dentro de incubadora por el tiempo de 2 horas.

- Al culminar el tiempo indicado, se dejan enfriar a temperatura ambiente y se colocan en la centrifugadora para ayudar que los sólidos se depositen en el fondo del tubo.
- La solución del tubo se coloca en la celda del espectrofotómetro, el equipo se ajusta a 600 nm y se insertan al equipo, para poder medir la absorbancia de la solución (Anexo 10).

➤ **Determinación de la Demanda Bioquímica de Oxígeno**

Para la determinación de la DBO se utiliza los siguientes reactivos:

- Solución tampón de fosfato.
- Solución de sulfato de magnesio.
- Solución de cloruro de calcio.
- Solución de cloruro de hierro (III).

El procedimiento para determinar la DBO se realiza lo siguiente:

En un vaso de precipitado se coloca 1mL de la muestra en una fiola de 1000 L, se adicionan 2 mL de cada solución mencionada y se separan en dos muestras de frascos wlinker (Anexo 11).

Se realiza la lectura de OD en la M-001 y el M-002 se coloca en la incubadora por un tiempo de 5 días a 20 °C, se anotan los datos.

2.5. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS, VALIDACIÓN Y CONFIABILIDAD DEL INSTRUMENTO

Cada instrumento que a sido creado, fue revisado y dado como aprobados por 3 profesionales y especialistas en tema de la investigación. Los especialistas, comentaron estar de acuerdo con los formatos que se desarrollaron estableciendo su firma y sello en cada documento. Las personas validadoras de los instrumentos fueron: Ing. Jorge Leonardo Jave Nakayo, el Qco. Sigfredo Alexander Quintana Paetán y el Ing. Abel Inga Diaz.

Tabla 6. Validación de instrumentos de recolección de datos

Item	Docente especialista	Porcentaje (%)
1	Abel, Inga Diaz	85
2	Jorge Leonardo, Jave Nakayo	85
3	Sigfredo Alexander, Quintana Paetán	85
		85

Fuente: Elaboración propia, 2018

Con el fin de llegar a la validación de los instrumentos y su confiabilidad, se realizó el cálculo por el programa Excel 2013, analizando los puntajes de cada instrumento de recolección de datos, llegando a un puntaje de 95%. Siendo respaldadas la confiabilidad de las variables ejecutadas en e presente trabajo de investigación, habiendo sido observado y verificado por los profesionales colegiados expertos en el tema, que evaluaron los indicadores de la presente investigación.

2.5.1. MÉTODO DE ANÁLISIS DE DATOS

Se planteará con el diseño cuadrado latino con tres tratamientos y tres repeticiones, el diseño tendrá la siguiente estructura:

$$Y_{ij(k)} = \mu + F_i + C_j + T_{(k)} + \text{error}_{ij(k)} \quad I, j, k = 1, 2 \dots n \quad \dots \text{Ecuación 2}$$

Donde:

μ = Efecto medio (parámetro modelo)

F_i = Efecto de la fila i

C_j = Efecto de la columna j

$T_{(k)}$ = Efecto del tratamiento k

Error $_{ij(k)}$ = Error experimental de la u.e. i, j

$Y_{ij(k)}$ = Observación de la unidad experimental

El subíndice (k) indica que el tratamiento k fue aplicado en la u.e.

El diseño experimental será distribuido de la siguiente manera:

Tabla 7. Distribución del diseño experimental

	T1	T2	T3
R1	√	√	√
R2	√	√	√
R3	√	√	√

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Por ello se deduce de la tabla 7:

T1 = Tratamiento con 25 gramos de zeolita clinoptilolita.

T2 = Tratamiento con 50 gramos de zeolita clinoptilolita.

T3 = Tratamiento con 100 gramos de zeolita clinoptilolita.

T1 = Tratamiento con 25 gramos de montmorillonita sódica.

T2 = Tratamiento con 50 gramos de montmorillonita sódica.

T3 = Tratamiento con 100 gramos de montmorillonita sódica.

R= Repeticiones de los tratamientos

Los datos se evaluarán mediante el software SPSS, para la comparación de las medias se hará mediante la prueba de contraste de Tukey y los gráficos con la ayuda de software Excel.

2.6. ASPECTOS ÉTICOS

Se comenta que el tesista del presente trabajo de investigación mantiene los principios de ética, siendo presentada inicialmente en el proyecto de investigación durante el tiempo que duró la ejecución del presente trabajo.

El trabajo de Tesis no está presentando ninguna violación a las leyes, normas u otros documentos de política universitaria y de educación; que tengan que ver con el trabajo de investigación.

Los instrumentos de recolección de los datos que el investigador desarrolló, cumplieron la evaluación por parte de los 3 especialistas del tema en aguas, respetando la autenticidad de los resultados que se obtuvieron tras someterse a su paso por los laboratorios, antes y después de la recolección de las muestras.

III. RESULTADOS

3.1. ANÁLISIS PRE-TRATAMIENTO

3.1.1. ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS DE AGUA

Se obtuvo dos muestras, el cual lo llamaremos M-001 y M-002, a ambas muestras de agua se analizaron los parámetros indicados en la matriz de consistencia. Por lo que antes de iniciar el tratamiento con ambos aluminosilicatos, se realizó un análisis inicial a las dos muestras de agua, arrojando los siguientes resultados:

Tabla 8. Análisis inicial de pH a muestras de agua

pH					
Estación	Tipo de resultado	Coordenadas Supe - Barranca	Altitud (msnm)	Resultado	ECA
M-001	Muestra	Sur: 205147.4	52	8,92	6.5 - 8.5
		Oeste: 800952.9			
M-002	Muestra	Sur: 205145.5	48	8,27	6.5 - 8.5
		Oeste: 8800940.8			

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Para obtener el Potencial de Hidrogeno (pH), se puede observar en la Tabla 8 que el resultado inicial fue de 8,92 para M-001 y 8,27 para M-002; comparado con lo que pide el ECA para aguas con categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales, es de 6,5 a 8,5, del cual queda demostrado que la M-001 no cumple con la normativa.

Tabla 9. Análisis inicial de Conductividad a muestras de agua

Conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$)						
Estación	Tipo de resultado	Coordenadas Supe - Barranca	Altitud (msnm)	Unidad de medida	Resultado	ECA
M-001	Muestra	Sur: 205147.4	52	$\mu\text{S}/\text{cm}$	1025,00	2500
		Oeste: 8800952.9				
M-002	Muestra	Sur: 205145.5	48	$\mu\text{S}/\text{cm}$	1098,00	2500
		Oeste: 8800940.8				

Fuente: Elaboración propia, 2018.

En cuanto a los resultados del análisis de la Conductividad Eléctrica (CE) en las muestras de agua, se observa en la Tabla 9 que la muestra M-001 mantiene 1025 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y para M-002 un resultado de 1098 $\mu\text{S}/\text{cm}$; en comparación con los valores del ECA de este parámetro, se indica que se encuentran dentro de las cantidades establecidas para agua de categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales.

Tabla 10. Análisis inicial de Temperatura a muestras de agua

Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)						
Estación	Tipo de resultado	Coordenadas Supe - Barranca	Altitud (msnm)	Unidad de medida	Resultado	ECA
M-001	Muestra	Sur: 205147.4	52	$^{\circ}\text{C}$	22,40	$\Delta 3$
		Oeste: 8800952.9				
M-002	Muestra	Sur: 205145.5	48	$^{\circ}\text{C}$	22,70	$\Delta 3$
		Oeste: 8800940.8				

Fuente: Elaboración propia, 2018.

En la Tabla 10, donde se demuestran los resultados de la Temperatura para las dos muestras de agua, se tiene que para la M-001 mantiene una temperatura de 22,40 $^{\circ}\text{C}$ y para la M-002 de 22,70 $^{\circ}\text{C}$; ambas muestras nos indica que se encuentra dentro de lo normal comparado con los valores del ECA de categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales.

Tabla 11. Análisis inicial de Oxígeno disuelto a muestras de agua

Oxígeno Disuelto (mg/L)						
Estación	Tipo de resultado	Coordenadas Supe - Barranca	Altitud (msnm)	Unidad de medida	Resultado	ECA
M-001	Muestra	Sur: 205147.4	52	mg/L	5,88	≥ 4
		Oeste: 8800952.9				
M-002	Muestra	Sur: 205145.5	48	mg/L	4,94	≥ 4
		Oeste: 8800940.8				

Fuente: Elaboración propia, 2018.

El análisis para las muestras de agua del parámetro de Oxígeno Disuelto (OD) demostrado en la Tabla 11, indican que para la M-001 es de 5,88mg/L y para la M-002 es de 4,94mg/L, ambos resultados también se encuentra dentro de los parámetros normales, según los ECA de categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales, en el que se establece que los resultados deben ser mayor o igual a 4 mg/L.

Tabla 12. Análisis inicial de Turbidez a muestras de agua

Turbidez (NTU)						
Estación	Tipo de resultado	Coordenadas Supe - Barranca	Altitud (msnm)	Unidad de medida	Resultado	ECA
M-001	Muestra	Sur: 205147.4	52	NTU	22,00	-
		Oeste: 8800952.9				
M-002	Muestra	Sur: 205145.5	48	NTU	200,00	-
		Oeste: 8800940.8				

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Según la Tabla 12, el nivel de Turbidez en los resultados de los análisis para el agua muestreada, arroja para la M-001 22,00 NTU y para la M-002 200,00 NTU. Estos resultados no son comparados con los valores del ECA para aguas de categoría 3, debido a que no se encuentra establecido como parámetro; sin embargo, los aluminosilicatos responden a una disminución de turbidez durante el tratamiento dado.

Tabla 13. Análisis inicial de Demanda Bioquímica de Oxígeno a muestras de agua

Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/L)						
Estación	Tipo de resultado	Coordenadas Supe - Barranca	Altitud (msnm)	Unidad de medida	Resultado	ECA
M-001	Muestra	Sur: 205147.4	52	mg/L	30,00	15
		Oeste: 8800952.9				
M-002	Muestra	Sur: 205145.5	48	mg/L	25,00	15
		Oeste: 8800940.8				

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Para los resultados presentados en la Tabla 13, se analiza considerando el parámetro de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), se identifica que para la M-001 existe una concentración de 30,00 mg/L mientras que para la M-002 los niveles de concentración descienden a 25,00 mg/L. Estos resultados comparados con el ECA para agua de categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales, se deduce que se encuentran por encima de lo establecido, ya que lo máximo es de 15,00 mg/L para este parámetro.

Tabla 14. Análisis inicial de Demanda Química de Oxígeno a muestras de agua

Demanda Química de Oxígeno (mg/L)						
Estación	Tipo de resultado	Coordenadas Supe - Barranca	Altitud (msnm)	Unidad de medida	Resultado	ECA
M-001	Muestra	Sur: 205147.4	52	mg/L	70,00	40
		Oeste: 8800952.9				
M-002	Muestra	Sur: 205145.5	48	mg/L	75,00	40
		Oeste: 8800940.8				

Fuente: Elaboración propia, 2018.

En la Tabla 14 presentada sobre el análisis del parámetro de Demanda Química de Oxígeno (en adelante, DQO) en base a las muestras de agua, resulta que para la M-001 se tiene una concentración de 70,00mg/L y para la M-002 una concentración de 75,00mg/L. Los resultados obtenidos comparados con los 40,00 mg/L que establece como máximo el ECA para agua de categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales, demuestra que las muestras tienen niveles altos de concentración de DQO en casi un 200%.

Tabla 15. Análisis inicial de Sólidos Suspendidos Totales a muestras de agua

Solidos Suspendidos Totales (mg/L)						
Estación	Tipo de resultado	Coordenadas Supe - Barranca	Altitud (msnm)	Unidad de medida	Resultado	ECA
M-001	Muestra	Sur: 205147.4	52	mg/L	560,00	-
		Oeste: 8800952.9				

Solidos Suspendidos Totales (mg/L)						
Estación	Tipo de resultado	Coordenadas Supe - Barranca	Altitud (msnm)	Unidad de medida	Resultado	ECA
M-002	Muestra	Sur: 205145.5	48	mg/L	400,00	-
		Oeste: 8800940.8				

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Los resultados para el análisis de Solidos Suspendidos Totales (en adelante, SST) en las muestras de agua se demuestran en la Tabla 15, en donde la muestra M-001 resulta con niveles de 560,00 mg/L y la muestra M-002 con niveles de 400 mg/L. Estos resultados no son comparados con los valores del ECA para aguas de categoría 3, debido a que no se encuentra establecido como parámetro; sin embargo, se conoce que los aluminosilicatos tienen buena respuesta en el tratamiento con los SST.

Tabla 16. Análisis inicial de Carbonato de calcio a muestras de agua

Carbonato de Calcio (mg/L)						
Estación	Tipo de resultado	Coordenadas Supe - Barranca	Altitud (msnm)	Unidad de medida	Resultado	ECA
M-001	Muestra	Sur: 205147.4	52	mg/L	13,05	-
		Oeste: 8800952.9				
M-002	Muestra	Sur: 205145.5	48	mg/L	13,12	-
		Oeste: 8800940.8				

Fuente: Elaboración propia, 2018.

En la Tabla 16, se demuestran los resultados de los análisis para las muestras de agua considerando el parámetro de Carbonato de Calcio, en donde se identifica que para la muestra M-001 se tiene 11,08 mg/L y para la M-002 una cantidad de 13,05 mg/L. Lo recomendable para aguas destinadas al riego es de 5 mg/L, por lo que los valores de muestras se encuentran por encima de lo recomendado, alcanzando niveles superiores de hasta un 200%.

Tabla 17. Análisis inicial de Fosfatos a muestras de agua

Fosfatos (mg/L)						
Estación	Tipo de resultado	Coordenadas Supe - Barranca	Altitud (msnm)	Unidad de medida	Resultado	ECA
M-001	Muestra	Sur: 205147.4	52	mg/L	10,01	-
		Oeste: 8800952.9				
M-002	Muestra	Sur: 205145.5	48	mg/L	13,12	-
		Oeste: 8800940.8				

Fuente: Elaboración propia, 2018.

En cuanto a los resultados de la Tabla 17, se tiene que los análisis para el parámetro de Fosfatos resultó la muestra M-001 con niveles de 10,01 mg/L y niveles de 13,12 mg/L para la M-002 respectivamente.

3.1.2. ANÁLISIS DE LOS ALUMINOSILICATOS

Se realizó el análisis de los aluminosilicatos, con la intención de conocer las propiedades físicas y fisicoquímicos, el análisis de ambas rocas se generó en los laboratorios de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica de la Universidad Nacional de Ingeniería, obteniendo los siguientes resultados.

Tabla 18. Resultados del análisis de los aluminosilicatos

MUESTRA	PROPIEDADES FÍSICAS				PROPIEDADES FISICOQUÍMICOS
	Tipo	Tamaño	Densidad (mg/m ³)	Porosidad	Capacidad de adsorción (cm ³ /g)
Zeolita	Clinoptilolita	1.18 mm	2,24	0,35	<0,35
Montmorillonita	Sódica	<2um	2,62	-	< 0,29

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Según la Tabla 18 se identifica el análisis a dos tipos de aluminosilicatos; la primera muestra es la Zeolita tipo Clinoptilolita y la segunda muestra corresponde a Montmorillonita tipo sódica.

- Para la Zeolita tipo Clinoptilolita, se muestra con tamaño promedio de 1,18mm, densidad de 2,24mg/m³, también presenta una porosidad de 0,35 y su capacidad de adsorción es menor a 0,35cm³/g.
- Para la Montmorillonita tipo sódica el tamaño es menor a 2 µm, la densidad es de 2,62 mg/m³; respecto a la porosidad no aplica, ya que la Montmorillonita se encuentra en polvo, en tanto, la capacidad de adsorción es menor a 0,29 cm³/g.

Tabla 19. Resultados de la composición de los aluminosilicatos

MUESTRA	COMPOSICIÓN %							
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O	MgO	K ₂ O	OTROS
Zeolita Clinoptilolita	68,31	11,73	1,631	2,56	0,77	0,56	3,29	0,351
Montmorillonita Sódica	61,20	14,80	2,660	1,26	2,01	1,77	0,8	8,110

Fuente: Elaboración propia, 2018.

El análisis de los aluminosilicatos muestreados también abarco el análisis de su composición, como queda demostrado en la Tabla 19, obteniendo los siguientes resultados:

- Para la Zeolita Clinoptilolita en el que se tiene porcentajes de 68,31% de óxido de silicio, 11,73% de óxido de aluminio, 1,632% de óxido de hierro, 2,56% de óxido de calcio, 0,77% de óxido de sodio, 0,56% de óxido de magnesio, 3,29% de óxido de potasio y 0,351% de otros minerales.
- Para la Montmorillonita Sódica la composición está conformada por 61,2% de óxido de silicio, 14,8% de óxido de aluminio, 2,66% de óxido de hierro, 1,26% de óxido de calcio, 2,01% de óxido de sodio, 1,77% de óxido de magnesio, 0,8% óxido de potasio y otros minerales en 8,11%.

3.2. ANÁLISIS POST-TRATAMIENTO

Después de realizar el tratamiento se realizó los análisis a las muestras para poder determinar la eficiencia de los aluminosilicatos en el ablandamiento de las aguas del río Supe, también para determinar el mejor en la disminución de los parámetros adicionales medidos.

3.2.1. PRUEBA DE JARRAS

Para poder realizar el tratamiento con la Zeolita Clinoptilolita y la Montmorillonita Sódica, se utilizó la prueba de jarras con la finalidad de homogenizar las muestras de agua con los aluminosilicatos escogidos, generándose de la siguiente manera.

- En cada recipiente se agregó 2L de muestra de agua.
- Se agregó agua de la muestra 1 (M-001) en 3 recipientes y en otros 3 recipientes se agregó agua de la muestra 2 (M-002).
- Después se pesó 25g, 50g y 100g de Zeolita Clinoptilolita y las mismas cantidades para el aluminosilicatos de Montmorillonita Sódica; esto con la finalidad de poder agregar cada dosis a cada recipiente que contiene las muestras de agua tomadas en el punto de muestreo.
- Se configura el equipo Test Jar para primero trabajar con una mezcla rápida de 180RPM en un tiempo de 60 segundos.
- Después de trabajar a esa velocidad, se vuelve a configurar el equipo para trabajar con una mezcla lenta; de modo que, en un tiempo de 30 minutos, las paletas de agitación trabajen a 30RPM.
- Habiendo cumplido el tiempo configurado en el equipo, se procede a dejar reposar todas las muestras con los aluminosilicatos, de Zeolita Clinoptilolita y la Montmorillonita Sódica.

- Pasado 1 hora de reposo; con la ayuda de la bomba de vacío, las muestras son llevadas a pasar por el papel filtro para poder retirar los restos de ambos aluminosilicatos.
- Finalmente las muestras de agua; posterior a aplicar el tratamiento, se llevan a analizar por cada parámetro, sobre todo determinar el Carbonato de calcio (CaCO_3) (Anexo 12).

3.2.2. ANALISIS DE LOS PARÁMETROS POST-TRATAMIENTO

Habiéndose realizado el tratamiento con Prueba de jarras a las muestras de aluminosilicatos; se analizan los parámetros estudiados inicialmente: pH, Conductividad, Temperatura, Turbidez, DBO, DQO, Solidos suspendidos totales, Carbonato de calcio y Fosfatos, por los cuales se obtienen los datos compartidos en las siguientes tablas:

Tabla 20. Resultados Post-tratamiento con la Zeolita Clinoptilolita (Parte 1)

ZEOLITA CLINOPTILOLITA																
		pH			Conductividad (μS/cm)			Temperatura (°C)			Turbidez (NTU)			Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/L)		
		T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3
M-001	R1	7,00	7,19	6,10	804,00	558,00	350,00	22,50	23,10	22,90	14,00	12,00	10,00	16,00	9,00	5,00
	R2	6,90	7,18	6,30	809,00	555,00	365,00	22,50	23,80	23,10	14,00	13,00	11,00	14,00	10,00	6,00
	R3	7,92	7,23	6,30	798,00	556,00	356,00	21,80	23,60	23,20	16,00	13,00	11,00	14,00	10,00	5,00
M-002	R1	7.00	6.70	6,10	822,00	740,00	519,00	22,00	23,00	22,50	120,00	80,00	65,00	12,00	8,00	4,00
	R2	7.15	6.90	6,10	830,00	750,00	502,00	22,50	22,70	22,80	122,00	82,00	66,00	12,00	9,00	5,00
	R3	7.12	6.65	6,20	820,00	745,00	499,00	22,30	23,10	22,70	124,00	84,00	59,00	11,00	9,00	5,00

Fuente: Elaboración propia, 2018

Tabla 21. Resultados de Post-tratamiento con la Zeolita Clinoptilolita (Parte 2)

		ZEOLITA CLINOPTILOLITA											
		Demanda Química de Oxígeno (mg/L)			Solidos Suspendidos Totales (mg/L)			Carbonato de Calcio (mg/L)			Fosfatos (mg/L)		
		T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3
M-001	R1	59,00	20,00	16,00	504,00	378,00	294,00	8,33	5,29	3,78	10,10	9,19	7,14
	R2	54,00	20,00	16,00	499,00	382,00	300,00	8,30	5,33	3,59	10,00	9,00	6,84
	R3	55,00	20,00	15,00	490,00	380,00	289,00	8,65	5,32	3,65	9,90	9,10	6,97
M-002	R1	61,00	54,00	25,00	378,00	345,00	310,00	10,96	9,10	4,01	10,17	8,90	7,53
	R2	59,00	53,00	20,00	374,00	352,00	320,00	9,87	10,15	3,98	10,29	9,25	7,16
	R3	59,00	54,00	23,00	370,00	350,00	320,00	10,46	9,12	3,83	10,56	9,37	7,37

Fuente: Elaboración propia, 2018

Tabla 22. Resultados Post-tratamiento con la Montmorillonita Sódica (Parte 1)

		MONTMORILLONITA SÓDICA														
		pH			Conductividad (μS/cm)			Temperatura (°C)			Turbidez (NTU)			Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/L)		
		T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3
M-001	R1	7,90	7,39	6,30	860,00	621,00	462,00	21,00	22,50	22,00	19,00	17,00	18,00	15,00	13,00	9,00
	R2	7,65	6,98	6,50	849,00	619,00	466,00	21,50	22,60	23,00	20,00	18,00	19,00	17,00	13,00	9,00
	R3	8,10	7,46	6,47	856,00	623,00	465,00	22,00	22,10	22,53	19,00	18,00	20,00	16,00	13,00	8,00
M-002	R1	7,90	6,98	6,80	778,00	689,00	589,00	22,03	22,00	22,00	195,00	183,00	190,00	13,00	9,00	8,00
	R2	7,54	7,01	6,50	792,00	694,00	588,00	22,06	22,30	22,30	189,00	185,00	185,00	16,00	10,00	9,00
	R3	7,78	7,30	6,45	787,00	691,00	590,00	22,21	21,90	22,40	190,00	185,00	190,00	15,00	11,00	8,00

Fuente: Elaboración propia, 2018

Tabla 23. Resultados post-tratamiento con la Montmorillonita Sódica (Parte 2)

		MONTMORILLONITA SÓDICA											
		Demanda Química de Oxígeno (mg/L)			Sólidos Suspendidos Totales (mg/L)			Carbonato de Calcio (mg/L)			Fosfatos (mg/L)		
		T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3
M-001	R1	56,00	42,00	32,00	510,00	595,00	350,00	8,79	8,62	8,30	9,64	9,13	9,15
	R2	59,00	46,00	29,00	525,00	503,00	355,00	9,54	8,81	8,25	9,58	9,23	9,25
	R3	58,00	45,00	30,00	520,00	500,00	353,00	9,23	8,84	8,15	9,77	9,30	9,20
M-002	R1	57,00	52,00	53,00	375,00	357,00	320,00	11,33	9,33	8,06	11,34	8,46	7,91
	R2	60,00	55,00	53,00	377,00	359,00	330,00	10,69	8,99	8,53	10,74	8,43	7,46
	R3	59,00	54,00	52,00	380,00	360,00	300,00	10,89	9,03	8,37	11,06	8,39	7,64

Fuente: Elaboración propia, 2018

3.2.2.1. Resultados Post-tratamiento de la M-001 con la Zeolita Clinoptilolita

Tabla 24. Resultados de concentraciones de Carbonato de Calcio para la M-001

Tratamiento	Antes del tratamiento (mg/L)	Después del tratamiento (mg/L)	Reducción (mg/L)		Eficiencia (%)
T1	13,05	8,33	Promedio: 8,43	4,72	35,40%
	13,05	8,30		4,75	
	13,05	8,65		4,40	
T2	13,05	5,29	Promedio: 5,31	7,76	59,31%
	13,05	5,33		7,72	
	13,05	5,32		7,73	
T3	13,05	3,78	Promedio: 3,67	9,27	71,88%
	13,05	3,59		9,46	
	13,05	3,65		9,40	

Fuente: Elaboración propia, 2018

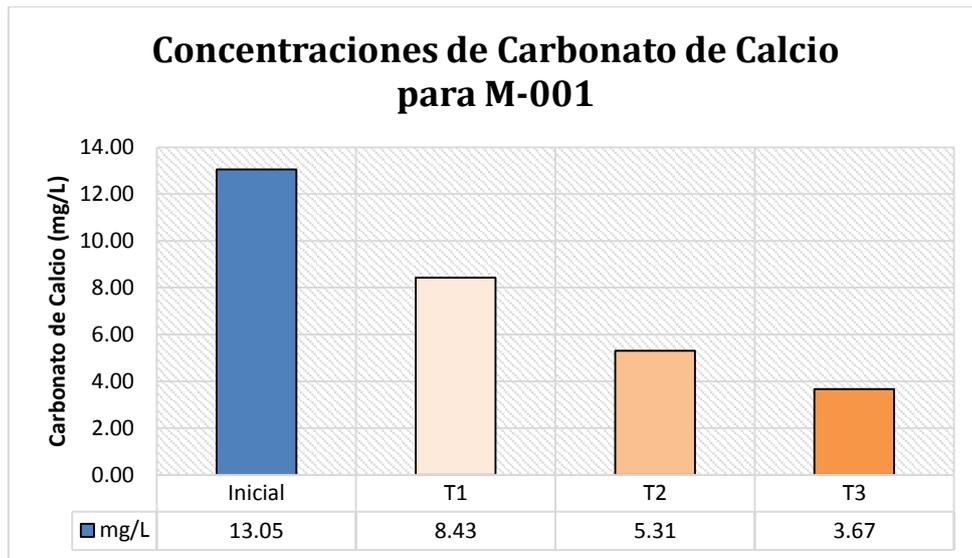
En la Tabla 24, se aprecia los valores en la concentración del Carbonato de Calcio (CaCO₃) antes y después de los tratamientos realizados; incluyendo el campo de reducción, en el que los valores son resultantes de la diferencia entre los valores presentados antes y después del tratamiento.

Asimismo, se presenta la concentración de Carbonato de Calcio (CaCO₃) obtenida según los tres tratamientos a los que se sometieron y sus respectivos valores de porcentajes de eficiencias, realizando los cálculos según:

$$\frac{\text{concentración inicial} - \text{concentración final}}{\text{concentración inicial}} \times 100 \dots \text{Ecuación 3}$$

Donde podemos indicar que luego del Tratamiento 3 (T3), se obtuvo un porcentaje de eficiencia alto, con 71,88% y la concentración de Carbonato de Calcio (CaCO₃) luego del Tratamiento 1 (T1) presentó el menor porcentaje de eficiencia con resultado de 35,40%.

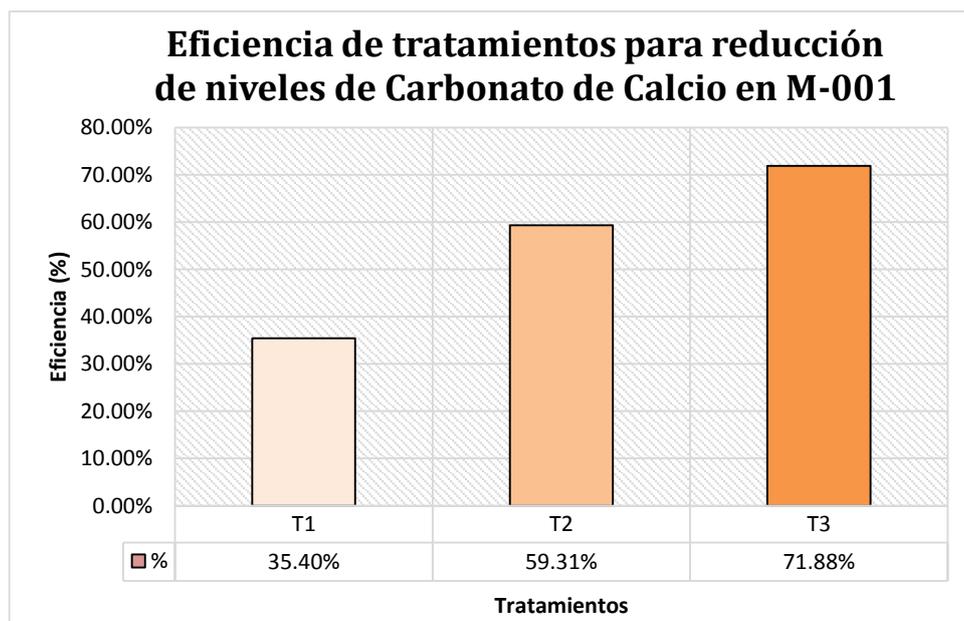
Gráfico 1. Comparación de Concentración inicial y tratamientos de CaCO_3 para la M-001



Fuente: Elaboración propia, 2018

En el Gráfico 1, se muestra los valores obtenidos de concentración de Carbonato de Calcio (CaCO_3) inicial (antes del tratamiento) y los valores obtenidos después de los Tratamientos: T1, T2 y T3 para la M-001, los cuales responden bastante bien; siendo el más adecuado el Tratamiento 3 (T3), representado con un valor de reducción de la concentración de Carbonato de Calcio (CaCO_3) que inicialmente fue de 13,05mg/L para llegar a 3,67mg/L.

Gráfico 2. Eficiencia en la reducción de Concentración de CaCO_3 para la M-001



Fuente: Elaboración propia, 2018

En el Gráfico 2, se tiene que el Tratamiento 3 (T3), compuesta por 100g de Zeolita Clipnotilolita, es el tratamiento que presenta mayor eficiencia con 71,88%, en comparación con otros tratamientos ejecutados (T1, T2).

Ante estos resultados, se realizó la prueba estadística de normalidad de la concentración de Carbonato de Calcio (CaCO_3) para evaluar el comportamiento presentado en los resultados al aplicar los tratamientos, resultando la siguiente tabla:

Tabla 25. Pruebas de normalidad de la concentración de Carbonato de Calcio (CaCO_3) para M-001

Pruebas de normalidad							
Parámetro	Tratamiento	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
CaCO_3	T1_25g	,358	3	.	,814	3	,148
	T2_50g	,292	3	.	,923	3	,463
	T3_100g	,262	3	.	,957	3	,600

Fuente: Tabla SPSS, elaboración propia, 2018

La Tabla 25, se manifiesta que para la concentración de Carbonato de Calcio (CaCO_3) luego de los tratamientos a los que fueron sometidos, cumplen con un comportamiento a una distribución normal, dados a conocer por la obtención mayor a 0,05 de P-Valores, considerándose para la interpretación de los valores estadísticos de Shapiro-Wilk por ser unas muestras pequeñas (< 30). Se llega a precisar que los datos cumplen con 95% de confiabilidad.

Luego de la aplicación de la prueba de normalidad, se procede a desarrollar la Prueba de la Homogeneidad de varianza con Levene (Tabla 26); esto determina la presencia de la diferencia entre las varianzas de los valores de cromo al haber sido sometida a los tratamientos, y confirmar la aplicación de la prueba de ANOVA.

Tabla 26. Prueba de homogeneidad de varianzas de Levene

Carbonato de Calcio			
Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
6,408	2	6	,062

Fuente: Tabla SPSS, elaboración propia, 2018.

Ho: No existió diferencia entre la varianza de la concentración de Carbonato de Calcio (CaCO_3).

En la Tabla 26, se demuestra que se aplica el supuesto estadístico ($> 0,05$), que indica que no existe diferencia entre las varianzas de la concentración de Carbonato de Calcio (CaCO_3). Por estos motivos, se procedió a utilizar la prueba de ANOVA de un factor (Tabla 27), para determinar la existencia de una diferencia significativa entre los grupos de medias de las concentraciones de Carbonato de Calcio (CaCO_3), habiendo sido aplicado los tratamientos.

Tabla 27. ANOVA de un factor

Carbonato de Calcio					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	34,977	2	17,488	1104,525	,000
Dentro de grupos	,095	6	,016		
Total	35,072	8			

Fuente: Tabla SPSS, elaboración propia, 2018.

H1: Existió diferencia significativa de medias de las concentraciones de Carbonato de Calcio (CaCO_3).

La Tabla 27, encuentra la prueba estadística de ANOVA de un factor, ubicándose la resultante de un P-valor $< 0,05$, así se mantiene la existencia de las diferencias significativas de medias de las concentraciones de Carbonato de Calcio (CaCO_3), esto aplicando los 3 tratamientos (T1, T2, T3).

Tabla 28. Prueba de pos Hoc de HSD de Tukey

Comparaciones múltiples						
Variable dependiente: CaCO ₃						
(I) TRATAMIE NTO	(J) TRATAMIEN TO	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
T1_25g	T2_50g	3,11333*	,10274	,000	2,7981	3,4286
	T3_100g	4,75333*	,10274	,000	4,4381	5,0686
T2_50g	T1_25g	-3,11333*	,10274	,000	-3,4286	-2,7981
	T3_100g	1,64000*	,10274	,000	1,3248	1,9552
T3_100g	T1_25g	-4,75333*	,10274	,000	-5,0686	-4,4381
	T2_50g	-1,64000*	,10274	,000	-1,9552	-1,3248

Fuente: Tabla SPSS, elaboración propia, 2018.

H1: Existió diferencia significativa entre los valores de los tratamientos (T1, T2, T3)

En la Tabla 28, se determina que las diferencias significativas se generan en los tratamientos: T1, T2, T3, por los motivos que presentan P-valor < 0.05. Por lo cual, al aplicar el Tratamiento 1 (T1), respecto a la concentración de Carbonato de Calcio (CaCO₃) presenta la menor diferencia de media, entonces se deduce que luego de la aplicación del tratamiento surge la reducción de menor concentración de Carbonato de Calcio (CaCO₃).

Se interpreta que el Tratamiento 3 (T3) compuesta por 100g de Zeolita Clinoptilolita, es el tratamiento que reduce mayor concentración de Carbonato de Calcio (CaCO₃).

3.2.2.2. Resultados post-tratamiento de la M-002 con la Zeolita Clinoptilolita

Tabla 29. Resultados de concentraciones de Carbonatos de Calcio para la M-002

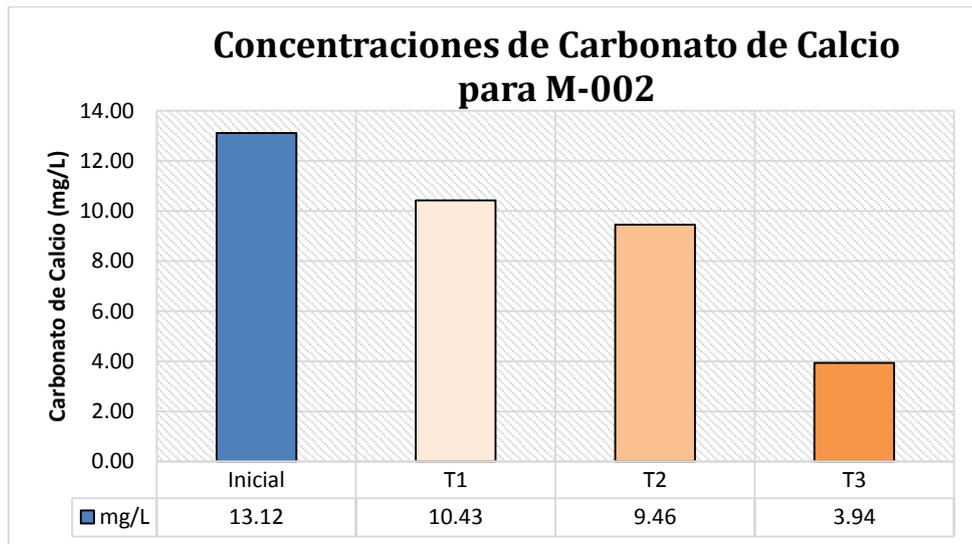
Tratamiento	Antes del tratamiento (mg/L)	Después del tratamiento (mg/L)	Reducción (mg/L)		Eficiencia (%)	
T1	13,12	10,96	Promedio: 10,43	2,19	Promedio: 2,70	20,57%
	13,12	9,87		3,25		
	13,12	10,46		2,66		
T2	13,12	9,10	Promedio: 9,46	4,02	Promedio: 3,66	27,90%
	13,12	10,15		2,97		
	13,12	9,12		4,00		
T3	13,12	4,01	Promedio: 3,94	9,11	Promedio: 9,18	69,70%
	13,12	3,98		9,14		
	13,12	3,83		9,29		

Fuente: Elaboración propia, 2018

En la Tabla 29, se aprecia los valores de concentración de Carbonato de Calcio (CaCO_3) antes y después de los tratamientos realizados; incluyendo el campo de reducción, en el que los valores son resultantes de la diferencia entre los valores presentados antes y después del tratamiento.

Asimismo, se presenta la concentración para el Carbonato de Calcio (CaCO_3) obtenida según los tratamientos sometidos y sus respectivos valores de porcentajes de eficiencias (Ecuación 3). Donde podemos indicar que luego del Tratamiento 3 (T3), se obtuvo un resultante de 69,70% considerado el mayor porcentaje de eficiencia; mientras que la concentración de Carbonato de Calcio (CaCO_3) luego del tratamiento 1 (T1) presentó el menor porcentaje de eficiencia con 20,57%.

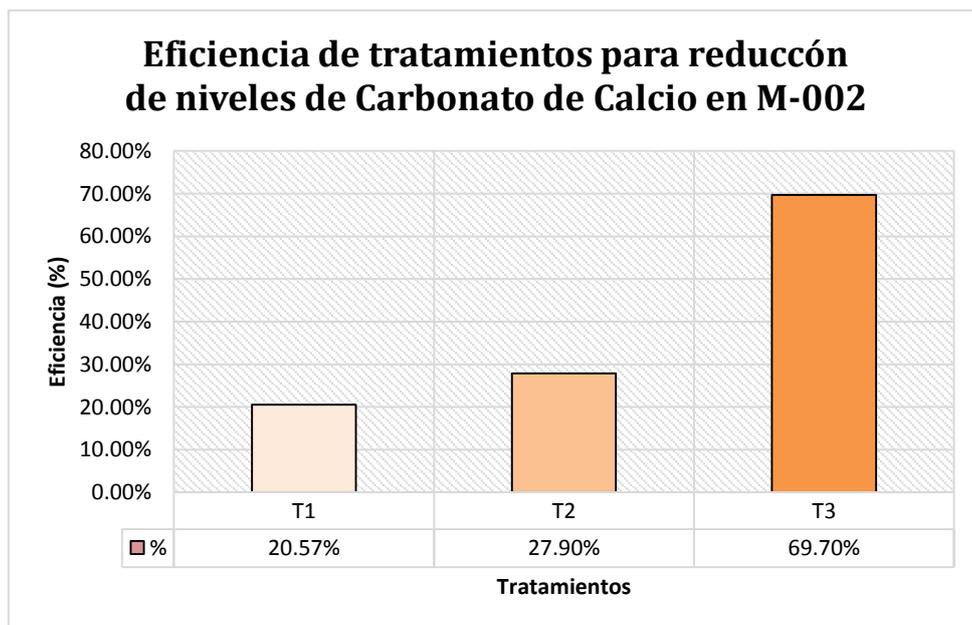
Gráfico 3. Comparación de Concentración inicial y tratamientos de CaCO_3 para la M-002



Fuente: Elaboración propia, 2018

En el Gráfico 3, se muestra los valores obtenidos de concentración de Carbonato de Calcio (CaCO_3) inicial y los valores obtenidos de la concentración de Carbonato de Calcio (CaCO_3) después de los Tratamientos T1, T2 y T3, responden bastante bien, siendo el más adecuado el tratamiento 3 (T3), representado con un valor de reducción de la concentración de Carbonato de Calcio (CaCO_3) de 13,12 mg/L a 3,94 mg/L.

Gráfico 4. Eficiencia en la reducción de concentración de CaCO_3 para la M-002



Fuente: Elaboración propia, 2018

En el Gráfico 4, se contempla que el tratamiento 3 (T3), compuesto por 100g de Zeolita Clinoptilolita, es el tratamiento que presenta mayor eficiencia con 69,70%, en comparación con otros tratamientos ejecutados (T1, T2). Por lo cual, se realiza la prueba estadística de normalidad de la concentración de Carbonato de Calcio (CaCO_3) para evaluar el comportamiento presentado en los resultados después de los tratamientos realizados, resultando la siguiente tabla:

Tabla 30. Pruebas de normalidad de la concentración de Carbonato de Calcio para M-002

Pruebas de normalidad							
Parámetro	Tratamiento	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
CaCO_3	T1_25g	,189	3	.	,998	3	,909
	T2_50g	,379	3	.	,764	3	,032
	T3_100g	,328	3	.	,871	3	,298

Fuente: Tabla SPSS, elaboración propia, 2018

La Tabla 30, se manifiesta que los datos de la concentración de Carbonato de Calcio (CaCO_3), presentado en la fase experimental, se presentan con una distribución normal, por obtener de P-Valores mayores a 0,05, donde se consideran para interpretación los valores estadísticos de Shapiro-Wilk con motivos de ser las muestras pequeñas (< 30). Precisando que los datos constan de 95% de confiabilidad.

Posterior, se desarrolla la Prueba de Homogeneidad de varianzas de Levene (Tabla 31), en el que se determina las diferencias de las varianzas en los valores de cromo después de los tratamientos aplicados y confirmar la realización de la prueba: ANOVA.

Tabla 31. Prueba de homogeneidad de varianzas de Levene

Carbonato de Calcio			
Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
2,874	2	6	,133

Fuente: Tabla SPSS, elaboración propia, 2018.

Ho: No existió diferencia entre la varianza de la concentración de Carbonato de Calcio (CaCO_3).

En la Tabla 31, se cumple el supuesto estadístico ($> 0,05$), el que indica que no existe diferencia de las varianzas de la concentración de Carbonato de Calcio (CaCO_3). Por ello, se utiliza la prueba de ANOVA de un factor (Tabla 32), para determinar la existencia de una diferencia significativa entre los grupos de medias de las concentraciones de Carbonato de Calcio (CaCO_3), de acuerdo con los tratamientos usados.

Tabla 32. ANOVA de un factor

Carbonato de Calcio					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	73,501	2	36,751	165,138	,000
Dentro de grupos	1,335	6	,223		
Total	74,836	8			

Fuente: Tabla SPSS, elaboración propia, 2018.

H1: Existió diferencia significativa de medias de las concentraciones de Carbonato de Calcio (CaCO_3).

La Tabla 32, con la prueba estadística de ANOVA de un factor, se verifica la obtención de un P-valor $< 0,05$, resulta que existen diferencias significativas entre las medias de los niveles de Carbonato de Calcio (CaCO_3), de acuerdo con los tratamientos (T1, T2, T3).

Tabla 33. Prueba de pos Hoc de HSD de Tukey

Comparaciones múltiples						
Variable dependiente: CaCO_3						
(I) TRATAMIENTO	(J) TRATAMIENTO	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
T1_25g	T2_50g	,97333	,38518	,099	-,2085	2,1552

Comparaciones múltiples						
Variable dependiente: CaCO ₃						
(I) TRATAMIENTO	(J) TRATAMIENTO	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
	T3_100g	6,49000*	,38518	,000	5,3082	7,6718
T2_50g	T1_25g	-,97333	,38518	,099	-2,1552	,2085
	T3_100g	5,51667*	,38518	,000	4,3348	6,6985
T3_100g	T1_25g	-6,49000*	,38518	,000	-7,6718	-5,3082
	T2_50g	-5,51667*	,38518	,000	-6,6985	-4,3348

Fuente: Tabla SPSS, elaboración propia, 2018

H1: Existió diferencia significativa entre los valores de los tratamientos (T1, T2, T3).

En la Tabla 33, resulta la prueba de pos Hoc de HSD de Tukey la cual deduce que las diferencias significativas se manifiestan entre los tratamientos: T1, T2, T3, debido a que presentan P-valor < 0,05. Por lo cual, la aplicación del Tratamiento 1 (T1), respecto a los niveles de los Carbonato de Calcio (CaCO₃) así presenta la baja diferencia de media, lo que indica que luego de la aplicación del tratamiento se presentó la reducción de menor concentración de Carbonato de Calcio (CaCO₃).

A través de su análisis estadístico, se tiene que el Tratamiento 3 (T3) compuesta por 100g de Zeolita Clinoptilolita, es el tratamiento que reduce mayor concentración de Carbonato de Calcio (CaCO₃).

3.2.2.3. Resultados Post-tratamiento de la M-001 con la Montmorillonita Sódica

Tabla 34. Resultados de la concentración de CaCO₃ para la M-001

Tratamiento	Antes del tratamiento (mg/L)	Después del tratamiento (mg/L)		Reducción (mg/L)		Eficiencia (%)
T1	13,05	8,79	Promedio: 9,19	4,26	Promedio: 3,86	20,58%
	13,05	9,54		3,51		

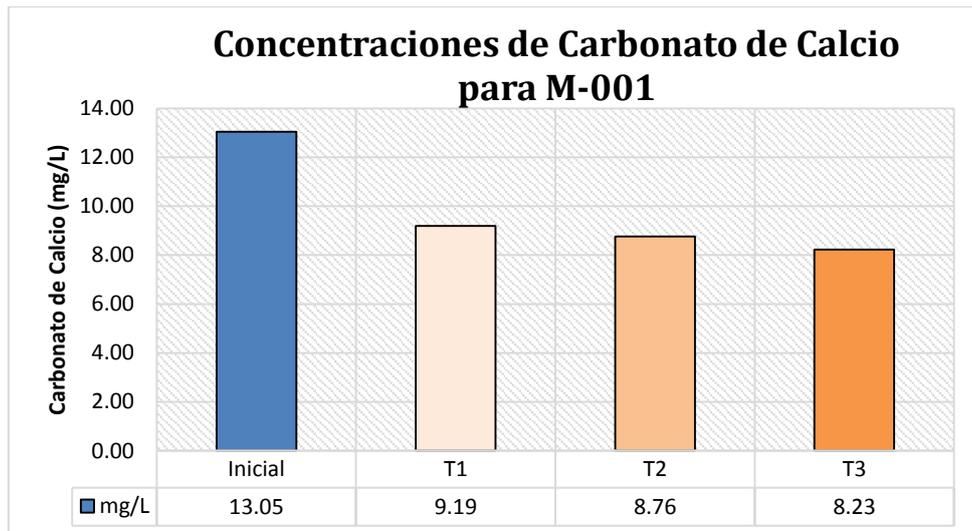
Tratamiento	Antes del tratamiento (mg/L)	Después del tratamiento (mg/L)	Reducción (mg/L)		Eficiencia (%)	
	13,05	9,23		3,82		
T2	13,05	8,62	Promedio: 8,76	4,43	Promedio: 4,37	33,48%
	13,05	8,81		4,24		
	13,05	8,84		4,21		
T3	13,05	8,30	Promedio: 8,23	4,75	Promedio: 4,82	36,93%
	13,05	8,25		4,80		
	13,05	8,15		4,90		

Fuente: Elaboración propia, 2018.

En la Tabla 34, se aprecia los valores de concentración de Carbonato de Calcio (CaCO_3) antes y después de los tratamientos realizados; incluyendo el campo de reducción, en el que los valores son resultantes de la diferencia entre los valores presentados antes y después del tratamiento.

Asimismo, se presenta la concentración de Carbonato de Calcio (CaCO_3) obtenida según los tratamientos sometidos y sus respectivos valores de porcentajes de eficiencias (Ecuación 3). Donde podemos indicar que luego del Tratamiento 3 (T3), se obtuvo el mayor porcentaje de eficiencia con 36,93% y la concentración de Carbonato de Calcio (CaCO_3) luego del tratamiento 1 (T1) presentó el menor porcentaje de eficiencia con 20,58%.

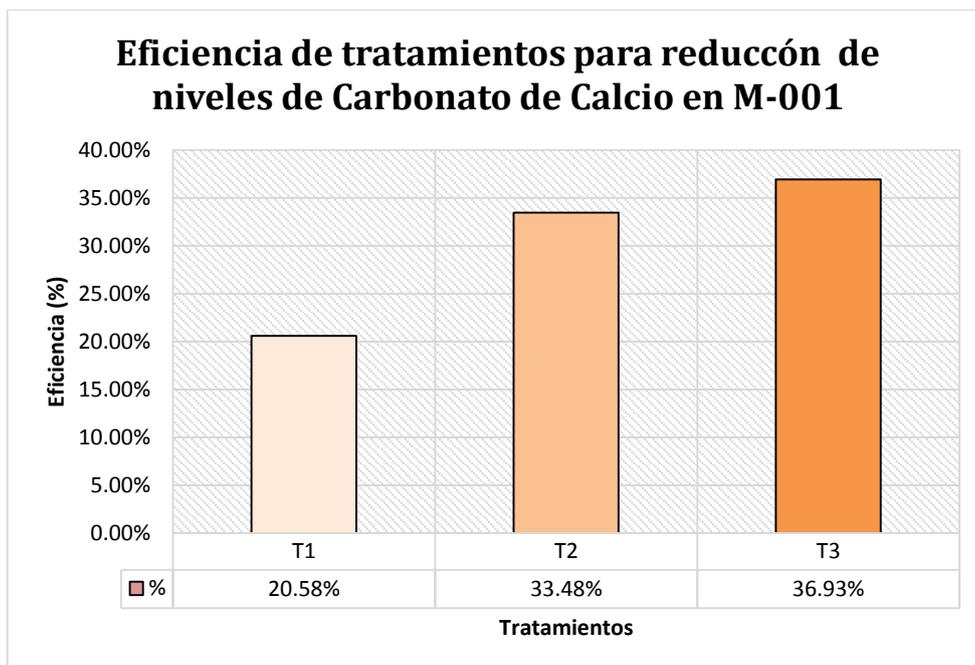
Gráfico 5. Comparación de Concentración inicial y tratamientos de CaCO_3 para la M-001



Fuente: Elaboración propia, 2018.

En el Gráfico 5, se muestra los valores obtenidos de concentración de Carbonato de Calcio (CaCO_3) inicial y los valores obtenidos de la concentración de Carbonato de Calcio (CaCO_3) después de los Tratamientos T1, T2 y T3, responden bastante bien, siendo el más adecuado el tratamiento 3 (T3), representado con un valor de reducción de la concentración de Carbonato de Calcio (CaCO_3) de 13,05 mg/L a 8,23 mg/L.

Gráfico 6. Eficiencia en la reducción de Concentración de CaCO_3 para la M-001



Fuente: Elaboración propia, 2018

En el Gráfico 6, se identifica que el Tratamiento 3 (T3), compuesto por 100g de Montmorillonita Sódica, es el tratamiento que presenta mayor eficiencia con 36,93%, en comparación con otros tratamientos ejecutados (T1, T2). Después, se realizó la prueba estadística de normalidad de la concentración de Carbonato de Calcio (CaCO_3) para evaluar el comportamiento presentado en los resultados después de los tratamientos realizados, resultando la siguiente tabla:

Tabla 35. Pruebas de normalidad de la concentración de Carbonato de Calcio para M-001

Pruebas de normalidad							
Parámetro	Tratamiento	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
CaCO_3	T1_25g	,212	3	.	,990	3	,810
	T2_50g	,339	3	.	,850	3	,241
	T3_100g	,253	3	.	,964	3	,637

Fuente: Tabla SPSS, elaboración propia, 2018

En la Tabla 35, se tiene que los datos de la concentración de Carbonato de Calcio (CaCO_3), luego de someterse a los tratamientos, cumplen con una distribución normal, evidenciados por la obtención de P-Valores $> 0,05$, donde se consideran por ser muestras pequeñas (< 30), los valores estadísticos de Shapiro-Wilk. Precisando que los datos están en un rango del 95% de confiabilidad.

La Prueba de Homogeneidad de varianza de Levene (Tabla 36) se somete al mantener los datos de las pruebas de normalidad, para conocer la existencia de diferencias entre varianzas de los valores de cromo al ser aplicado los tratamientos y confirmar la realización de la prueba ANOVA.

Tabla 36. Prueba de homogeneidad de varianzas de Levene

Carbonato de Calcio			
Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
2,802	2	6	,138

Fuente: Tabla SPSS, elaboración propia, 2018.

Ho: No existió diferencia entre la varianza de la concentración de Carbonato de Calcio (CaCO_3).

En la Tabla 36, muestra que se cumple el supuesto estadístico ($> 0,05$), que indica la no existe de diferencias de varianzas para la concentración de Carbonato de Calcio (CaCO_3). Por lo cual, se procedió a utilizar la prueba de ANOVA de un factor (Tabla 37), para determinar la existencia de una diferencia significativa entre los grupos de medias de las concentraciones de Carbonato de Calcio (CaCO_3), de acuerdo con los tratamientos usados.

Tabla 37. ANOVA de un factor

Carbonato de Calcio					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	1,368	2	,684	12,655	,007
Dentro de grupos	,324	6	,054		
Total	1,692	8			

Fuente: Tabla SPSS, elaboración propia, 2018.

H1: Existió diferencia significativa de medias de las concentraciones de Carbonato de Calcio (CaCO_3).

Se presenta la prueba estadística de ANOVA de un factor en la Tabla 37, donde la obtención de un P-valor $< 0,05$, confirma la existencia de diferencias significativas de medias de las concentraciones de Carbonato de Calcio (CaCO_3), de acuerdo con los 3 tratamientos aplicados (T1, T2, T3).

Tabla 38. Prueba de pos Hoc de HSD de Tukey

Comparaciones múltiples						
Variable dependiente: CaCO ₃						
(I) TRATAMIE NTO	(J) TRATAMIE NTO	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
T1_25g	T2_50g	,43000	,18980	,138	-,1523	1,0123
	T3_100g	,95333*	,18980	,006	,3710	1,5357
T2_50g	T1_25g	-,43000	,18980	,138	-1,0123	,1523
	T3_100g	,52333	,18980	,074	-,0590	1,1057
T3_100g	T1_25g	-,95333*	,18980	,006	-1,5357	-,3710
	T2_50g	-,52333	,18980	,074	-1,1057	,0590

Fuente: Tabla SPSS, elaboración propia, 2018.

H1: Existió diferencia significativa entre los valores de los tratamientos (T1, T2, T3)

La prueba de pos Hoc de HSD de Tukey de la tabla 38, confirma que las diferencias significativas se presencian en los tratamientos: T1, T2, T3, con la razón que se presenta P-valor < 0.05. Por ello, la ejecución del tratamiento 1 (T1), para la concentración de Carbonato de Calcio (CaCO₃) presenta la menor diferencia de media, indicando que es el tratamiento que luego de su aplicación presentó la reducción de menor concentración de Carbonato de Calcio (CaCO₃).

Tras el análisis estadístico se concluye que el Tratamiento 3 (T3) compuesta por 100g de Montmorillonita Sódica, es el tratamiento que reduce mayor concentración de Carbonato de Calcio (CaCO₃).

3.2.2.4. Resultados Post-tratamiento de la M-002 con la Montmorillonita Sódica

Tabla 39. Resultados de concentraciones de CaCO_3 para la M-002

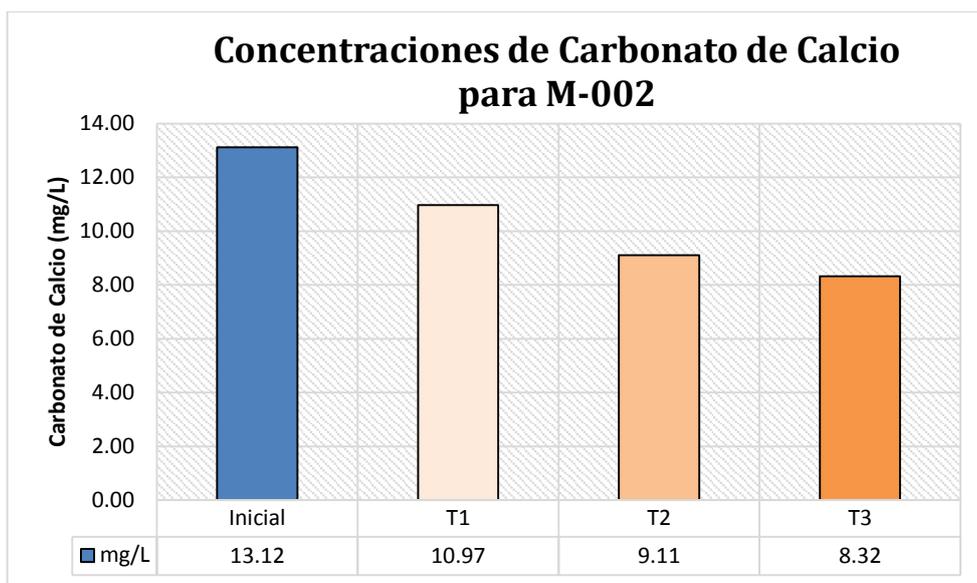
Tratamiento	Antes del tratamiento (mg/L)	Después del tratamiento (mg/L)	Reducción (mg/L)		Eficiencia (%)	
T1	13,12	11,33	Promedio: 10,97	1,79	Promedio: 2,15	16,38%
	13,12	10,69		2,43		
	13,12	10,89		2,23		
T2	13,12	9,33	Promedio: 9,11	3,79	Promedio: 4,00	30,48%
	13,12	8,99		4,13		
	13,12	9,03		4,09		
T3	13,12	8,06	Promedio: 8,32	5,06	Promedio: 4,80	36,58%
	13,12	8,53		4,59		
	13,12	8,37		4,75		

Fuente: Elaboración propia, 2018

En la Tabla 39, se aprecia los valores de concentración de Carbonato de Calcio (CaCO_3) antes y después de los tratamientos realizados con la Montmorillonita Sódica; incluyendo el campo de reducción, en el que los valores son resultantes de la diferencia entre los valores presentados antes y después del tratamiento.

Asimismo, se presenta la concentración de Carbonato de Calcio (CaCO_3) obtenida según los tratamientos sometidos y sus respectivos valores de porcentajes de eficiencias (Ecuación 3). Donde podemos indicar que el mayor porcentaje de eficiencia se generó con el tratamiento 3 (T3) obteniendo 36,58% y la concentración de Carbonato de Calcio (CaCO_3) luego del tratamiento 1 (T1) presentó el menor porcentaje de eficiencia con 16,38%.

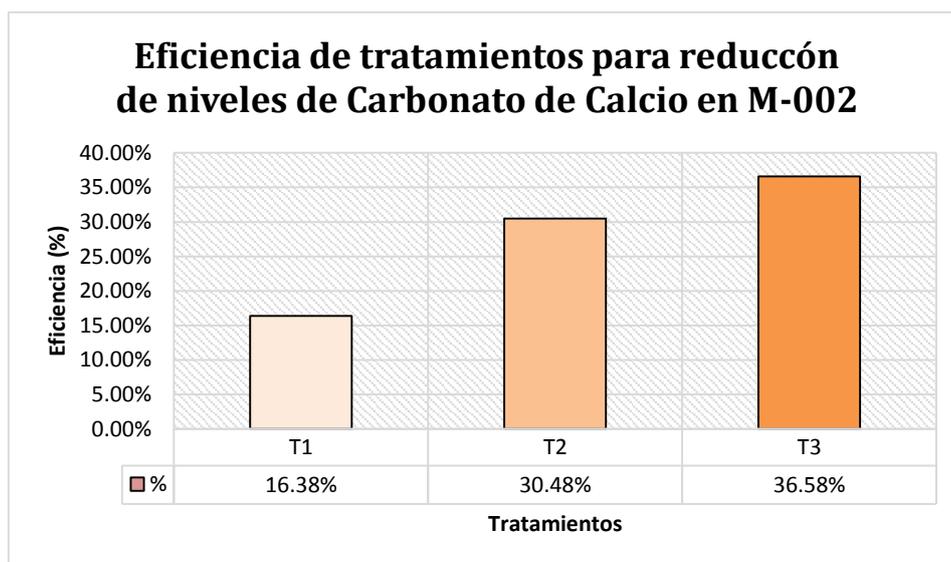
Gráfico 7. Comparación de Concentración inicial y tratamientos de CaCO_3 para M-002



Fuente: Elaboración propia, 2018.

En la Gráfico 7, se muestra los valores obtenidos de concentración de Carbonato de Calcio (CaCO_3) inicial y los valores obtenidos de la concentración de Carbonato de Calcio (CaCO_3) después de los Tratamientos T1, T2 y T3, responden bastante bien, siendo el más adecuado el tratamiento 3 (T3), representado con un valor de reducción de la concentración de Carbonato de Calcio (CaCO_3) de 13.12 mg/L a 8,32 mg/L.

Gráfico 8. Eficiencia en la reducción de concentración de CaCO_3 para M-002



Fuente: Elaboración propia, 2018

En el Gráfico 8, se identifica que el tratamiento 3 (T3), compuesto por 100 g de Montmorillonita Sódica, es el tratamiento que presenta mayor eficiencia con 36,58%, en comparación con otros tratamientos ejecutados (T1, T2). Después, se realizó la prueba estadística de normalidad de la concentración de Carbonato de Calcio (CaCO_3) para evaluar el comportamiento presentado en los resultados después de los tratamientos realizados, resultando la siguiente tabla.

Tabla 40. Pruebas de normalidad de la concentración de Carbonato de Calcio para M-002

Pruebas de normalidad							
Parámetro	Tratamiento	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
CaCO_3	T1_25g	,263	3	.	,955	3	,593
	T2_50g	,346	3	.	,837	3	,206
	T3_100g	,250	3	.	,967	3	,652

Fuente: Tabla SPSS, elaboración propia, 2018

En cuanto a la Tabla 40, la concentración de Carbonato de Calcio (CaCO_3) generados luego de someterse a la fase experimental; cumplen con una distribución normal, evidenciados por la obtención de P-Valores mayores a 0,05, considerándose por ser muestras pequeñas (< 30) para la interpretación los valores estadísticos de Shapiro-Wilk, manifestando que los datos de confiabilidad cumplen un 95%.

Por lo que se realiza la Prueba de Homogeneidad de varianzas de Levene (Tabla 41), con el objeto de determinar la existencia de diferencias entre varianzas de los valores de cromo después de someterse a los 3 tratamientos y confirmar la realización de la prueba de ANOVA.

Tabla 41. Prueba de homogeneidad de varianzas de Levene

Carbonato de Calcio			
Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
,607	2	6	,576

Fuente: Tabla SPSS, elaboración propia, 2018.

Ho: No existió diferencia entre la varianza de la concentración de Carbonato de Calcio (CaCO₃).

Queda demostrado que la muestra cumple el supuesto estadístico ($> 0,05$) (Tabla 41), por lo que no existe diferencia de varianzas de la concentración de Carbonato de Calcio (CaCO₃). Teniendo este resultado, se procedió a ejecutar la prueba de ANOVA de un factor (Tabla 42), para determinar la existencia de una diferencia significativa entre los grupos de medias de las concentraciones de Carbonato de Calcio (CaCO₃), de acuerdo con los tratamientos usados.

Tabla 42. ANOVA de un factor

Carbonato de Calcio					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	11,092	2	5,546	83,678	,000
Dentro de grupos	,398	6	,066		
Total	11,490	8			

Fuente: Tabla SPSS, elaboración propia, 2018.

H1: Existió diferencia significativa de medias de las concentraciones de Carbonato de Calcio (CaCO₃).

La Tabla 42, presenta la prueba estadística de ANOVA de un factor, donde la obtención de un P-valor < 0.05 , indica que hay diferencias significativas de medias de las concentraciones de Carbonato de Calcio (CaCO₃), de acuerdo con los tratamientos usados (T1, T2, T3).

Tabla 43. Prueba de pos Hoc de HSD de Tukey

Comparaciones múltiples						
Variable dependiente: CaCO ₃						
(I) TRATAMIENT O	(J) TRATAMIEN TO	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
T1_25g	T2_50g	1,85333*	,21020	,000	1,2084	2,4983
	T3_100g	2,65000*	,21020	,000	2,0050	3,2950

T2_50g	T1_25g	-1,85333*	,21020	,000	-2,4983	-1,2084
	T3_100g	,79667*	,21020	,021	,1517	1,4416
T3_100g	T1_25g	-2,65000*	,21020	,000	-3,2950	-2,0050
	T2_50g	-,79667*	,21020	,021	-1,4416	-,1517

Fuente: Tabla SPSS, elaboración propia, 2018.

H1: Existió diferencia significativa entre los valores de los tratamientos (T1, T2, T3).

Los resultados de la prueba de pos Hoc de HSD de Tukey (Tabla 43), determinan que las diferencias se dan en los tres tratamientos: T1, T2, T3, debido a que presentan P-valor < 0.05. En donde respecto a la concentración de Carbonato de Calcio (CaCO_3), la aplicación del Tratamiento 1 (T1) presenta una menor diferencia de media, que consta de una reducción de menor concentración de Carbonato de Calcio (CaCO_3).

Según el análisis estadístico, el Tratamiento 3 (T3) compuesta por 100g de Montmorillonita Sódica, es el tratamiento que reduce mayor concentración de Carbonato de Calcio (CaCO_3).

IV. DISCUSIÓN

GUTIERREZ, O. (2006) con el estudio Zeolita natural para la reducción de la dureza del agua, sostienen que diseñaron un filtro de zeolita en forma de columna, reduciendo los niveles de dureza. Los resultados explican una disminución de sus niveles desde 328,4 a 42,4mg/L de los iones de magnesio y calcio. Para nuestro caso, la muestra de zeolita hizo cambios significativos en los parámetros de Carbonato de Calcio (CaCO_3); sin embargo, Gutierrez manifiesta una reducción de 286 mg/L, en nuestro trabajo de investigación no hemos conseguido una reducción tan grande como menciona el autor, podemos indicar que la dosis de la zeolita es importante al momento de realizar el tratamiento.

VERA, I. et al. (2015) con la Evaluación de materiales filtrantes para el reúso en agricultura de aguas residuales tratadas provenientes de zonas áridas nos menciona la evaluación de los materiales filtrantes, identificados como el carbón activado, la arena y la zeolita. La finalidad de VERA era reutilizar las aguas residuales para la agricultura, obteniendo reducir hasta un 20% del valor de la CE. En este trabajo se comprueba la eficiencia en presencia de la zeolita frente a la montmorillonita sódicas, quien también hizo el trabajo de reducción de Carbonato de Calcio (CaCO_3), sin embargo, la zeolita alcanzo con la dosis de 100 gramos alcanzo una eficiencia de 71,88%, cabe resaltar que la dosis a aplicar es importante.

CALDERON, A. et al. (2016) en el trabajo de investigación Estudio comparativo de la aplicación de zeolita activada y carbón activado en el tratamiento de aguas residuales de la fabricación de pinturas a base de agua nos indican que realizarán dos tipos de tratamiento, en el estudio realizaron evaluaciones iniciales y finales al someterse al tratamiento, para encontrar el filtro que elimine/remueva la mayor cantidad de elementos que sean contaminantes de las aguas residuales que se generan en la producción de las pinturas a base de agua. Obteniéndose, que el agua sea tratada con la zeolita, la cual cumplió con los parámetros exigidos por la normativa; y la aplicación del carbón activado en las aguas residuales se encontraban superando los valores de los límite máximos. Lo mismo se realizó en el presente trabajo de investigación, llegando a una comparación de eficiencia entre dos aluminosilicatos, con los tratamientos de la misma muestra de agua y la misma dosis, resultando más eficiente la Zeolita Clinoptilolita.

Zarate, G. (2005) en la tesis titulada Aplicación de las arcillas en el tratamiento de efluentes electroquímicos, indica que realizó tratamientos a efluentes que contenían cobre y zinc, de modo que pudo determinar que la motmorillonita sódica removi6 el 98% de zinc del efluente; respecto al cobre, este fue eliminado en un 85,5%. De esa manera se mostr6 las efectividades de las arcillas para la remoci6n de los metales mencionados. El autor en menci6n nos indica que la motmorillonita s6dica trabaja bastante bien contra el cobre y el zinc, sin embargo, para nuestro caso, si pudo reducir los par6metros analizados, pero en una proporci6n mucho menor que la zeolita, por lo que podemos decir que la zeolita es m6s eficiente que la motmorillonita s6dica.

V. CONCLUSIONES

- De las concentraciones de la zeolita clinoptilolita que fueron 25g, 50g y 100g; se obtuvieron los resultados de 8,42mg/L de CaCO₃ para la muestra M-001 y de 10,43mg/L de CaCO₃ para la muestra M-002 con lo respecto a dosis de 25g; se tiene 5,31mg/L de CaCO₃ para la muestra M-001 y 9,45mg/L de CaCO₃ para la muestra M-002 en lo que respecta para la dosis de 50g; y se tiene 3,67mg/L de CaCO₃ para la muestra M-001 y 3,94mg/L de CaCO₃ para la muestra M-002 en lo que respecta para la dosis de 100g. Por lo tanto los resultados óptimos se obtuvieron de la concentración de 100g.
- De las concentraciones de la Montmorillonita Sódica que fueron 25g, 50g y 100g; se obtuvieron los resultados de 9,18mg/L de CaCO₃ para la muestra M-001, 10,97 mg/L de CaCO₃ para la muestra M-002 en lo que respecta a la dosis de 25g; en cuanto se obtuvo 8,75mg/L de CaCO₃ para la muestra M-001 y 9,12 mg/L de CaCO₃ para la muestra M-002 para la dosis de 50g; y finalmente se obtuvo 8,23mg/L de CaCO₃ para la muestra M-001 y 8,32mg/L de CaCO₃ para la muestra M-002 manejando una dosis de 100g, por lo tanto los resultados óptimos se obtuvieron de la concentración de 100g.
- Los resultados pre-tratamientos fueron de 11,08mg/L de CaCO₃ para la muestra M-001 y 13,05mg/L de CaCO₃ para la muestra M-002; comparados con los resultados post-tratamientos que fueron 8,42 mg/L de CaCO₃ para la muestra M-001 y 10,43mg/L de CaCO₃ para la muestra M-002 utilizando dosis de 25g; de 5,31mg/L de CaCO₃ para la muestra M-001 y 9,45mg/L de CaCO₃ para la muestra M-002 utilizando una dosis de 50 g; y con una dosis de 100g se obtuvo 3,67mg/L de CaCO₃ para la muestra M-001 y 3,94mg/L de CaCO₃ para la muestra M-002. Por lo tanto los mejores resultados se obtuvieron de la concentración de 100g, respecto a la Zeolita Clinoptilolita.
- Los resultados pre-tratamientos fueron de 11,08mg/L de CaCO₃ para la muestra M-001 y 13,05mg/L de CaCO₃ para la muestra M-002; comparados con los resultados post-tratamientos que fueron 9,18 mg/L de CaCO₃ para la muestra M-001,

10,97mg/L de CaCO_3 para la muestra M-002 utilizando una dosis de 25 g; en cuanto respecta para la dosis de 50g se tuvo 8,75mg/L de CaCO_3 para la muestra M-001 y 9,12 mg/L de CaCO_3 para la muestra M-002; y cantidades de 8,23mg/L de CaCO_3 para la muestra M-001 y 8,32mg/L de CaCO_3 para la muestra M-002, en lo que respecta para la dosis de 100g, por lo tanto los mejores resultados se obtuvieron de la concentración de 100g, respecto a la Montmorillonita Sódica.

- La concentración que obtuvo mejores resultados fue la Zeolita Clinoptilolita con resultados promedios de 3,67mg/L de CaCO_3 para la muestra M-001 y 3.94mg/L de CaCO_3 para la muestra M-002, en relación con la Montmorillonita Sódica que obtuvo 8,23 mg/L de CaCO_3 para la muestra M-001 y 8,32mg/L de CaCO_3 para la muestra M-002.

VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda utilizar la zeolita clinoptilolita por tener mayor eficiencia en el ablandamiento de aguas duras.
- Se recomienda configurar el jar test a no menos de 180 RPM por 60 segundos, para ambos aluminosilicatos.
- Se recomienda utilizar la zeolita clinoptilolita en su estado natural, no reducir su tamaño.

VII. REFERENCIAS

- ALARCON, E. Saturación del Carbonato de Calcio en un área de cultivo de mitílidos en el Seno Reloncaví, Patagonia norte. Chile: Centro de investigación en Ecosistemas de la Patagonia, 2014.
- AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA. Delimitación de la franja marginal del río Supe. Barranca: Ministerio de Agricultura, 1999.
- AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA. Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad del Agua, Lima: Perú, 2016. Disponible en <http://www.ana.gob.pe/media/361356/3%20protocolo%20nacional%20de%20monitoreo%20af.pdf>
- CABRERA, A. [et al]. Distribución espacial de la calidad de las aguas subterráneas utilizadas para el riego. Cuba : Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias, 2015.
- CATACTORA, Ricardo y MARIN, Cinthya. Modelamiento y evaluación del proceso de remoción de arsénico en aguas superficiales de la zona Leticia - Distrito de Uchumayo utilizando el método de adsorción con zeolitas. Arequipa : UNSA, 2015.
- CALDERON, Alejandra, LOPEZ, Valeria y SIETE, Camilo. Estudio comparativo de la aplicación de la Zeolita activada y carbón activado en el tratamiento de aguas residuales de la fabricación de pinturas a base de agua. El salvador : Universidad El Salvador, 2016.
- DEL CAMPO, N. Aplicaciones de zeolita en la descontaminación del medio ambiente. Chile: Minera formas, 2004.
- FIERRO, Vivian y RAMIREZ, Nicholl. Evaluación del proceso de remoción de hierro por medio de la zeolita clinoptilolita en el tratamiento de aguas residuales industriales. Bogotá : Fundación Universidad de América, 2016.

- GUTIERREZ, Odilia, SCULL, Idania y ORAMAS, A. *Zeolita natural para la reducción de la dureza del agua*. La Habana : Revista Cubana de Ciencia Agrícola, 2006.
- GUEVARA, Jhonny y MAYANGA, Rodney. Influencia del pH y el tiempo de contacto en el porcentaje de remoción de Pb²⁺ y Cd²⁺ en soluciones acuosas, utilizando zeolitas tipo clinoptilolita modificada con MgCl₂. Trujillo : UNT, 2017.
- HARO, Rober. El uso de la zeolita natural en el proceso de filtración rápida, en el tratamiento de agua para consumo humano en el distrito de San Miguel, Provincia de San Miguel- Cajamarca, 2015. Huaraz : UNSAM, 2015.
- LARGO, D. y VILLAMARIN, K. Caracterización y activación química de arcilla tipo bentonita para su evaluación en la efectividad de remoción de fenoles presentes en aguas residuales. Colombia: Pereira, Risaralda, 2013.
- MAZEIKIENE, Ausra, VALENTUKEVICIENE, Marina y JANKAUSKAS, Juozas. Laboratory study of ammonium ion removal by using zeolite to treat drinking water. Lithuania : Journal of Environmental Engineering and Landscape Management, 2010.
- RAMOS, L. Propuesta de un sistema de tratamiento del agua residual del área de teñido de la empresa HILADOS RICHARD'S S.A.C. para su reutilización. Perú: Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, 2015.
- SUAREZ, Carolina. Análisis comparativo de la retención de Cadmio y Plomo por las arcillas Montmorillonita y Caolinita para la mejor de la calidad del agua de río Rímac, Huarochirí 2017. Lima: Universidad Cesar Vallejo, 2017.
- SUAREZ, G. [et al]. Descontaminación de desechos radioactivos líquidos mediante tratamiento químico y sorción con zeolitas naturales. Cuba: Centro de Estudios Aplicados al Desarrollo Nuclear, 1987.

- VARGAS, Y. Caracterización espectroscópica, química y morfológica y propiedades superficiales de una montmorillonita mexicana. Mexico: Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, 2008.
- VILTRE, R. [et al]. Efecto del tratamiento magnético del agua sobre la solubilidad del carbonato de calcio y magnesio presentes en una muestra de incrustación a diferentes temperaturas. Cúmana : Universidad de Oriente, 1999.
- VIZCAINO, B. Identificación y caracterización de la zeolita natural tipo clinoptilolita. Mexico: Nuevo León, 1998.
- ZARATE, G. Aplicación de las arcillas en el tratamiento de Efluentes Electroquímicos. Perú: Universidad Mayor de San Marcos, 2005.

VIII. ANEXOS

Anexo 1. Matriz de consistencia

EFICIENCIA DE LA ZEOLITA CLINOPTILOLITA Y LA MONTMORILLONITA SÓDICA EN EL ABLANDAMIENTO DE AGUAS DURAS DEL RÍO SUPE EN LA PROVINCIA DE BARRANCA 2018								
PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
<p>PROBLEMA GENERAL ¿Cuál de los dos aluminosilicatos (zeolita clinoptilolita y la montmorillonita sódica) poseen mayor eficiencia de ablandamiento de aguas duras del río Supe en la provincia de Barranca?</p>	<p>OBJETIVO GENERAL Determinar la eficiencia de los aluminosilicatos utilizados en el ablandamiento de aguas duras del río Supe en la provincia de Barranca.</p>	<p>HIPÓTESIS GENERAL Ha: Existe eficiencia de los aluminosilicatos utilizados en el ablandamiento de aguas duras del río Supe en la provincia de Barranca. Ho: No existe eficiencia de los aluminosilicatos utilizados en el ablandamiento de aguas duras del río Supe en la provincia de Barranca.</p>	<p>INDEPENDIENTE Zeolita Clinoptilolita y la Montmorillonita Sódica</p>	<p>La Zeolita Clinoptilolita y la Montmorillonita Sódica son tipos de aluminosilicatos, siendo mineral que contiene óxido de aluminio (Al₂O₃) y sílice (SiO₂) los que por la carga negativa que poseen, requieren cationes adicionales para neutralizar la carga eléctrica. Estos se caracterizan por su estabilidad química.</p>	<p>Utilizando la Zeolita Clinoptilolita y la Montmorillonita Sódica para ablandar las aguas duras mediante adsorción.</p>	Propiedades físicas	Tipo	RAZÓN
							Tamaño	mm
							Densidad	g/cm ³
							Porosidad	%
						Propiedades Físicoquímicos	Capacidad de adsorción	%

EFICIENCIA DE LA ZEOLITA CLINOPTILOLITA Y LA MONTMORILLONITA SÓDICA EN EL ABLANDAMIENTO DE AGUAS DURAS DEL RÍO SUPE EN LA PROVINCIA DE BARRANCA 2018								
PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
<p>PROBLEMAS ESPECÍFICOS ¿Cuál de las concentraciones aplicadas de la zeolita clinoptilolita tiene efecto significativo en la reducción del carbonato de calcio presente en las aguas duras de río Supe?</p> <p>¿Cuál de las concentraciones aplicadas de la montmorillonita sódica tiene efecto significativo en la reducción del carbonato de calcio presente en las aguas duras de río Supe?</p>	<p>OBJETIVOS ESPECÍFICOS Determinar la concentración correcta de los aluminosilicatos utilizados para el ablandamiento de las aguas duras del río Supe en la provincia de Barranca</p> <p>Determinar y comparar los resultados post tratamiento para comprobar la eficiencia de los aluminosilicatos utilizados para el ablandamiento de las aguas duras del río Supe en la provincia de Barranca</p>	<p>HIPÓTESIS ESPECÍFICAS: Ha: Las concentraciones aplicadas de la zeolita clinoptilolita tiene efecto significativo en el ablandamiento de las aguas duras del río Supe. Ho: Las concentraciones aplicadas de la zeolita clinoptilolita no tiene efecto significativo en el ablandamiento de las aguas duras de río Supe.</p> <p>Ha: Las concentraciones aplicadas de la montmorillonita sódica tiene efecto significativo en el ablandamiento de las aguas duras del río Supe. Ho: Las concentraciones aplicadas de la montmorillonita sódica no tiene efecto significativo en el ablandamiento de las aguas duras del río Supe.</p>	<p>DEPENDIEN TE Ablandamiento de las aguas duras del río Supe</p>	<p>El ablandamiento del agua es un proceso que tiene como finalidad eliminar el exceso de iones del agua.</p>	<p>El ablandamiento de aguas medido mediante tratamiento de Zeolita Clinoptilolita y la Montmorillonit a Sódica, se medirán los parámetros físicos y químicos pre y post tratamiento.</p>	<p>Parámetros Físicos</p>	Conductividad	µs/cm
							Temperatura	°C
							Turbidez	NTU
							Solidos Suspendidos Totales	ppm
						<p>Parámetros Químicos</p>	pH	ppm
							DBO ₅	ppm
							DQO	ppm
							CaCO ₃	ppm
							PO ₄	ppm

Fuente: Elaboración propia, 2018

Anexo 2. Ficha de Validación de instrumentos: Primer experto

UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO **VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO**

I. DATOS GENERALES

1.1. Apellidos y Nombres: Quintana Paetón Sigfredo Alexander.

1.2. Cargo e institución donde labora: Docente / UCV

1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Cadena de Custodia

1.4. Autor(A) de Instrumento: Dra. Elga Ramos

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										✓			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										✓			
3. ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										✓			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										✓			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										✓			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										✓			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										✓			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										✓			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										✓			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										✓			

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN : 85 %

Lima, 07 de Junio del 2018

[Firma]
FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE
CAP 596

DNI No. 07491144 Telf: 970914334

Figura 5. Validación de instrumento de Primer experto: Cadena de Custodia.

**I. DATOS GENERALES**

- 1.1. Apellidos y Nombres: Quintana Paezán Sigfredo Alexander
 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente / UCV
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Etiqueta de frascos
 1.4. Autor(A) de Instrumento: John Forgas Ramos

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										/			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										/			
3. ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										/			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										/			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										/			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										/			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										/			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										/			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										/			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										/			

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

✓

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

85 %

Lima, 07 de Junio del 2018

Quintana Paezán Sigfredo
 FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE
 CQP 596

DNI No. 07491144. Telf.: 970914334

Figura 6. Validación de instrumento de Primer experto: Etiqueta de frascos.

I. DATOS GENERALES

1.1. Apellidos y Nombres: Quintana Pootán Sigfredo Alexander
 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente / UCV
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de muestreo
 1.4. Autor(A) de Instrumento: Jhón J. Gisela Ramos

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										✓			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										✓			
3. ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										✓			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										✓			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										✓			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										✓			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										✓			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										✓			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										✓			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										✓			

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

✓

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

85 %

 Lima, 07 de Junio del 2018


 FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE
 CQP 596

 DNI No. 02491144 Telf.: 970.91.4334
Figura 7. Validación de instrumento de Primer experto: Ficha de muestreo.

Anexo 3. Ficha de Validación de instrumentos: Segundo experto



VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

1.1. Apellidos y Nombres: Abel Inga Diaz
 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente / UCV
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Cadena de Custodia
 1.4. Autor(A) de Instrumento: John Jorge Ramos

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										✓			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										✓			
3. ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										✓			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										✓			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										✓			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										✓			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										✓			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										✓			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										✓			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										✓			

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

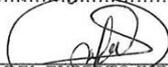
- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

✓

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

85 %

Lima, 07 de Junio del 2018


 FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE
CIP 70000

DNI No. 14912839 Telf.: 945662855

Figura 8. Validación de instrumento de Segundo experto: Cadena de custodia.

**I. DATOS GENERALES**

- 1.1. Apellidos y Nombres: Inga Diaz Abel
 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente / UCV
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Etiqueta de Frascos
 1.4. Autor(A) de Instrumento: John Jorge Ramos

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										✓			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										✓			
3. ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										✓			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										✓			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										✓			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										✓			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										✓			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										✓			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										✓			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										✓			

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

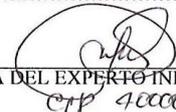
✓

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

85 %

Lima, 07 de Junio del 2018

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE


 CTP 40000
DNI No. 19512811. Telf.: 945667855**Figura 9.** Validación de instrumento de Segundo experto: Etiqueta de frascos.

**I. DATOS GENERALES**

- 1.1. Apellidos y Nombres: Inga Diaz Abel
 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente / UCV
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de Muestreo
 1.4. Autor(A) de Instrumento: Jha. Jorge Ramos

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											✓		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											✓		
3. ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											✓		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											✓		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											✓		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											✓		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											✓		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											✓		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											✓		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											✓		

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

✓

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

85 %

Lima, 07 de Junio del 2018

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE


 CIP 40000
DNI No. 19912839 Telf.: 9456635

Figura 10. Validación de instrumento de Segundo experto: Ficha de muestreo.

Anexo 4. Ficha de Validación de instrumentos: Tercer experto



VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

1.1. Apellidos y Nombres: Jane Nakayo Jorge Leonardo
 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente / UCV
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Etiqueta de frascos
 1.4. Autor(A) de Instrumento: John Jhony Ramos

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										✓			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										✓			
3. ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										✓			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										✓			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										✓			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										✓			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										✓			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										✓			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										✓			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										✓			

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

✓

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

85 %

Lima, 07 de junio del 2018

[Firma]
FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

DNI No. 01066653 Telf.: 992005015.

Figura 11. Validación de instrumento de Tercer experto: Etiqueta de frascos.

**I. DATOS GENERALES**

- 1.1. Apellidos y Nombres: Jave Nakaya Jorge Leonardo
 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente / UCV
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de muestreo
 1.4. Autor(A) de Instrumento: John Jorge Ramos

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.									✓				
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.									✓				
3. ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.									✓				
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										✓			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales									✓				
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										✓			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										✓			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										✓			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										✓			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										✓			

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

✓

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

85%

Lima, 07 de junio del 2018

 FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE
DNI No. 01066653 Telf.: 992005215**Figura 12.** Validación de instrumento de Tercer experto: Ficha de muestreo.



I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: JAVE NAKAYO JORGE LEONARDO
 1.2. Cargo e institución donde labora: DOCENTE UCV
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Cadena de Custodia
 1.4. Autor(A) de Instrumento: Dr. Jose Ramos

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.									✓				
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										✓			
3. ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.									✓				
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.									✓				
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales									✓				
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										✓			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										✓			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										✓			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										✓			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										✓			

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

✓

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

85 %

Lima, 07 de Junio del 2018

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

DNI No. 01066153 Telf. 99 2005015

Figura 13. Validación de instrumento de Tercer experto: Cadena de custodia.

Anexo 5. Mapa de ubicación

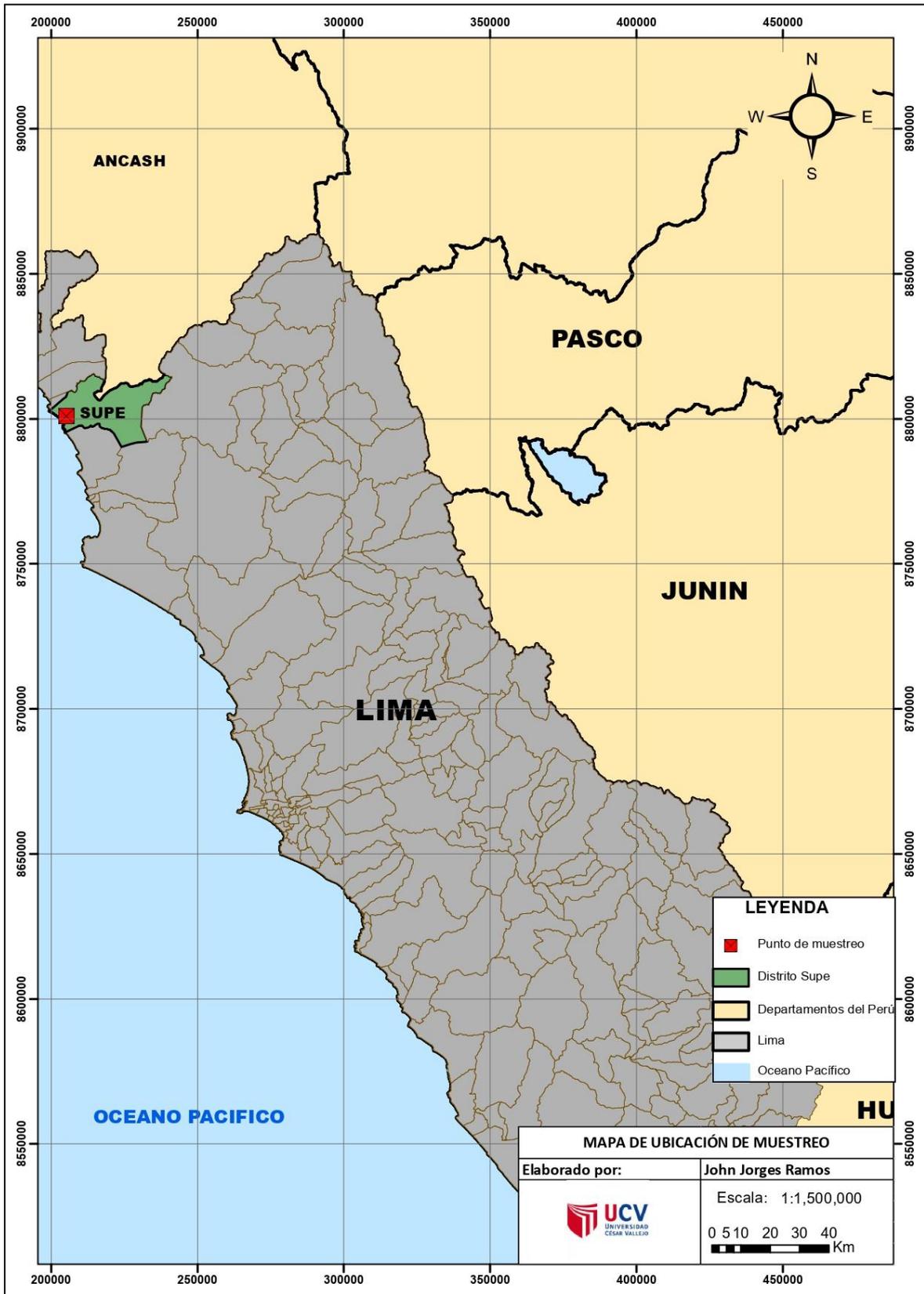


Figura 14. Mapa de ubicación.

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Anexo 6. Ubicación de área de Estudio



Figura 15. Imagen fotográfica de lugar de estudio.

Anexo 7. Ubicación de punto de muestreo



Figura 16. Primer punto de muestreo, río arriba.



Figura 17. Segundo punto de muestreo, 50 metros río abajo del primer punto.

Anexo 8. Recolección de muestras de agua



Figura 18. Recolección de la primera muestra de agua.



Figura 19. Muestra recolectada y codificada (M-001).



Figura 20. Recolección de la segunda muestra de agua

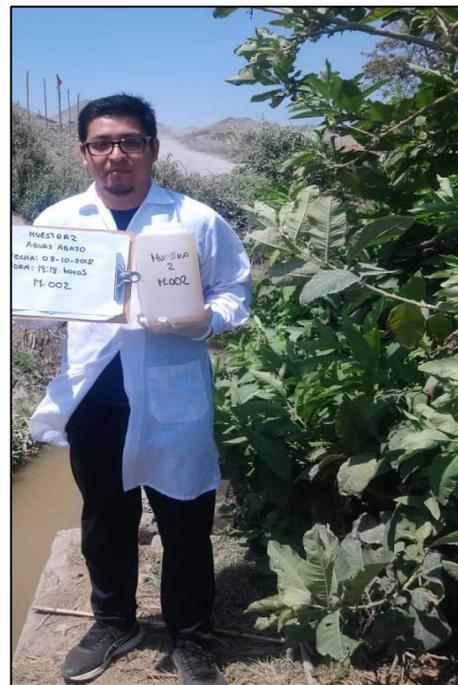


Figura 21. Muestra recolectada y codificada (M-002).

Anexo 9. Determinacion de Solidos Suspendidos Totales



Figura 22. Determinación de Solidos Suspendidos Totales, filtrado.



Figura 23. Determinación de Solidos Suspendidos Totales, secado.

Anexo 10. Determinacion de Demanda Química de Oxígeno

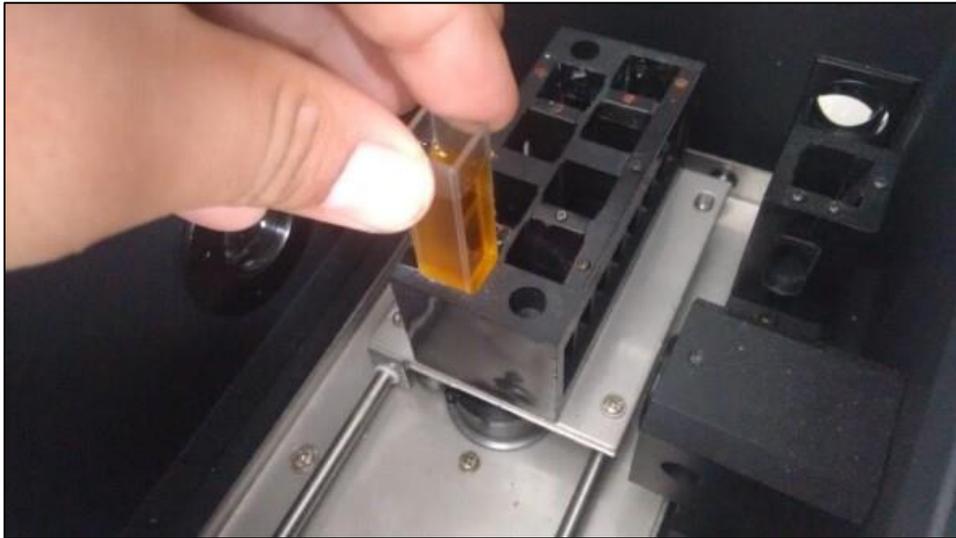


Figura 24. Ingresando la celda al espectrofotómetro.

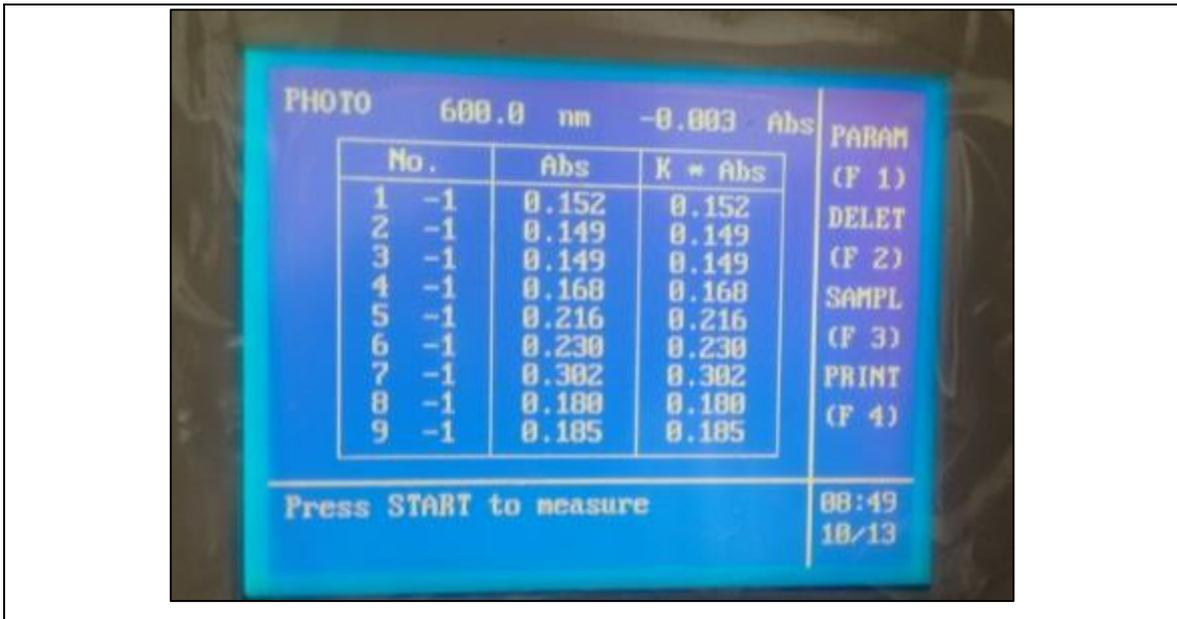


Figura 25. Medición de absorbancia para determinar la DQO.

Anexo 11. Determinación de Demanda Bioquímica de Oxígeno

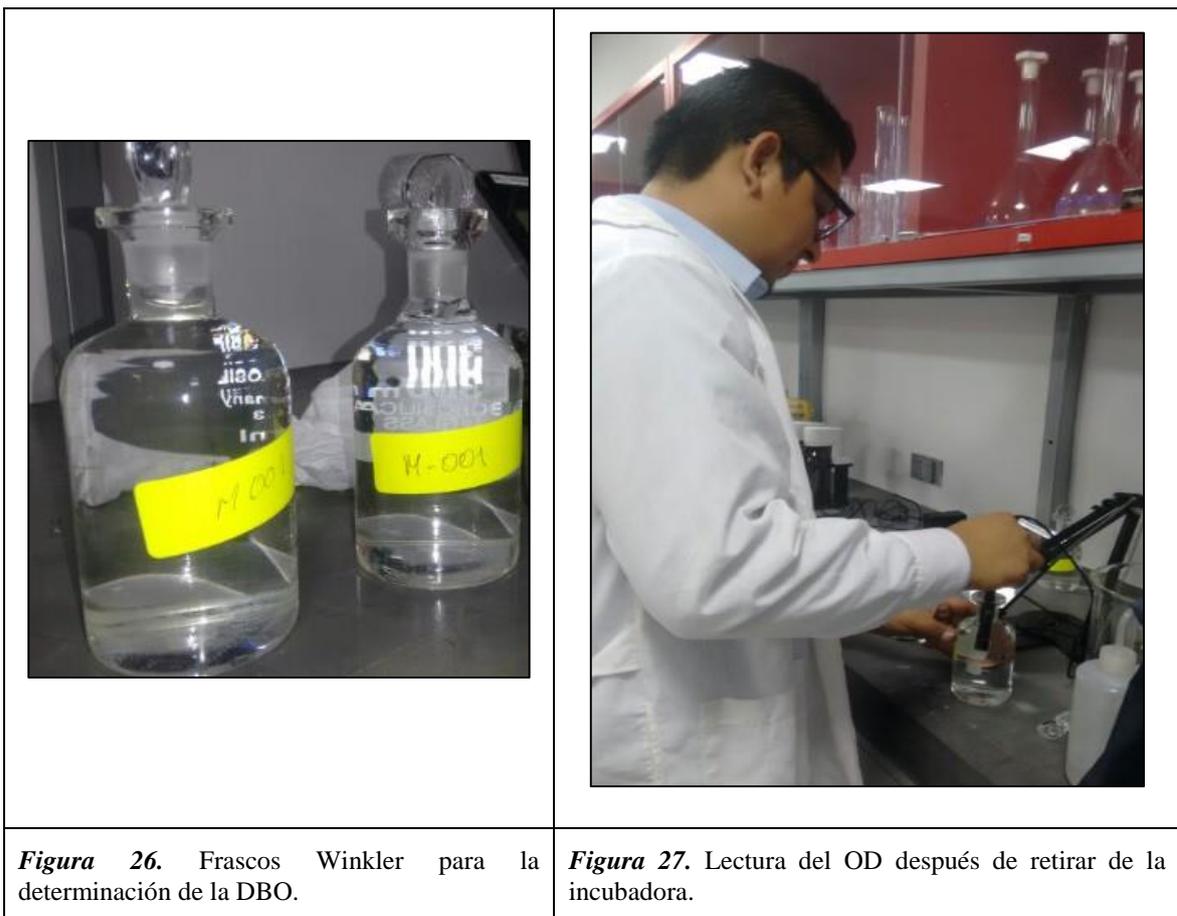


Figura 26. Frascos Winkler para la determinación de la DBO.

Figura 27. Lectura del OD después de retirar de la incubadora.

Anexo 12. Prueba de jarras



Figura 28. Configuración de Jar Test

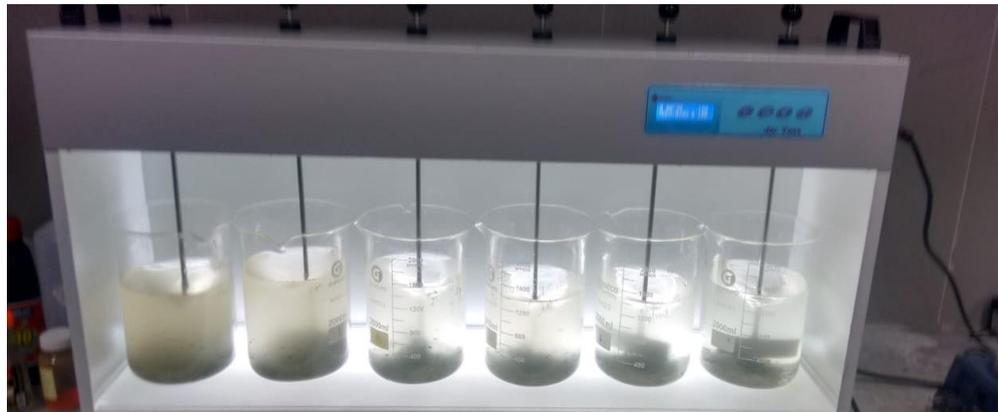


Figura 29. Prueba de jarras para los tratamientos de Zeolita Clinoptilolita y Montmorillonita Sódica

Anexo 13. Pesado de muestras de Montmorillonita Sódica

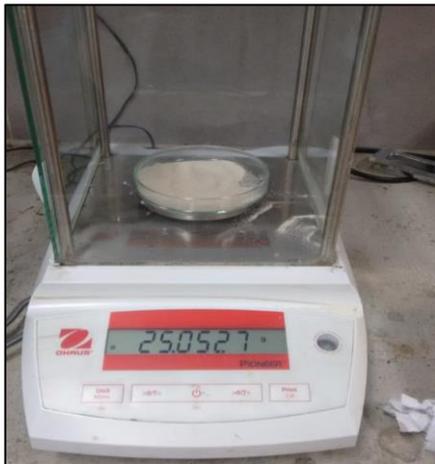


Figura 30. Pesado de 25g de Montmorillonita Sódica



Figura 31. Pesado de 50g de Montmorillonita Sódica



Figura 32. Pesado de 100g de Montmorillonita Sódica

Anexo 14. Pesado de muestras de Zeolita Clinoptilolita



Figura 33. Pesado de 25g de Zeolita Clinoptilolita



Figura 34. Pesado de 50g de Zeolita Clinoptilolita



Figura 35. Pesado de 100g de Zeolita Clinoptilolita

Anexo 15. Analisis inicial de muestras de agua en Laboratorio de Espectrometria -UNI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica

Laboratorio de Espectrometría

ANALISIS DE DOS MUESTRAS DE AGUA

SOLICITADO POR : JHON DAVIS JORGES RAMOS

Procedencia de muestra : Rio Supe – La campiña – Barranca

Recepción de muestras : Lima, 11 de Octubre del 2018

RESULTADO DEL ANÁLISIS DE MUESTRAS

Muestra	PO ₄ (mg/L)	CaCO ₃ (mg/L)
Muestra I	11.08	13.05
Muestra II	10.01	13.12

Lima, 18 de Octubre del 2018

MSc. Atilio Mendoza A.
Jefe Lab. Espectrometría

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

Anexo 16. Analisis de propiedades físicas de las rocas, Laboratorio de Espectrometria -
UNI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica

Laboratorio de Espectrometría

ANÁLISIS DE ROCAS

SOLICITADO POR : **JOHN DAVIS JORGE RAMOS**

Procedencia de muestras : Lima

Recepción de muestras : Lima, 22 de Octubre del 2018

RESULTADO DEL ANÁLISIS DE ROCAS

Muestras	Propiedades físicas				Propiedades fisicoquímicas
	Tipo	Tamaño mm	Densidad mg/m ³	Porosidad	Capacidad de adsorción (cm ³ /g)
Zeolita	Clinoptilolita	1.18	2.24	0.35	<0.35
Montmorillonita	Sódica	<2	2.62	-	< 0.29

Lima, 12 de Noviembre del 2018


MSc. Atilio Mendoza A.
Jefe Lab. Espectrometría



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

Anexo 17. Analisis decomposicion de las rocas, Laboratorio de Espectrometria -UNI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica

Laboratorio de Espectrometría

ANÁLISIS DE ROCAS

SOLICITADO POR : **JOHN DAVIS JORGE RAMOS**

Procedencia de muestras : Lima

Recepción de muestras : Lima, 22 de Octubre del 2018

RESULTADO DEL ANÁLISIS DE ROCAS

Muestra	Composición %							
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O	MgO	K ₂ O	Otros
Zeolita clinoptilolita	68.31	11.73	1.631	2.56	0.77	0.56	3.29	0.351
Montmorillonita sódica	61.2	14.8	2.66	1.26	2.01	1.77	0.8	8.11

Lima, 8 de Junio del 2018


MSc. Atilio Mendoza
Jefe Lab. Espectrometría



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

Anexo 18. Acta de aprobación de originalidad de tesis

 UCV UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DE TESIS	Código : F06-PP-PR-02.02 Versión : 10 Fecha : 10-06-2019 Página : 1 de 1
--	---	---

Yo, Elmer Benites Alparó
 docente de la Facultad de Ingeniería y Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad César Vallejo, Lima Norte (precisar filial o sede), revisor(a) de la tesis titulada

" EFICIENCIA DE LA ZEOLITA CLIPNOPTILOLITA Y LA MONTMORILLONITA SÓDICA EN EL ABIANDAMIENTO DE AGUAS DURAS DEL RÍO SUJE EN LA PROVINCIA DE BARRANCA 2018 "

del (de la) estudiante John Davis Jorge Ramos

constato que la investigación tiene un índice de similitud de 29 % 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.

Lugar y fecha Lima, 11 Octubre de 2019



[Handwritten Signature]

 Firma

Nombres y apellidos del (de la) docente:

..... Elmer Benites Alparó

DNI: 07867258

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

Anexo 19. Pantallazo del Software Turnitin

Feedback Studio - Google Chrome
ev.turnitin.com/app/carta/es/?student_user=1&u=1075137173&s=1&o=1189798235&lang=es

feedback studio John JORGES RAMOS tesis final_JORGES

UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL
EFICIENCIA DE LA ZEOLITA CLINOPTILOLITA Y LA MONTMORILLONITA SÓDICA EN EL ABLANDAMIENTO DE AGUAS DURAS DEL RÍO SUPE EN LA PROVINCIA DE BARRANCA 2018
TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL
AUTOR
John Davis, Jorge Ramos
ASESORA
M. Sc. Cermeño Castromonte, Cecilia Libia
LÍNEA DE INVESTIGACIÓN
Calidad y Gestión de los Recursos Naturales
LIMA-PERÚ
2018 - II



Resumen de coincidencias

29 %

Se están viendo fuentes estándar
Ver fuentes en inglés (Beta)

Coincidencias

1	Entregado a Universida... Trabajo del estudiante	18 %
2	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1 %
3	www.asesorempresari... Fuente de Internet	1 %
4	pirhua.udep.edu.pe Fuente de Internet	1 %
5	Entregado a Universida... Trabajo del estudiante	1 %
6	Entregado a Internation... Trabajo del estudiante	1 %
7	repositorio.unsa.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
8	Entregado a Pontificia ... Trabajo del estudiante	<1 %
9	Entregado a Universida... Trabajo del estudiante	<1 %

Página: 1 de 75 Número de palabras: 17181

Text-only Report High Resolution Activado

Anexo 20. Formulario de autorización para la publicación de la tesis

 UCV UNIVERSIDAD CÉSAR VALEJO	AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE TESIS EN REPOSITORIO INSTITUCIONAL UCV	Código : 106-PP-PR-02.02
		Versión : 02 Fecha : 23-03-2018 Página : 1 de 1

Yo John Davis Jorge Ramos, identificado con DNI N° 95709288
 egresado de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la
 Universidad César Vallejo, autorizo , No autorizo la divulgación y
 comunicación pública de mi trabajo de investigación titulado
 " Eficiencia de la Zoolito cinnoptilacta y Montmorillonite Sódica en el ablandamiento de aguas
 duras del río Sape en la Provincia de Bolognesa
2018"
 en el Repositorio Institucional de la UCV (<http://repositorio.ucv.edu.pe/>), según lo
 estipulado en el Decreto Legislativo 822, Ley sobre Derecho de Autor, Art. 23 y Art.
 33

Fundamentación en caso de no autorización:

.....



John Davis
 FIRMA

DNI: 95709288

FECHA: Los Olivos 15 de diciembre 2018

Dobó	Dirección de Investigación	Revisó	Representante de la Dirección / Vicerrectorado de Investigación y Calidad	Aprobó	Reclutado
------	----------------------------	--------	---	--------	-----------

Anexo 21. Autorización de la Versión final del trabajo de investigación



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

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

A LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN QUE PRESENTA:

JOHN DAVIS, JORGES RAMOS

INFORME TÍTULADO:

“EFICIENCIA DE LA ZEOLITA CLINOPTILOLITA Y LA MONTMORILLONITA SÓDICA EN EL ABLANDAMIENTO DE AGUAS DURAS DEL RÍO SUPE EN LA PROVINCIA DE BARRANCA 2018”

PARA OBTENER EL TÍTULO O GRADO DE:

INGENIERO AMBIENTAL

SUSTENTADO EN FECHA: 15 / 07 / 2018

NOTA O MENCIÓN: 14



FIRMA DEL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN

Dr. Elmer Benites Alfaro

NRO...20-19/II