



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERIA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL

“Uso de la zeolita para el tratamiento del agua del rio Rímac en Matucana –  
Huarochirí, 2017”.

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
Ingeniera Ambiental

AUTOR

Ricardo Roberto Knutzen Orihuela

ASESOR

MSc. .Wilber Samuel Quijano Pacheco

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Calidad y gestión de recursos naturales


LIMA - PERU

Año 2017 - II

El Jurado encargado de evaluar la tesis presentada por don Ricardo Roberto Knutzen Orihuela cuyo título es: Uso de la zeolita para el tratamiento del agua del río Rímac en Matucana – Huarochirí, 2017.

Reunido en la fecha, escuchó la sustentación y la resolución de preguntas por el estudiante, otorgándole el calificativo de 16 dieciseis.

Lima, San Juan de Lurigancho 13 de diciembre del 2019.




.....  
Dr. José Eloy Cuellar Bautista

PRESIDENTE



.....  
Dr. Milton César Tullume Chavesta

SECRETARIO



.....  
Mg. Wilber Samuel Quijano Pacheco

VOCAL

### **DEDICATORIA**

A mis padres y hermana por su amor y apoyo incondicional por enseñarme a perseguir mis metas y sobre todo que el éxito es solo resultado del esfuerzo que tú le dediques. También dedico este trabajo a Patsy quien estuvo a mi lado en todas las horas de investigación que dedique a este trabajo.

Knutzen Orihuela Ricardo Roberto

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradecer infinitamente a mis padres y hermana quienes fueron mi pilar en las diferentes etapas de mi vida, a mi hermana por ser una fiel compañera y aprender siempre juntos.

A todos los docentes de mi Alma mater, quienes fueron fuente de admiración, porque en cada clase, consejos y ejemplo de vida, nos demostraron que nada es imposible. Al MSc. Wilmer Quijano, porque me enseñó a no dejarme vencer por cada obstáculo que hubo en mi vida universitaria y que todo depende de ti y del sacrificio y esfuerzo que le pongas, infinitas gracias porque con usted conocí la dicha de sentirme grande y capaz de lograrlo todo. Al Ing. Maximo Zevallos, desde que lo conocí encontré admiración de éxito por demostrarme con hechos y decirme que todo en la vida se puede alcanzar con conocimientos y guiarme al camino de la investigación, Ing. Omar Vásquez Aranda por sus grandes consejos y ser mi guía en varias etapas de mi vida universitaria. Al Dr. Antonio Delgado Arenas, por ser un gran tutor para muchos de nosotros en el día a día, por enseñarnos a confiar en nosotros y no temerle a nada, que tenemos la capacidad de enfrentar cualquier barrera. Al Dr. Lorgio Valdiviezo y Msc. Luis Felipe Gamarra Chavarri dos grandes profesionales que son muestras de empuje y emprendimiento, porque demostraron que, si sueñas en lo más imposible, será hará realidad.

A la empresa CAM ingenieros y consultores SAC, a todos sus integrantes por ser grandes amigos y personas que con el día a día saben conducirme por esta hermosa carrera. También a la empresa Negociar SAC en especial a Leslie Vargas quien es un gran empuje a aprovechar mis tiempos libres e invertirlos adecuadamente.

También a las personas quienes me brindaron un trabajo durante las diferentes etapas de mi vida universitaria, porque confiaron en mi capacidad y no vieron mis estudios jamás como un impedimento.

Infinitas gracias a cada uno de ellos.

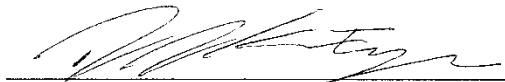
## DECLARATORIA DE AUTENCIDAD

Yo, KNUTZEN ORIHUELA, RICARDO ROBERTO, con C.E. N° 6500053249, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Cesar Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Ambiental, declaro bajo juramento que toda la información que acompaño es veraz y auténtica.

Así mismo, 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 correspondiente ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad Cesar Vallejo.

Lima, 13 de Diciembre del 2019.



**KNUTZEN ORIHUELA, RICARDO ROBERTO**

**DNI: 46687564**

v

V

## PRESENTACIÓN

Señores miembros del Jurado, presento ante ustedes la Tesis “Uso de la zeolita para el tratamiento del agua del río Rímac en Matucana – Huarochirí, 2017” con la finalidad de evaluar el uso de la zeolita a través de tres tratamientos con diferentes dosis de este mineral, en el tratamiento de las aguas del río Rímac en Matucana – Huarochirí se busca disminuir el DBO, DQO, pH, turbidez y conductividad del agua para dar a conocer en qué influye, en cumplimiento del Reglamento de Grados y títulos de la Universidad César Vallejo para obtener el Título Profesional de Ingeniería Ambiental.

Esperando cumplir con los requisitos de su aprobación.

Ricardo Roberto, Knutzen Orihuela

## Índice

DEDICATORIA .....	III
AGRADECIMIENTOS .....	IV
DECLARATORIA DE AUTENCIDAD .....	V
PRESENTACIÓN.....	VI
1. INTRODUCCION.....	12
1.1 REALIDAD PROBLEMÁTICA .....	12
1.2 TRABAJOS PREVIOS .....	13
1.3 TEORIA RELACIONADA AL TEMA .....	16
1.3.1 Marco teórico.....	16
1.3.2. Marco conceptual .....	17
1.3.3. Marco Legal.....	20
1.4 Formulación del problema.....	20
1.4.1. Problema general .....	20
1.4.2. Problema específico .....	20
1.5 Justificación del estudio .....	21
1.3 Hipótesis .....	21
1.6.1 Hipótesis General .....	21
1.6.2 Hipótesis Específicas.....	21
1.4 Objetivos.....	21
1.7.1 Objetivo General.....	21
1.7.2 Objetivos Específicos .....	21
2 METODO.....	22
2.1Diseño de investigación .....	22
2.2 Variables y operacionalización.....	22
2.3 Población y muestra .....	22
2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad...	23
2.5 Métodos de análisis de datos .....	25
2.5.1 Recojo de datos.....	25
2.5.2 Método de procedimiento de datos .....	25
2.6 Aspectos éticos.....	25
3 resultados .....	26

3.1 Caracterización al inicio del tratamiento .....	26
3.2 Caracterización al final del tratamiento .....	26
3.2.1 DBO.....	26
3.2.2 DQO .....	28
3.2.3 pH.....	30
3.2.4 Turbidez .....	32
3.2.5 Conductividad.....	35
4. Discusión .....	37
5. Conclusiones .....	38
6. Recomendaciones .....	39
7. Referencia Bibliografía .....	40
8. ANEXOS .....	42



CUADRO 1: VARIABLES Y OPERACIONALIZACIÓN .....	22
CUADRO 2: CUADRO DE VALIDACIÓN .....	25
CUADRO 3: ANÁLISIS INICIAL DEL EFLUENTE.....	26
CUADRO 4: CUADRO DE TRATAMIENTOS DBO.....	27
CUADRO 5: ANOVA (DBO).....	28
CUADRO 6: PRUEBA DE DUNCAN DBO.....	28
CUADRO 7: CUADRO DE TRATAMIENTOS DQO .....	29
CUADRO 8: ANOVA (DQO) .....	30
CUADRO 9: PRUEBA DE DUNCAN (DQO) .....	30
CUADRO 10: CUADRO DE TRATAMIENTOS PH.....	31
CUADRO 11: ANOVA (PH).....	32
CUADRO 12: PRUEBA DE DUNCAN (DQO) .....	32
CUADRO 13: CUADRO DE TRATAMIENTOS DE TURBIDEZ .....	33
CUADRO 14: ANOVA (TURBIDEZ) .....	34
CUADRO 15: PRUEBA DE DUNCAN (TURBIDEZ).....	34
CUADRO 16: CUADRO DE TRATAMIENTOS DE CONDUCTIVIDAD .....	36
CUADRO 17: ANOVA (CONDUCTIVIDAD) .....	36
CUADRO 18: PRUEBA DE DUNCAN, CONDUCTIVIDAD.....	37
GRÁFICO N° 1: DBO FINAL .....	26
GRÁFICO N° 2: DQO FINAL.....	29
GRÁFICO N° 3: PH FINAL .....	31
GRÁFICO N° 4: TURBIDEZ FINAL .....	33
GRÁFICO N° 5: CONDUCTIVIDAD FINAL .....	35

## Resumen

La investigación consistió en evaluar el tratamiento en las aguas del río Rímac en Matucana con zeolita, un mineral volcánico que se utilizó para la reducción de DBO, DQO, conductividad, pH y turbidez. Para lo cual se tomó una muestra representativa de 10 litros de agua del río Rímac en Matucana, kilómetro 75 de la carretera central, esta investigación se basa en el muestreo de aguas superficiales donde se utilizó frascos de plástico, limpios y con el cierre hermético, para lograr preservarlo hasta su análisis e el laboratorio.

Se encontró en el río tenía presencia de residuos sólidos y orgánicos, los pobladores del lugar usan como botadero estas áreas.

Ya en el laboratorio se tomó como una primera muestra del agua recolectada, para poder tener conocimientos las características pre-tratamiento, con las que nos encontramos, trabajamos y encontramos la dosis más adecuada para poder tratarlo con la zeolita. Al término de la primera toma de muestra se obtuvo como resultados de los siguientes parámetros: DBO con 12,6 mg O/L, DQO con 12,8 mg O/L, pH con 7,9, turbidez 6,3 UNT y conductividad con 1300 us/cm. De tal manera se comprobó que las características del río pasaban en casi todos los parámetros analizados los ECA`s categoría 4 que pertenece a ríos.

A partir de que tuvimos conocimiento de las características de nuestras muestras tomadas procedemos a buscar la dosis más apropiada para la disminución de estos a través de la zeolita, utilizaremos 5 g/L, 10 g/L y 15 g/L y se repitió esto por tres veces para comprobar de tal manera que cantidad es la más apropiada para tratar esta aguas. El tratamiento duro 8 horas y se realizó por gravimetría sin remoción alguna. De tal manera comprobar que la zeolita es un medio que no requiere de costos elevados y puede procesar grandes volúmenes de aguas residuales.

**Palabras Clave:** Tratamiento de aguas, zeolita, dosis y gravimetría.

## Abstract

The investigation consisted of evaluating the treatment in the waters of the Rímac River in Matucana with zeolite, a volcanic mineral that was used for the reduction of BOD, COD, conductivity, pH and turbidity. For which a representative sample of 10 liters of water was taken from the river Rímac in Matucana, kilometer 75 of the central highway, this investigation is based on the sampling of superficial waters where plastic bottles were used, clean and with the hermetic seal, to preserve it until its analysis in the laboratory.

It was found in the river had presence of solid and organic waste, the inhabitants of the place used as dump these areas.

Already in the laboratory it was taken as a first sample of the water collected, to be able to have knowledge of the pre-treatment characteristics, with which we met, we worked and found the most adequate dose to be able to treat it with zeolite. At the end of the first sampling, the following parameters were obtained: BOD with 12.6 mg / L, COD with 12.8 mg / L, pH with 7.9, turbidity 6.3 UNT and conductivity with 1300 us / cm. In this way it was verified that the characteristics of the river passed in almost all the analyzed parameters the ECA`s category 4 that belongs to rivers.

As soon as we were aware of the characteristics of our samples taken, we proceeded to find the most appropriate dose for the decrease of these through the zeolite, we will use 5 g / L, 10 g / L and 15 g / L and this was repeated by three times to check in such a way that quantity is the most appropriate to treat this waters. The treatment lasted 8 hours and was performed by gravimetry without any removal. In this way, to verify that zeolite is a medium that does not require high costs and can process large volumes of wastewater.

**Words Keys:** Water treatment, zeolite, Dosage and gravimetry.

## **1. INTRODUCCION**

### **1.1 REALIDAD PROBLEMÁTICA**

La presente investigación se refiere al tratamiento de agua de río Rímac en Matucana con zeolita, donde se busca reducir diferentes parámetros físicos y biológicos, los cuales causan diferentes efectos en el río. Existen varios tipos de tratamiento de aguas contaminadas, dependiendo el tipo de agua y su origen, residual doméstica, industrial y de agricultura en un cuerpo receptor, ocasionando cambios físicos, químicos y biológicos; estas características del agua, traen como consecuencia la alteración del habitat.

La característica principal de este tipo de trabajo es señalar la gran importancia de reducción y tratamiento de este mineral en efluentes y también fomentar su uso.

Para analizar esta problemática es necesario analizar sus causas. Entre ellas tenemos el aumento poblacional y la inadecuada gestión del recurso hídrico. Es importante recalcar que el agua es escasa y que es un recurso que en algún momento podría agotarse.

Cabe mencionar que este río se encuentra como cuerpo receptor de actividades de relave minero además que convive con la población de Matucana, afectando esto la calidad y equilibrio del río y seres humanos.

La finalidad de esta investigación se realizó con el interés de dar a conocer y fomentar el uso de la zeolita como alternativa de solución para dar tratamiento a las aguas del río Rímac en Matucana – Huarochirí.

Por último, otra finalidad es profundizar y fomentar la investigación para nuevos tratamientos de efluentes, así mismo identificar las condiciones y dosis optimas del tratamiento de aguas con zeolita, además de establecer las características postratamiento de las aguas del río Rímac en Matucana después del tratamiento con zeolita.

## 1.2 TRABAJOS PREVIOS

- Hurtado, B. (2016), quien realizo un trabajo de eficiencia de la zeolita comparándola con la cáscara de plátano para disminuir la presencia de metales pesados en las aguas del rio Rímac, planteó como objetivo determinar la eficiencia los adsorbentes utilizados, la cáscara de plátano y la zeolita, para eliminar o reducir la presencia de metales pesados, a analizar, en las aguas donde realizo su estudio. Quien tuvo como metodología experimental y del cual se llegó a la conclusión que, en una muestra de 5 litros, en un periodo de 3 horas, es recomendable utilizar 50 gramos de zeolita; por qué en los resultados obtenidos, tiene mayor adsorción de metales pesados.

Se destaca de este trabajo su metodología experimental y cuantitativa, además del uso de diferentes cantidades de la zeolita para comprobar su capacidad de absorción de diferentes metales pesados.

- Falcón, Y. (2016) quien realizo el trabajo el uso de un filtro anaerobio de flujo ascendente en combinación de una roca volcánica como medio de soporte para la eliminación de materia orgánica en las aguas residuales del distrito de Oyon, planteó como objetivo determinar la eficiencia del tratamiento anaerobio de flujo ascendente utilizando roca volcánica para la eliminación de materia orgánica presente en las aguas residuales domesticas del distrito. Quien tuvo como metodología utilizar un filtro anaerobio que ubico en el distrito de Oyon cerca de la planta de tratamiento del distrito, ubicada a las afueras de dicho distrito, con el fin de diseñarlo como tratamiento secundario para la planta de tratamiento del distrito de Oyon. Se destaca de este trabajo el uso de rocas volcánicas en el punto de salida del agua tratada como último tratamiento al efluente tratado antes de ser vertido nuevamente al alcantarillado.

- Tejada, R. (2017) Quien realizo un trabajo sobre el tratamiento y sedimentación de la turbidez con cal en aguas residuales de relave mineros, planteó como objetivo determinar la dosis de cal para el tratamiento de la turbidez y la sedimentación de sólidos totales en suspensión (SST) de los relaves mineros generados por la empresa Santiago, en que realizó los análisis iniciales para la turbidez y SST, siendo esta 81 900 NTU y 67 400 mg/l respectivamente , En cuanto a la metodología utilizo la prueba de jarras en que trabajo con probetas de 100 mL y en vasos de precipitación de un litro, estas pruebas; se efectuaron en cuatro fechas y con repeticiones. Concluyendo que, para el parámetro de la turbidez en un tiempo de 60 minutos obtuvo 19,39 NTU (turbidez) y 67 400 mg/L para los SST con una dosis optima al 5% de cal (69,7% en pureza), siendo esta 0.3 g de cal por litro de agua residual, así mismo mencionar que removi6 un 99,976% con respecto a la turbidez y 99, 973% con respecto a los sólidos totales en suspensión.
- Del Angel, M. (1994), quien realizo un trabajo de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO), se planteó como objetivo correlacionar los valores de la Demanda Bioquímica de Oxígeno con otros parámetros como la DQO, STV, SSV, etc., para obtener una relación para determinar con mayor precisión los parámetros que influyen en la variabilidad de los resultados obtenidos de la DBO en el laboratorio. Este trabajo tuvo como metodología experimental y cuantitativa, se concluyó que el comportamiento de la Demanda Química de Oxígeno con respecto al tiempo, comparado con la Demanda Bioquímica de Oxígeno; indica que, en este parámetro, se incluye la estabilización de la materia orgánica biodegradable mediante un proceso biológico.
- Aragón, Ramírez, et. Al. (2013), quienes realizaron un trabajo de Carbón Activado Granular con un biofiltro para lograr tratamiento de efluentes acuícolas, se planteó como objetivo saber cual es la capacidad de

adsorción de un carbón activado en medio acuático. Este trabajo fue experimental puro, del cual se llegó a la conclusión que se encontró que la máxima eliminación de los contaminantes entre el tratamiento de toda adsorción utilizando 10 cm de GAC (capa inferior) y 10 cm de zeolita (capa superior) en la columna de 6,35 cm de diámetro con 59,46% la eliminación de la DQO, la eliminación 60,82% de amoníaco y el 58,4% de eliminación de color (15). Destacando que el tratamiento de aguas residuales de tinte usando GAC y adsorbentes de zeolita fue investigado bajo diferentes condiciones experimentales.

- Acevedo, Builes, otros (2012), quienes realizaron un trabajo de eliminación de microorganismos patógenos presentes en un licor mixto utilizando filtros empacados en zeolita natural, su trabajo presentan los resultados obtenidos en la eliminación de coliformes totales, coliformes fecales y salmonella-shigella, presentes en un licor mixto que son residuos de una planta de tratamiento de aguas residuales San Fernando (Medellín, Colombia), mediante el uso de una batería de filtros empacados en zeolita naturales. El experimento se desarrolló bajo condiciones controladas como el caudal y pH, a temperatura ambiente. Se empleó zeolita natural tipo clinoptilolita la cual se activó con solución salina y secado, luego se empacó en una batería conformada por dos filtros, uno de flujo descendente y otro de flujo ascendente, para facilitar que se filtre la solución contaminada y el material adsorbente (zeolita). Se planteó evaluar la eficacia de los filtros empacados en zeolita natural que se activo con solución marina y secado, del cual se llegó a la conclusión que la eficiencia de la batería de filtros en la remoción de los patógenos evaluados no depende del tipo de microorganismo. Siendo la batería de filtros de zeolita lo más novedoso y lo que más destaca.

## 1.3 TEORIA RELACIONADA AL TEMA

### 1.3.1 Marco teórico

La ubicación de la investigación se dio debido a que según DIGESA es una zona de vertimiento de relaves, la toma de muestra se realizó en el kilómetro 79 de la carretera central, con las coordenadas 18L 348899,96 este y 8690344,04 norte.

El río Rímac en Matucana convive con la población encontrándose a menos de 300 metros de su plaza de armas. Según el Ministerio de Energía y Minas (1997), la cuenca del río Rímac es de gran relevancia para el país, debido a que alberga a la capital y es una fuente importante de agua para el consumo humano, agrícola y energético.

El recurso hídrico como los ríos, lagos y mares son los principales lugares que se depositan los residuos o desechos de las actividades humanas. Es debido a la importancia y nivel de contaminación que realizaremos este trabajo con el fin de poder disminuir ciertos parámetros físicos y biológicos.

Según SENAMHI (2007) menciona que la calidad del agua del río Rímac se encuentra con un pH de 6,8 aproximadamente, mientras que el DBO 4,03 mg O/L y una conductividad eléctrica de 578 uS/cm.

En lo que respecta a la zeolita su historia radica en Suecia en el año de 1756, cuando el Dr. Axel Fredrik Cronstedt descubrió la primera Zeolita y la denominó con el término griego “Piedra que Hierve”. La nombro de esta manera por las propiedades absorbentes que tiene al ser calentada. Posteriormente se dice que el mineral Zeolita al final de la década 40 ya era estudiada por muchos mineralogistas y que para el año de 1948 era parte de varias investigaciones. (Currao, 2014, 35 p.)

Los estudios fisicoquímicos y de composición mostraron que las zeolitas son cristales con alta porosidad y canales submicroscópicos que contienen fundamentalmente silicio, aluminio y oxígeno. En la actualidad se viene investigando en el desarrollo de nuevas zeolitas de origen sintético con las cuales se busca satisfacer ya ahora las necesidades de las siguientes



generaciones de polímeros y de otros materiales de mejor calidad que los actuales.. (Vizcaino, 1998, p. 46).

Para el trabajo de investigación se han escogido la zeolita tipo COWLESITE, por ser un tipo de zeolita rara y de bajo comercio y debido a que no hay muchos estudios sobre este tipo de zeolita.

Mientras que el tratamiento de aguas el tipo y grado en el que serán tratados depende fuertemente de la fuente y del uso que se pretende dar al agua. El agua para uso doméstico debe desinfectarse completamente para eliminar los microorganismos que causan enfermedades, pero puede contener niveles apreciables de calcio y magnesio, el agua para uso de calderas puede contener bacterias, pero debe ser muy blanda para prevenir la formación de incrustaciones. El agua residual que se descarga a un río puede requerir tratamientos menos rigurosos y conforme aumente la demanda mundial de los limitados recursos hídricos, para tratar el agua tendrán que emplearse medias más amplias y sofisticadas. (Manahan, 2007, p.205)

### **1.3.2. Marco conceptual**

**Zeolita:** La zeolita, es un mineral de forma parecida a la que tienen los nidos de las abejas, que es una estructura muy poco común entre los minerales y que tiene un gran característica magnética permitiendo que se lleve consigo a los metales pesados para ser expulsados por medio de la orina y sin causar ningún tipo de daño en el organismo. (Alimentos anti cáncer, 2016).

**Parámetros biológicos:** Se ha estudiado índices biológicos en los cuales la presencia de cierto número de biota o de ciertas especies, así como la ausencia o disminución en comparación de otras, determinan la calidad del cuerpo de agua analizado. (Campos, 2003, p. 54).

**DBO:** Nos indica la cantidad presente de oxígeno necesario o que puede ser consumido para la descomposición de microbiológica de materia orgánica en el

cuerpo líquido. (Instituto Nacional de Estadística, geografía e informática, 2000, p. 96).

**DQO:** Es una medida del oxígeno que nos indica el nivel de oxidación de toda la materia orgánica que se encuentra en un volumen conocido de efluente. (Moreno, 2006, p. 576).

**Roca volcánica:** El origen de este tipo de roca se debe a un proceso por el cual el magma sale a superficie, conocido como lava volcánica, la cual pasa por procesos de enfriamiento a temperaturas y presiones bajas. Eso da origen a las rocas formadas por una masa de cristales de pequeño tamaño, de forma amorfa y similar al vidrio. (ARCHILLERES & RIVAS, 2011, p. 75).

**Aceites y grasas:** Algunos componentes medidos por análisis de aceite y grasa influyen en el tratamiento de aguas residuales. Debido a que si se presentan en grandes cantidades, pueden interferir con los procesos biológicos aerobios y anaerobios y esto logra reducir la eficiencia del tratamiento de aguas residuales. Cuando son arrojados a los efluentes no tratados, pueden crear películas de superficie y depósitos en el borde de la playa que lleva a la degradación de habitats. (Ramos, 1995, p. 199).

**Aguas acidas:** Cuando los yacimientos que se explotan son de carbón, de sulfuros metálicos o de uranio, se expone a la meteorización de minerales sulfurosos (piritas) que se forman las aguas acidas. (Instituto Tecnológico Geominero de España, 2004, p. 103).

**Aguas alcalinas:** Se produce en las explotaciones mineras cuando se filtra desde la superficie desde acuíferos suprayacentes y que luego circulan a través de materiales calizos. Las aguas alcalinas son perniciosas como las acidas. Algunas aguas alcalinas contienen altas concentraciones de hierro ferroso, que tras su oxidación e hidrólisis pueden llegar a cambiar el drenaje

al tipo ácido. (Instituto Tecnológico Geominero de España, 2004, p. 103).

**Sólidos suspendidos:** Son los sedimentables, flotantes y no sedimentables (coloidales). Pueden contener sustancias orgánicas (sólidos suspendidos volátiles) o inertes (no volátiles o fijos). La turbidez en el agua tiene varias causas y esto debido a una gran variedad de sólidos en suspensión, los cuales, según su tamaño, pueden ser partículas coloidales o dispersiones gruesas; dependiendo de la turbulencia y de las características ópticas del material suspendido. (Ramos, 2005, p. 87)

**Contaminación orgánica:** La descomposición de la materia animal y vegetal da lugar a ácidos húmicos y fúlvicos y a materias colorantes. Los residuos domésticos contienen materias orgánicas en descomposición, detergentes y microorganismos. Los vertidos industriales contienen múltiples compuestos orgánicos, tales como aceites y disolventes. El uso de tratamientos biológicos para su eliminación implica el uso de parámetros de medida menos específicos que los que miden radicales químicos, y que sin embargo permitan el control de las unidades de tratamiento. (Rigola, 1990, p. 37)

**pH:** El valor y la estabilidad del pH en el proceso dentro del filtro anaerobio es extremadamente importante, porque los microorganismos pueden ser cultivados en condiciones casi neutras (pH 6.5 – 8.2), a valores de pH inferiores a 6.3 o por encima de 7.8, la tasa de actividad bacteriana disminuye. Las poblaciones ácido génicas son significativamente menos sensibles a los valores de pH bajo o alto y por lo tanto, la fermentación del ácido prevalecerá sobre la fermentación metalogénica, lo que puede dar lugar a la acidificación del contenido del reactor. (KAVITHA, 2009, p. 112).

**Turbiedad:** Parámetro que mide cuánto es absorbida o dispersada la luz por la materia en suspensión del agua. La turbiedad no es un análisis cuantitativo de los sólidos suspendidos. En aguas superficiales, se debe en gran parte a la presencia de arcilla y otros minerales. (Jiménez, 2001, p. 124).

### **1.3.3. Marco Legal**

- Constitución Política del Perú (1993), se destaca entre los derechos fundamentales de la persona, el de gozar un ambiente adecuado para el desarrollo de su vida (art. 2º, numeral 22)
- Ley general del ambiente – ley N° 28611, establece las normas básicas para asegurar el efectivo ejercicio del derecho humano a un ambiente saludable y equilibrado.
- Ley de los recursos hídricos – ley N° 29338, art. 1 (el agua es un recurso natural renovable, indispensable para la vida, vulnerable y estratégico para el desarrollo sostenible, el mantenimiento de los sistemas y ciclos naturales que la sustentan, la seguridad de la nación)
- D.S. N° 004-2017-MINAM, Los estándares de Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para agua son obligatorios en la determinación de los usos de los cuerpos de agua y compilar las disposiciones aprobadas mediante el DS N° 002-2008-MINAM, el DS N° 023-2009-MINAM y el DS N° 015-2015.

## **1.4 Formulación del problema**

### **1.4.1. Problema general**

- ¿En qué medida el uso de la zeolita permite el tratamiento del agua del río Rímac en Matucana – Huarochirí, 2017?

### **1.4.2. Problema específico**

- ¿Cuál fue la dosis óptima de la zeolita para el tratamiento del agua del río Rímac en Matucana – Huarochirí, 2017?
- ¿Las características de la zeolita influye en el tratamiento del agua del río Rímac en Matucana – Huarochirí, 2017?

## **1.5 Justificación del estudio**

La presente investigación se enfocará en el uso de la zeolita para el tratamiento de aguas ya que debido al crecimiento poblacional y de sus actividades industriales este recurso se encuentra cada vez más afectado.

Así, el presente trabajo permitirá demostrar que la zeolita puede ser una nueva alternativa con respecto al tratamiento de aguas, de modo que los resultados sean comparables con los métodos convencionales.

## **1.3 Hipótesis**

### **1.6.1 Hipótesis General**

- La zeolita logra un tratamiento adecuado del agua del río Rímac en Matucana – Huarochirí, 2017.

### **1.6.2 Hipótesis Específicas**

- Existen diferentes niveles de eficiencia en el tratamiento del agua del río Rímac en Matucana – Huarochirí, 2017.
- Un adecuado tratamiento disminuirá el DBO, DQO, turbidez, pH y conductividad del agua del río Rímac en Matucana, Huarochirí, 2017.

## **1.4 Objetivos**

### **1.7.1 Objetivo General**

- Evaluar el uso de la zeolita en el tratamiento del agua del río Rímac en Matucana - Huarochirí, 2017?

### **1.7.2 Objetivos Específicos**

- Determinar cuál es la dosis óptima de la zeolita para el tratamiento del agua del río Rímac en Matucana, Huarochirí, 2017?
- Determinar en qué medida las características de la zeolita mejora el tratamiento del agua del río Rímac en Matucana, Huarochirí, 2017?

## 2 METODO

### 2.1 Diseño de investigación

La presente investigación es del tipo explicativo con un diseño de explicación experimental de carácter preexperimental.

### 2.2 Variables y operacionalización

Cuadro 1: Variables y operacionalización

Hipotesis	Variable	definición operacional	dimensiones	indicadores	escala de medición
El zeolita logra un tratamiento adecuado a las aguas del río Rimac en Matucana - Huarochiri, 2017	La zeolita	Se utilizara la zeolita en diferentes dosis y por tres repeticiones para encontrar la mas adecuada para su tratamiento.	Dosis optima	alta	15 g/L
				media	10 g/L
				baja	5 g/L
			caracteristicas de la zeolita	tipo	Cowlesite
	Tamaño	90 um			
	Tratamiento en las aguas	Despues de tener las caracteristicas del efluente inicial se agregara distintas dosis de zeolita (5,10 y 15 g/L) para luego por proceso gravimetrico durante 8 horas pasar a medir nuevamente las caracteristicas y parametros del efluente, este proceso se repite	Caracterización al inicio de tratamiento	DBO inicial	mgO2/L
				pH inicial	6,5 <>9
				Conductividad electrica inicial	uS/cm
				DQO Inicial	mgO2/L
				Turbidez inicial	NTU
			Caracterización al final del tratamiento	DBO Final	mgO2/L
				pH final	6,5 <>9
				Conductividad electrica final	uS/cm
				DQO final	mgO2/L
Turbidez final				NTU	

Fuente: Elaboración propia.

### 2.3 Población y muestra

#### 2.1.1 Población

Está constituida por la cantidad de agua del río Rímac en Matucana, Huarochirí.

### **2.1.2 Muestra**

La muestra a utilizar en el desarrollo de la presente investigación se tomó del río Rímac a la altura de la ciudad de Matucana (km. 75 de la carretera central) para ello se extrajo la cantidad de 10 litros, de las cuales 9 litros fueron usados con las diferentes dosis de zeolita para el proceso de tratamiento de agua del río Rímac en Matucana – Huarochirí, 2017 y un litro que será utilizada como análisis inicial de la muestra.

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

### **2.4.1 Descripción del procedimiento**

#### a) Recolección de muestra

Se recolectaron las muestras de agua del río Rímac en Matucana, Huarochirí, en el kilómetro 75 de la carretera central, donde se tomó de muestra 10 Litros de efluentes del río. Las coordenadas de la toma de muestra fueron d18L 348899,96 este y 8690344,04 norte.

Para la recolección de agua se utilizó varios envases de capacidad de 2 Litros, así mismo se tapó los envases para evitar que la muestra se altere.

#### b) Análisis de la composición de la muestra

Posteriormente al recojo de las muestras se llevó al laboratorio para un análisis de la composición y características de las aguas del río Rímac en Matucana, Huarochirí, donde primero se analizó una muestra para conocer las siguientes características iniciales: Turbidez, pH, Conductividad, DBO y DQO.

#### c) Condicionamiento del tratamiento

Posteriormente de conocer las características iniciales de las aguas del río Rímac en Matucana, Huarochirí se encontró que casi todas las características que se analizaron sobrepasaban los estándares de

calidad ambiental del agua en Categoría 4 (ríos), a partir de tener conocimiento de estos datos se buscara tratar y disminuir las características ya mencionadas esto mediante la adición de zeolita en diferentes dosis.

Se realizó tres tratamientos con tres repeticiones y una unidad analítica, cada tratamiento conto con las cantidades de 5 gr/l, 10 gr/l y 15 gr/l. Con el fin de conocer cuál es la dosis optima de tratamiento del agua del río Rímac en Matucana, Huarochirí.

#### d) Dosis optima

Mediante los diferentes tratamientos se buscó conocer cuál es la dosis más óptima que logre disminuir la composición de la primera muestra. Los tratamientos consistirán en agregar el mineral previamente activado (a través de calor). Se adquirió el mineral ya con esas características, después se tamizo el mineral para tener conocimiento del tamaño, el cual fue de 90 micras. Posteriormente de tener conocimiento de las características de la zeolita (análisis de difracción de rayos X) tamaño y la dosis, se agregó en unos vasos de 1L las diferentes cantidades dejando reposar y estos se mezclen a través de gravimetría por 8 horas.

Posteriormente a este tiempo concluido se llevó nuevamente al laboratorio para conocer la nueva composición de la muestra.

### **2.4.2 Técnica de recolección de datos**

La técnica utilizada en la investigación fue directa de los hechos.

### **2.4.3 Instrumento de recolección de datos**

El instrumento utilizado en el presente trabajo fueron formatos y para la recolección de datos se elaboró formatos de campo y de laboratorio.

### **2.4.4 Validez y confiabilidad del instrumento**

Para mayor confiabilidad del instrumento se validó por profesionales expertos en la materia, los cuales fueron:



Cuadro 2: Cuadro de validación

Experto	Valoracion
Tineo Vargas, Victor	75%
Valdiviezo Gonzales, Lorgio	81%
Alejandro Suarez Alvitez	90%
Delgado Arenas, Antonio Leonardo	90%
Rita Jackeline, Cabello Torres	90%
Promedio	85%

Fuente: Elaboración propia.

## 2.5 Métodos de análisis de datos

### 2.5.1 Recojo de datos

Para la toma de muestra del agua contaminada del río Rímac en Matucana, Huarochirí se realizó de manera directa (In situ), donde se tomó en cuenta la guía para el muestreo de la calidad del Agua.

La muestra fue tomada en el kilómetro 75 de la carretera central con coordenadas 18L 348899,96 este y 8690344,04 norte, a las 10 horas del día 8 de octubre del 2017.

### 2.5.2 Método de procedimiento de datos

Se compara los datos obtenidos inicial y final en el laboratorio mediante SAS su cambio con diferentes dosis.

#### **Analisis de Varianza con un Factor(ANOVA):**

Con el proposito de comparar y evaluar la diferencia entre los tratamientos.

#### **Prueba de contraste de TUKEY:**

Este software es para evaluar cual de los tratamientos fue mejor.

#### **Graficas**

Para identificar la variación de los datos.

## 2.6 Aspectos éticos

Los resultados demostraron que la zeolita, es una alternativa de tratamiento para los diferentes parámetros analizados en este trabajo y que a la vez puede ser económica, efectiva y de gran disminución en diferentes parámetros. Se utiliza zeolita ya que es un mineral que recientemente se ha

descubierto y que tiene diferentes funciones de tratamientos tanto en agua como en tierra.

### 3 resultados

#### 3.1 Caracterización al inicio del tratamiento

Según el cuadro N.º 3 se observa las características iniciales de las aguas que fueron tomadas como muestra y punto de inicio de este trabajo de investigación, casi en su totalidad se encuentran por encima de los ECA según categoría 4 que hace referencia a los ríos.

Cuadro 3: Análisis inicial del efluente

	EF-01	ECA
<b>DBO</b>	12,6	10
<b>DQO</b>	12,8	10
<b>pH</b>	7,9	9
<b>Turbidez</b>	5,2	5
<b>Conductividad</b>	1600	1000

*Fuente: Elaboración Propia*

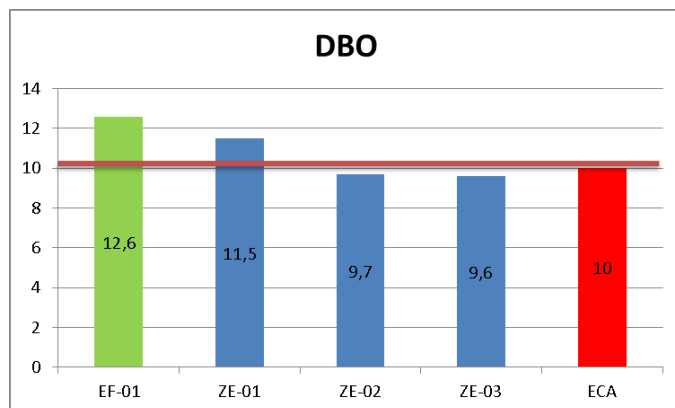
#### 3.2 Caracterización al final del tratamiento

Después de tener conocimiento de las características de zeolita que se realizó a través de un análisis de difracción de rayos X (anexo N° 3) y de las características iniciales del tratamiento (cuadro N° 3) se agregaron tres diferentes dosis (Dosis alta con 15 mgO<sub>2</sub>/L, Dosis media con 10 mgO<sub>2</sub>/L y Dosis baja con 5 mgO<sub>2</sub>/L) con el fin de conocer la dosis optima el cual pueda dar un tratamiento y disminución de los parámetros analizados.

##### 3.2.1 DBO

En el grafico N° 1 se puede observar las diferentes variaciones de DBO durante la etapa de experimento, en el cual se realizaron diferentes tratamientos con tres repeticiones cada una, en que los resultados fueron promediados y plasmados en la gráfica. Del primer tratamiento se observa que disminuyó un 1,1 mg O<sub>2</sub>/L encontrándose por encima del ECA; mientras que en el segundo tratamiento disminuyo un 1,9 mg O<sub>2</sub>/L en comparación con la muestra inicial y encontrándose por debajo del ECA y por último el tercer tratamiento disminuyo un 2 mg O<sub>2</sub>/L en comparación con la muestra inicial y encontrándose por debajo del ECA, habiendo una similitud muy cercana entre el tratamiento 2 y 3.

Gráfico N° 1: DBO final



Fuente: Elaboración Propia

**Cuadro 4: Cuadro de tratamientos  
DBO**

	<b>DBO</b>
<b>EF-01</b>	12,6
<b>ZE-01</b>	11,5
<b>ZE-02</b>	9,7
<b>ZE-03</b>	9,6
<b>ECA</b>	10

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo al cuadro N° 5 se observa el análisis de varianza ANOVA con respecto al DBO , en que nos indicó un valor de  $Pr > F$  menor al nivel de significancia 0.05, siendo esta 0.0001 (altamente significativo), en que esto nos indica que al menos unos de los tratamientos es diferente, para ello se realizó la prueba de Duncan.

$P = 0.0003 < \alpha = 0.05$  con un 95% de confiabilidad, en esto significa que se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ).

Cuadro 5: ANOVA (DBO)

Fuente de variación	Grado de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados Medios	F Value	Pr > F
Model	2	7.02888889	3.51444444	225.93	.0001
Error	6	0.09333333	0.01555556		
Corrected Total	8	7.12222222			

Fuente: Elaboración Propia

En el cuadro N° 6 se observa la prueba de Duncan, en que se sometió las medias del parámetro (DBO) para identificar que tratamiento es diferente, en que se identificó que el T<sub>3</sub> se obtuvo un DBO de 11.5 mg O<sub>2</sub>/L; siendo esta con el que se disminuyó más la materia biodegradable presentes en la muestra a diferencia del T<sub>2</sub> y T<sub>3</sub>, cabe resaltar que ningún tratamiento no sobrepaso los ECA<sub>S</sub>. (La letra diferente se considera el tratamiento más significativo).

Cuadro 6: Prueba de Duncan DBO

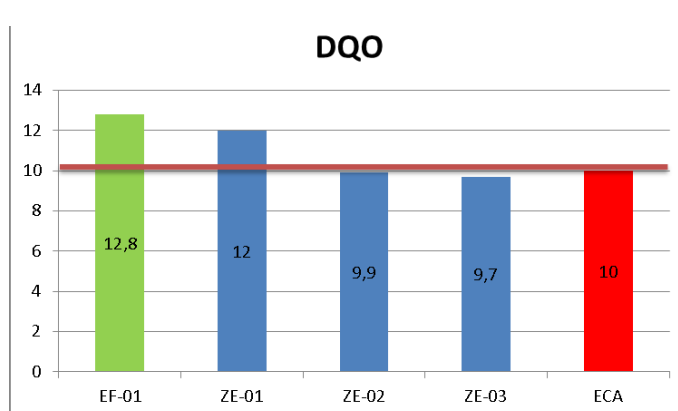
Duncan Grouping	Media	N	tratamientos
A	11.5	3	T1
B	9.7333	3	T2
B	9.5333	3	T3

Fuente: Elaboración Propia

### 3.2.2 DQO

En el gráfico N.º 2 se puede observar las diferentes variaciones de DQO durante la etapa de experimento, en el cual se realizaron diferentes tratamientos con tres repeticiones cada una, en que los resultados fueron promediados y plasmados en la gráfica. Del primer tratamiento se observa que disminuyó un 0,8 mg O<sub>2</sub>/L encontrándose por encima del ECA, mientras que en el segundo tratamiento se logró disminuir un 2,9 mg O<sub>2</sub>/L logrando por apenas estar por debajo del ECA y por último el tratamiento tres se logró una disminución de 3,1 mg O<sub>2</sub>/L también por debajo del ECA, se observa una gran similitud entre el tratamiento 2 y 3.

Gráfico N° 2: DQO final



Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 7: Cuadro de tratamientos DQO

	DQO
EF-01	12,8
ZE-01	12
ZE-02	9,9
ZE-03	9,7
ECA	10

Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo al cuadro N°8 se observa el análisis de varianza ANOVA con respecto al DQO , en que nos indicó un valor de  $Pr > F$  menor al nivel de significancia 0.05, siendo esta 0.0001 (altamente significativo), en que esto nos indica que al menos unos de los tratamientos es diferente, para ello se realizó la prueba de Duncan.

$P= 0.0003 < \alpha = 0.05$  con un 95% de confiabilidad, en esto significa que se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ).

Cuadro 8: ANOVA (DQO)

Fuente de variación	Grado de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados Medios	F Value	Pr > F
Model	2	10.17202222	5.08601111	183.02	.0001
Error	6	0.16673333	0.02778889		
Corrected Total	8	10.33875556			

Fuente: Elaboración Propia

En el Cuadro N° 9 se observa la prueba de Duncan, en que se sometió las medias del parámetro (DQO) para identificar que tratamiento es diferente, en que se identificó que el T<sub>3</sub> se obtuvo un DBO de 9.6 mg O<sub>2</sub>/L; siendo esta con el que se disminuyó más la materia orgánica presentes en la muestra, cabe resaltar que con el T<sub>2</sub> y T<sub>3</sub> no sobrepasan los ECA<sub>S</sub> y son diferentes entre ellos. (La letra diferente se considera el tratamiento más significativo).

Cuadro 9: Prueba de Duncan (DQO)

Duncan Grouping	Media	N	Tratamientos
A	12.0033	3	T1
B	9.9333	3	T2
C	9.6	3	T3

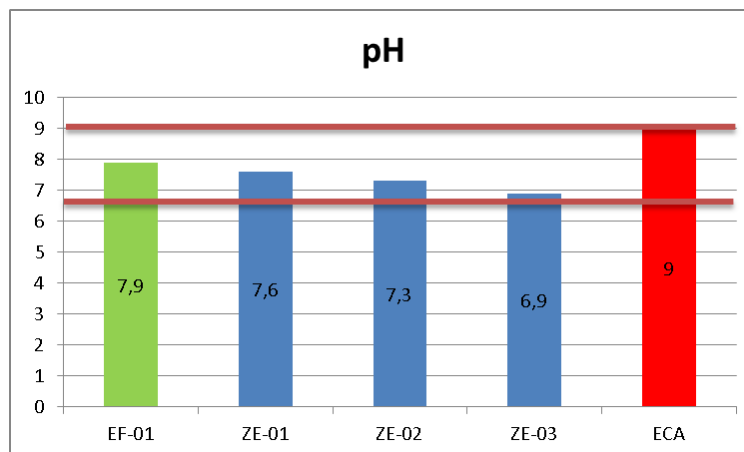
Fuente: Elaboración Propia

### 3.2.3 pH

En el gráfico N° 3 se puede observar las diferentes variaciones de pH durante la etapa de experimento, en el cual se realizaron diferentes tratamientos con tres repeticiones cada una, en que los resultados fueron promediados y plasmados en

la gráfica. La muestra inicial se encuentra dentro del rango ECA para pH disminuyendo un 0,3 en el primer tratamiento, un 0,6 en el segundo tratamiento y 1 en el tercer tratamiento. La tendencia en este tratamiento es de convertir el pH casi neutro que se encontró en ácido llevándolo cada vez más cerca al límite de pasar el ECA.

**Gráfico N° 3: pH final**



Fuente: Elaboración Propia

**Cuadro 10: Cuadro de tratamientos pH**

	<b>pH</b>
<b>EF-01</b>	7,9
<b>ZE-01</b>	7,6
<b>ZE-02</b>	7,3
<b>ZE-03</b>	6,9
<b>ECA</b>	6,5 <> 9

Fuente: Elaboración Propia.

De acuerdo al cuadro N° 11 se observa el análisis de varianza ANOVA con respecto al pH, en que nos indicó un valor de  $Pr > F$  menor al nivel de significancia 0.05, siendo esta 0.0003(altamente significativo), en que esto nos indica que al menos unos de los tratamientos son diferentes, para ello se realizó la prueba de Duncan.

$P = 0.0003 < \alpha = 0.05$  con un 95% de confiabilidad, en esto significa que se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ )

Cuadro 11: ANOVA (pH)

Fuente de variación	Grado de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados Medios	F Value	Pr > F
Model	2	0.88222222	0.44111111	39.7	0.0003
Error	6	0.06666667	0.01111111		
Corrected Total	8	0.94888889			

Fuente: Elaboración Propia

En el cuadro N° 12 se observa la prueba de Duncan, en que se sometió las medias del parámetro fisicoquímico (pH) para identificar que tratamiento es diferente, en que se identificó que el T<sub>3</sub> se obtuvo un pH de 6.9, siendo esta ligeramente acida a diferencia del T<sub>2</sub> Y T<sub>3</sub> en que estas son ligeramente básicas, cabe resaltar que no sobrepasan los ECA<sub>S</sub> con respecto a este parámetro. (La letra diferente se considera el tratamiento más significativo).

Cuadro 12: Prueba de Duncan (DQO)

Duncan Grouping	Media	N	tratamientos
A	7.66667	3	T1
B	7.3	3	T2
C	6.9	3	T3

Fuente: Elaboración Propia

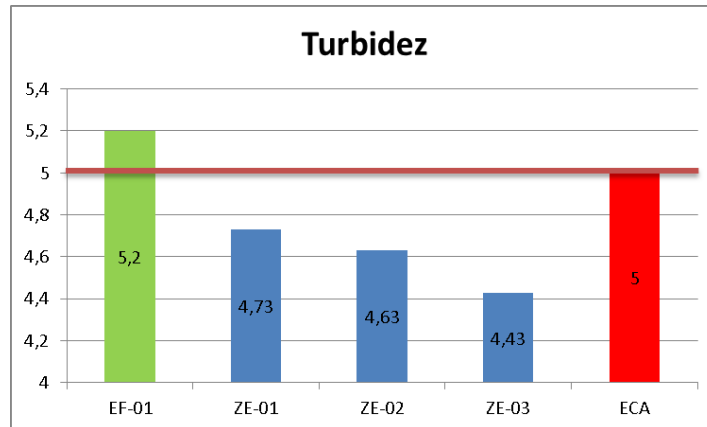
### 3.2.4 Turbidez

En el gráfico N° 4 se puede observar las diferentes variaciones de turbidez durante la etapa de experimento, en el cual se realizaron diferentes tratamientos con tres repeticiones cada una, en que los resultados fueron promediados y plasmados en la gráfica. La muestra inicial se encuentra por encima del ECA para turbidez



disminuyendo un 0,47 en el primer tratamiento, un 0,47 en el segundo tratamiento y 0,77 en el tercer tratamiento. Logrando desde el primer tratamiento encontrarse por debajo del ECA.

**Gráfico N° 4: Turbidez final**



Fuente: Elaboración Propia

**Cuadro 13: Cuadro de tratamientos de turbidez**

	<b>Turbidez</b>
<b>EF-01</b>	5,2
<b>ZE-01</b>	4,73
<b>ZE-02</b>	4,63
<b>ZE-03</b>	4,43
<b>ECA</b>	5

Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo al cuadro N° 14 se observa el análisis de varianza ANOVA con respecto a la turbidez, en que nos indicó un valor de  $Pr > F$  menor al nivel de significancia 0.05, siendo esta 0.011, en que esto nos indica que al menos unos de los tratamientos son diferentes, para ello se realizó la prueba de Duncan.

$P = 0.0003 < \alpha = 0.05$  con un 95% de confiabilidad, en esto significa que se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ).

Cuadro 14: ANOVA (turbidez)

Fuente de variación	Grado de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados Medios	F Value	Pr > F
Model	2	0.14	0.07	10.5	0.011
Error	6	0.04	0.00666667		
Corrected Total	8	0.18			

Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo al cuadro N° 15 se realizó la prueba de DUNCAN; con la finalidad de identificar que tratamiento es diferente; en que se observa que el tercer tratamiento con 15 g/L de zeolita es menor a diferencia del  $T_1$  y  $T_2$ , ya que se disminuyó la presencia de material particulado en la muestra.

Cuadro 15: Prueba de Duncan (Turbidez)

Duncan Grouping	Media	N	tratamientos
A	4.73333	3	T1
A	4.63333	3	T2
B	4.43333	3	T3

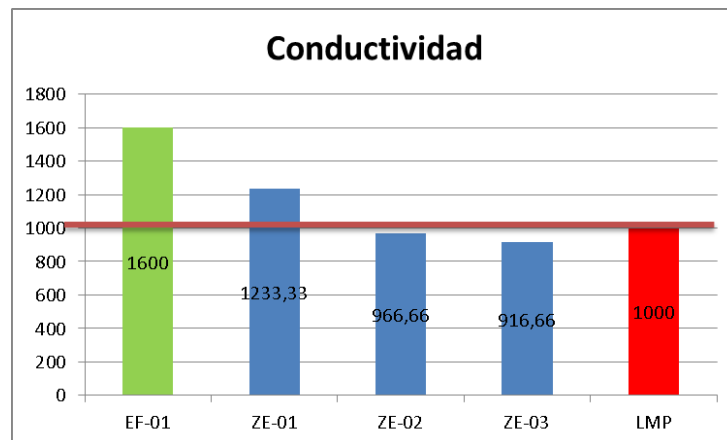
Fuente: Elaboración Propia

### 3.2.5 Conductividad

En el gráfico N° 5 se puede observar las diferentes variaciones de conductividad durante la etapa de experimento, en el cual se realizaron diferentes tratamientos con tres repeticiones cada una, en que los resultados fueron promediados y plasmados en la gráfica. La muestra inicial se encuentra por encima del ECA para conductividad disminuyendo un 366,67 uS/cm en el primer tratamiento, un 633,34 en el segundo tratamiento y 683,34 en el tercer tratamiento

Fuente de variación	Grado de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados Medios	F Value	Pr > F
entre tratamientos	2	173888.8889	86944.4444	42.07	0.0003
Error	6	12400	2066.6667		
Suma total	8	186288.8889			

Gráfico N° 5: Conductividad final



Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 16: Cuadro de tratamientos de Conductividad

	<b>Conductividad</b>
<b>EF-01</b>	1600
<b>ZE-01</b>	1233,33
<b>ZE-02</b>	966,66
<b>ZE-03</b>	916,66
<b>LMP</b>	1000

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo al cuadro N° 17 se observa el análisis de varianza ANOVA para la conductividad, en que nos indicó un valor de  $Pr > F$  menor al nivel de significancia 0.05, siendo esta 0.0003, en que esto nos indica que entre los promedios de la conductividad al menos unos de los tratamientos son diferentes, para ello se realizó la prueba de Duncan.

$P = 0.0003 < \alpha = 0.05$  con un 95% de confiabilidad, en esto significa que se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ).

Cuadro 17: ANOVA (Conductividad)

Fuente: Elaboración Propia

En el cuadro N° 18 se observa la prueba de Duncan, en que se sometió las medias de la conductividad para identificar que tratamiento es diferente, en que se identificó que el  $T_1$  es el más elevado en comparación al  $T_2$  Y  $T_3$ . (La letra diferente se considera el tratamiento más significativo).

Cuadro 18: Prueba de Duncan, conductividad

Duncan Grouping	Media	N	tratamientos
A	1233.33	3	T1
B	966.67	3	T2
B	916.67	3	T3

Fuente: Elaboración Propia

#### 4. Discusión

En el presente trabajo se utilizó la técnica de la gravimetría, el cual consistió en utilizar tres tratamientos con cantidades distintas (5 g/L, 10 g/L y 15 gr/L) las cuales fueron agregadas en una muestra de 1L y se dejó reposar y sedimentar a través de la gravedad logrando una nueva mezcla con nuevas características y parámetros modificados, en que se obtuvo resultados favorables. Tal como sostiene Falcón (2016) en que utilizó una roca volcánica para la remoción de la materia orgánica presente en las aguas residuales domésticas, en que utilizó dicha técnica para la remoción de los contaminantes.

Al ser evaluado los siguientes parámetros como el DBO se estima una remoción de 8.73 % en el primer tratamiento; con el segundo tratamiento le logro remover un 23.01% y con el tercer tratamiento se removió un 23,80%, en que con este último tratamiento se obtuvo mejores resultados. Cabe mencionar que con este parámetro evaluado se pudo realizar un tratamiento adecuado, ya que no sobrepasaron los ECA'S.

En la determinación del DQO se estimó una disminución de la materia orgánica, en todos los tratamientos, sin sobrepasar los estándares de calidad ambiental.

Para la turbidez se evidencia una disminución de los sólidos suspendidos, en que se logró remover un 14.80% con 15g/L de zeolita siendo esta la dosis optima a diferencia de Tejada, R. (2017) que removió un 99,976% con respecto a la turbidez con una dosis optima al 5% de cal (69,7% en pureza), siendo esta 0.3 g de cal por litro de agua residual, mencionar que se utilizó diferentes insumos, para la disminución de los contaminantes.

Con respecto al pH se evidencio una ligera disminución, a mayor cantidad de zeolita, sin embargo, la variación no fue significativa en el tratamiento, pero si se observó una tendencia a seguir disminuyendo conforme se agregaban mayor cantidad del mineral.

Con la conductividad se logró la disminución de las sales presentes en el efluente, sin embargo, a partir del tercer tratamiento se puede encuentra recién por debajo del ECA.

Y por último en comparación con los datos del SENAMHI mostrados en el marco teórico sobre las características de las aguas del río Rímac del año 2007, se observa un cambio significativo en comparación con nuestros análisis iniciales.

## **5. Conclusiones**

Se logró un tratamiento adecuado para las aguas del río Rímac en Matucana, ya que se aprecia una notable disminución de los contaminantes de los parámetros evaluados.

La dosis óptima fue de 15 g/ L de zeolita, ya que con ello se logró disminuir la cantidad de sales (conductividad), DBO, DQO, pH y la turbidez, así mismo mencionar que al utilizar mayor cantidad de zeolita se obtuvo mejores resultados, pero que si se utilizara una dosis más alta el pH podría salir del rango de los ECA`s y de igual manera con los demás parámetros analizados su reacción seria constante y no se encontraría cambios significativos.

El tipo de zeolita COWLESITE, su tamaño con el que se trabajó, tiempo y modo de activación fue el correcto para el tratamiento del agua del río Rímac en Matucana.

Se logró mejorar la calidad del agua, ya en su totalidad los parámetros analizados no sobrepasaron los estándares de calidad ambiental (ECA'S), los cuales se compararon con las categorías 3 y 4 dependiendo el parámetro, pudiendo utilizarse después del tratamiento para un sistema de riego.

## **6. Recomendaciones**

Dentro de un proyecto de investigación como lo fue este, se desea que haya una mejora continua del mismo; por lo tanto, se sugiere a futuros estudiantes que tengan el interés por este proyecto, el uso de la zeolita para diferentes tipos de tratamientos.

Otra recomendación sería incluir modelos de PTAR con el uso de filtros de zeolita y que este sistema se adapte a las necesidades de diferentes variedades de empresas.

Por último, sería recomendable no seguir añadiendo mayores dosis de zeolita debido a que el aumento de este podría volver constante, aumentar o disminuir los parámetros analizados volviendo desconocido que valores o como podría actuar el mineral.

## 7. Referencia Bibliografía

Manahan, Stanley. Introducción a la química ambiental. México: Revertè ediciones, 2007. 696 p.

ISBN: 968-6708—60-X.

Vizcaino, Carlos. Minerales artificiales. Mexico, Ediciones Campanario, 1998. 214 p.

ISBN: 968-166910X

Organización cura cáncer natural, 2016, Que es zeolita, sus beneficios y grandes propiedades

Disponible en:

<https://curacancernatural.org/que-es-zeolita-sus-beneficios-y-grandes-propiedades/>

Campos Gómez, Inés. Saneamiento ambiental. Costa Rica: Editorial Universidad estatal nacional a distancia, 2003. 227 p.

ISBN: 9968-31-069-7

Instituto Nacional de Estadística, geografía e informática. Indicadores de desarrollo sustentable en México. Ediciones INEGI, 2000. 203 p.

ISBN: 970-13-3015-3

Moreno, Benito. Higiene e inspección de carnes. España: Ediciones Diaz de Santos, 2006. 582 p.

ISBN: 84-7978-764-3.

Ramos Olmos, Raudel. El agua en el medio ambiente: muestreo y análisis. Mexico: Edicion Plaza y Valdez, 1995. 212 p.

ISBN: 970-9051-62-8

Instituto Tecnológico Geominero de España. Manual de restauración de terrenos y evaluación de impactos ambientales en minería. España: Graficas Chile, 2004, 361p.

ISBN: 84-7840-019-2

Acevedo, Builes, et al. (2012), quienes realizaron el trabajo de “remoción de microorganismos patógenos presentes en un licor mixto bajo condiciones de laboratorio empleando filtros empacados en zeolita natural” la cual fue presentada en la Universidad de Medellín – facultad de ingeniería. Colombia.



Aragón, Ramírez, et. Al. (2013), quienes realizaron el trabajo de “Uso de Carbón Activado Granular (CAG) en un biofiltro para el tratamiento de efluentes acuícolas” la cual fue presentada en la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo de México – facultad de ingeniería. México.

Del Angel, M. (1994), “Contribución al estudio de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO)”, la cual fue sustentada en la Universidad Autónoma de nuevo león – facultad de ingeniería civil. México.

Hurtado, B. (2016), quien realizo el trabajo de “Eficiencia de la zeolita y la cáscara de plátano para reducir metales pesados en las aguas del rio Rímac en el K.M. 80 de la Carretera Central en el Distrito de San Mateo en Huarochirí, departamento Lima, 2016” el cual fue sustentado en la Universidad Cesar Vallejo.

Ministerio del ambiente. Decreto Supremo N° 015-2015. Modifican los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua y establecen disposiciones complementarias para su aplicación. 2015.Perú.5.y.6.p

MINSA. EVALUACIÓN DE MUESTRAS DE AGUA DEL RÍO RÍMAC CON DATOS DE DIGESA Y SEDAPAL - 19/20/26/27 DE ENERO 2011. Lima, Perú: s.n., 2011. pág. 58.

*Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad del Agua.* Fernández Estela , Amarildo. 2011. [ed.] Autoridad Nacional del Agua. Arequipa: s.n., 2011. Autoridad Nacional del Agua. Vol. 01, págs. 02-43.

## **8. ANEXOS**

## Técnicas e instrumentos de recolección de datos

FORMATO DE LABORATORIO						
Experimentos						
Encargado						
Lugar						
Fecha y hora						
MUESTRA		baja	media	alta	Tipo	Tamaño
Codificación	Cantidad de insumos utilizados					
A0						
A1						
A2						
A3						

Fuente: Elaboración propia

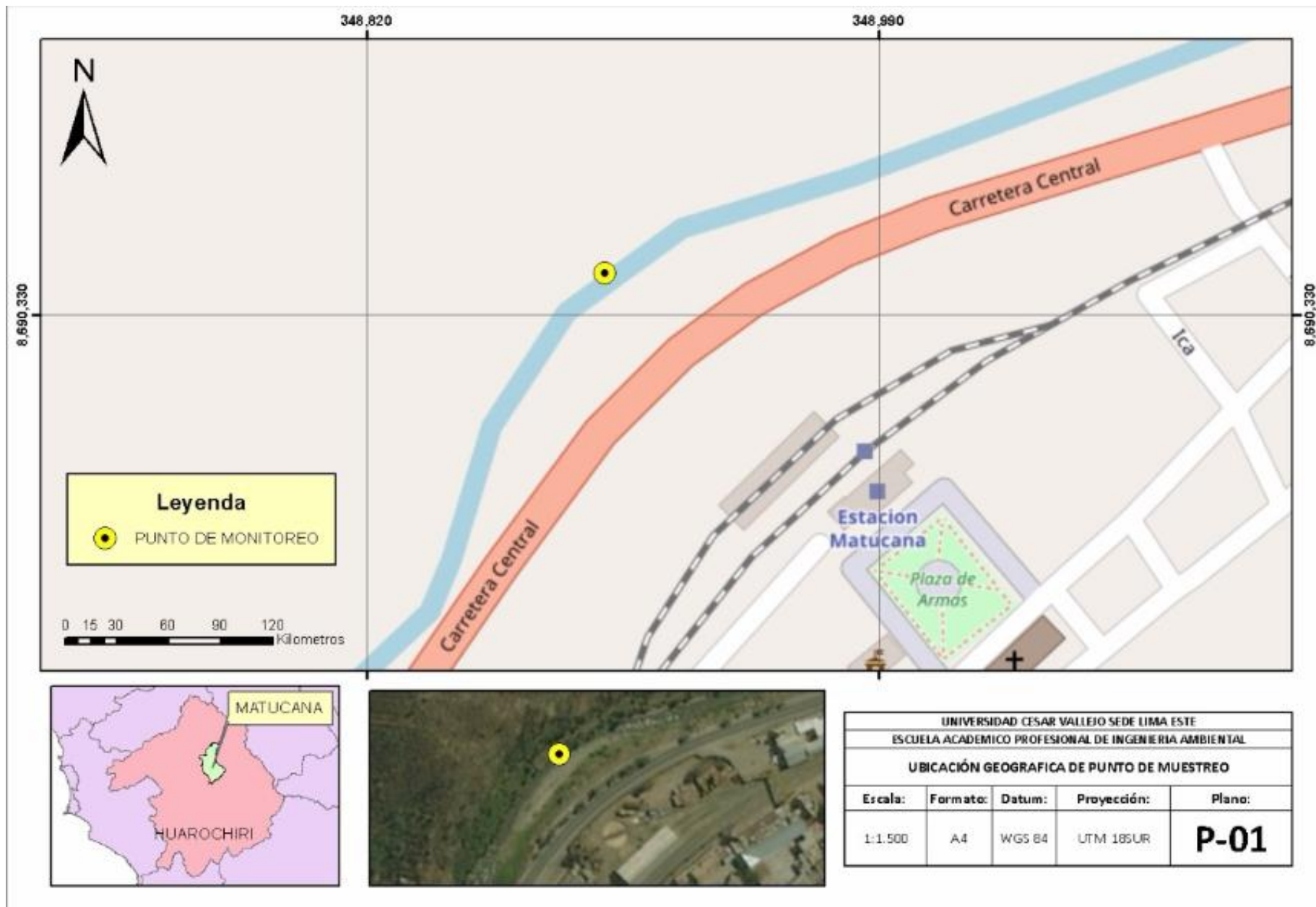
FORMATO DE CAMPO						
Experimentos						
Encargado						
Lugar						
Fecha						
MUESTRA		baja	media	alta	tipo	Tamaño
Codificación	Mediciones					
A0						
A1						
A2						
A3						
B1						
B2						
B3						

Fuente: Elaboración propia

**Uso de la zeolita para el tratamiento del agua del rio Rimac en Matucana - Huarochiri, 2017**

Problema	Objetivo	Hipotesis	Variables	Operalización de Variables				
Problema General	Objetivo General	Hipotesis General	Variable independiente	DEFINICION CONCEPTUAL	definición operacional	dimensiones	indicadores	escala de medición
¿En que medida el uso de la zeolita permite el tratamiento del agua del rio Rimac en Matucana - Huarochiri, 2017?	Evaluar el uso de la zeolita en el tratamiento de agua del rio Rimac en Matucana, Huarochiri,2017	El zeolita logra un tratamiento adecuado a las aguas del rio Rimac en Matucana - Huarochiri, 2017	La zeolita	La zeolita corresponde al grupo de minerales poco comunes y que ademas tiene la capacidad de retener la mayoría de los solidos suspendidos, metales pesados, DBO, DQO y de reducir los olores y sabores desagradables Hurtado(2016)	Se utilizara la zeolita en diferentes dosis y por tres repeticiones para encontrar la mas adecuada para su tratamiento.	Dosis optima	alta	15 g/L
							media	10 g/L
							baja	5 g/L
						caracteristicas de la zeolita	tipo	Cowlesite
							Tamaño	90 um
Problema Especifico	Objetivo Especifico	Hipotesis Especifico	Variable dependiente	DEFINICION CONCEPTUAL	definición operacional	dimensiones	indicadores	escala de medición
¿Cuál fue la dosis optima de la zeolita para el tratamiento del agua del rio Rimac en Matucana - Huarochiri, 2017?	Determinar cuál es la dosis optima de la zeolita para el tratamiento del agua del rio Rimac en Matucana, Huarochiri,2017?	Existen diferentes niveles de eficiencia en el tratamiento del agua del rio Rimac en Matucana - Huarochiri, 2017	Tratamiento en las aguas	Conjunto de operaciones unitarias de tipo fisico, quimico o biologico cuya finalidad es la eliminacion o reduccion de sus contaminantes o caracteristicas no deseables del efluente. (Mailx, 2008)	Despues de tener las caracteristicas del efluente inicial se agregara distintas dosis de zeolita (5,10 y 15 g/L) para luego por proceso gravimetrico durante 8 horas pasar a medir nuevamente las caracteristicas y parametros del efluente, este proceso se repite tres veces.	Caracterizacion al inicio de tratamiento	DBO inicial	mgO/L
							pH inicial	6,5 <>9
							Conductividad electrica inicial	uS/cm
							DQO Inicial	mgO2/L
							Turbidez inicial	NTU
¿Las caracteristicas de la zeolita influye en el tratamiento del agua del rio Rimac en Matucana - Huarochiri, 2017?	Determinar en que medida las caracteristicas de la zeolita mejora el tratamiento del agua del rio Rimac en Matucana, Huarochiri, 2017?	Un adecuado tratamiento disminuira el DBO, DQO, Turbidez, pH y conductividad en las aguas del rio Rimac en Matucana, Huarochiri, 2017.	Tratamiento en las aguas	Conjunto de operaciones unitarias de tipo fisico, quimico o biologico cuya finalidad es la eliminacion o reduccion de sus contaminantes o caracteristicas no deseables del efluente. (Mailx, 2008)	Despues de tener las caracteristicas del efluente inicial se agregara distintas dosis de zeolita (5,10 y 15 g/L) para luego por proceso gravimetrico durante 8 horas pasar a medir nuevamente las caracteristicas y parametros del efluente, este proceso se repite tres veces.	Caracterizacion al final del tratamiento	DBO Final	mg2/L
							pH final	6,5 <>9
							Conductividad electrica final	uS/cm
							DQO final	mgO2/L
							Turbidez final	NTU

Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia.





UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

Lima, 25 de octubre del 2016


**Sr. Benji José Hurtado Tomaylla**  
**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**  
Presente.-

De mi mayor consideración:

Es grato dirigirme a usted para saludarlo cordialmente y, a la vez, hacerle llegar adjunto a esta carta el informe de medición y análisis de una (01) muestra, de acuerdo a la cotización N°. 062-LDRX-FCF-UNMSM-2016.

Sin otro particular, reciba mis saludos cordiales.

Atentamente,

  
\_\_\_\_\_  
**Dr. Carlos Landauro Sáenz**  
Laboratorio de Difracción de Rayos



*Adj.: Informe N°. 047-LDRX-FCF-UNMSM-16 del servicio de medida y de análisis por difracción de rayos X.*

Ciudad Universitaria, Pabellón de Ciencias Físicas, Calle Germán Amézaga N° 375, Lima, 1 (Perú)  
Teléfono: 619-7000 anexo 3821.

1





UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

## REPORTE DE MEDICIÓN Y ANÁLISIS DE UNA MUESTRA POR DIFRACCIÓN DE RAYOS X

**Informe N.º 047-LDRX-FCF-UNMSM-2016**

**Fecha:** 25 de octubre del 2016

**Solicitante:** Sr. Benji Hurtado Tomaylla / **e-mail:** benjih92@gmail.com

**Institución:** UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

### CONSIDERACIONES EXPERIMENTALES:

#### **Condiciones de la medición:**

- El análisis se realizó en un Difractómetro marca **BRUKER**, modelo **D8-FOCUS**.
- Se empleó un tubo de Cu cuya longitud de onda, correspondiente a  $K_{\alpha 1}$ -Cu, es  $\lambda=1.5406\text{Å}$ .
- Rango angular de análisis ( $2\theta$ ):  
Inicio:  $3^\circ$ .  
Final:  $80^\circ$ .  
Paso:  $0.02^\circ$ .  
Tiempo por paso: 0.5 seg.
- Generador Rayos-X:  
Voltaje de salida del tubo = 40 kV.  
Corriente de salida del tubo = 40 mA.
- Tipo de detector:  
PSD Lynxeye

#### **Características de la muestra analizada:**

Se analizó una (01) muestra en polvo, descrita por el solicitante como hidrotalcita, la cual se encontraba bien pulverizada. Dicha muestra fue codificada tal como se indica en la Tabla 1; además se muestra la codificación brindada por el solicitante.

**Tabla 1.** Codificación de las muestras medidas y analizadas.

Código LDRX	Código solicitante
M2016-047-001	hidrotalcita



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

**ANÁLISIS DEL DIFRACTOGRAMA DE LAS MUESTRAS:**

El difractograma correspondiente a la muestra analizada se observa en la Figura 1.

Al realizar la comparación del difractograma de la muestra codificada como "M2016-047-001" con los difractogramas de la base de datos ICDD-2007, y considerando la información proporcionada por el solicitante, se identificaron principalmente las fases *Potassium Aluminum Silicate* ( $K_{11.1}Si_{12}Al_{12}O_{48}$ ), *Calcium Aluminum Silicate Hydrate* ( $Ca_6(AlSiO_4)_{12} \cdot 30H_2O$ ), *Chabazite-Ca* ( $Ca_2Al_4Si_8O_{24} \cdot 12H_2O$ ), *Laumontite* ( $Ca_4Al_8Si_{16}O_{48} \cdot 16H_2O$ ), *Cowlesite* ( $CaAl_2Si_3O_{10} \cdot 6H_2O$ ) y *Silicon Oxide* ( $SiO_2$ ). Las fichas JCPDS-PDF asociadas a estas fases son 043-0147, 011-0589, 034-0137, 047-1785, 046-1405 y 045-0130 respectivamente (Figura 2). Asimismo, para estimar y verificar el porcentaje en peso (%W) de las principales fases identificadas, se utilizó el método de refinamiento Rietveld; donde dicho valor se observa en la Tabla 2.

Es necesario mencionar que en la posición  $2\theta = 3.77^\circ$  existe un pico de difracción que no ha sido posible identificar con una fase de nuestra base de datos.

**Tabla 2.** Cuantificación de las principales fases presentes en la muestra analizada.

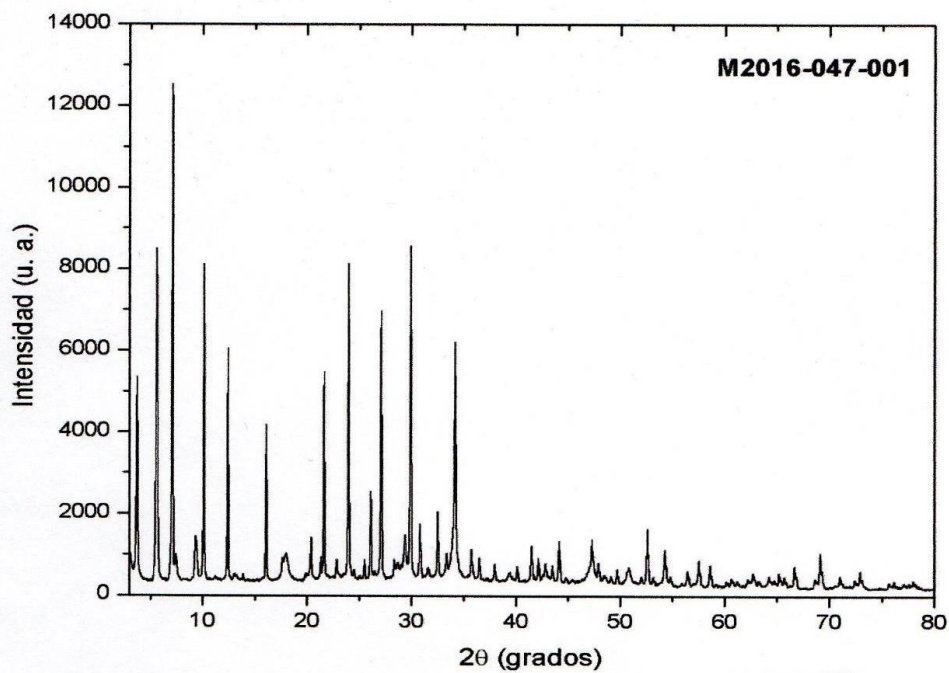
Muestra	% W					
	<i>Potassium Aluminum Silicate</i> ( $K_{11.1}Si_{12}Al_{12}O_{48}$ )	<i>Calcium Aluminum Silicate Hydrate</i> ( $Ca_6(AlSiO_4)_{12} \cdot 30H_2O$ )	<i>Chabazite-Ca</i> ( $Ca_2Al_4Si_8O_{24} \cdot 12H_2O$ )	<i>Laumontite</i> ( $Ca_4Al_8Si_{16}O_{48} \cdot 16H_2O$ )	<i>Cowlesite</i> ( $CaAl_2Si_3O_{10} \cdot 6H_2O$ )	<i>Silicon Oxide</i> ( $SiO_2$ )
M2016-047-001	2.1	53.0	1.8	11.0	30.5	1.6



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



**Figura 1.** Difractograma de la muestra analizada y codificada como "M2016-047-001".

Ciudad Universitaria, Pabellón de Ciencias Físicas, Calle Germán Amézcaga N° 375, Lima, 1 (Perú)  
Teléfono: 619-7000 anexo 3821.

4

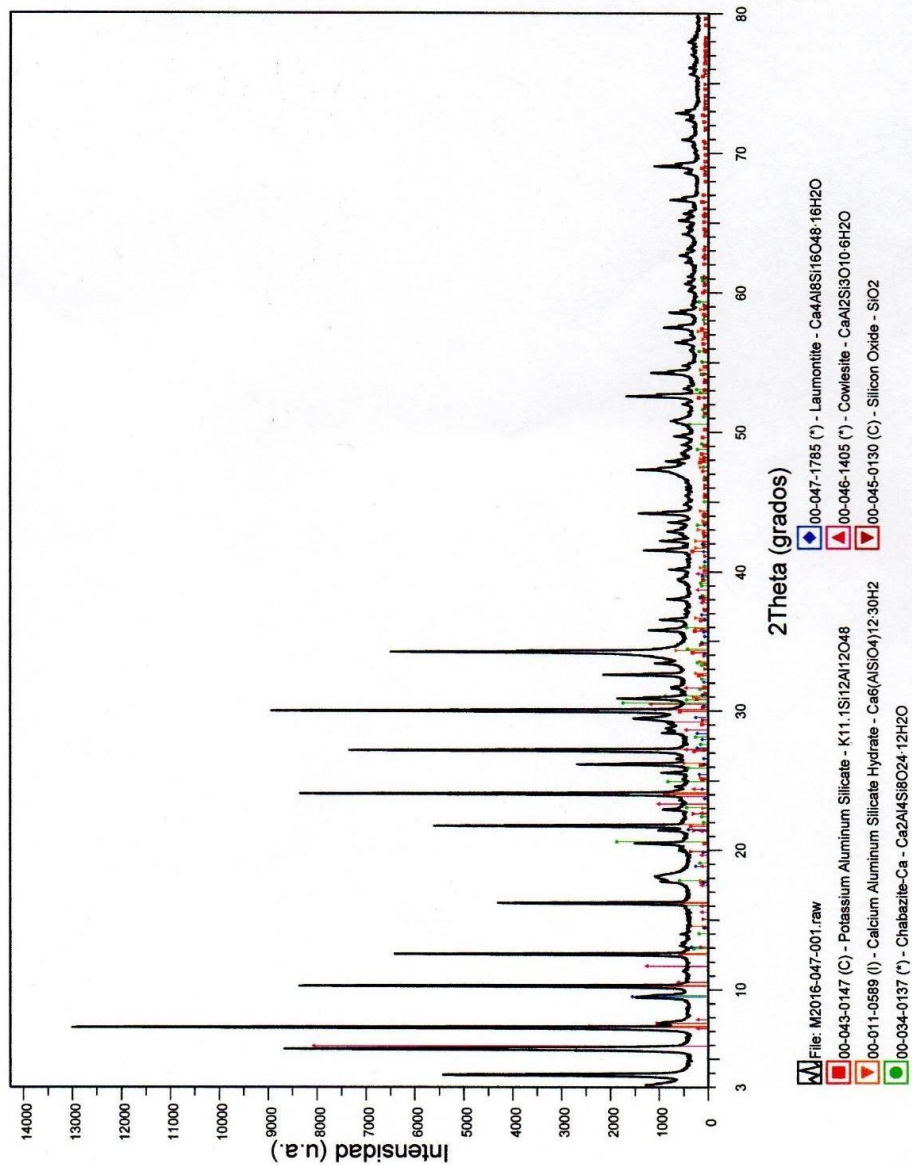
Fuente: Benji Hurtado (2016)



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



**Figura 2.** Difractograma de la muestra "M2016-047-001", con los correspondientes picos de difracción de las principales fases encontradas.

Ciudad Universitaria, Pabellón de Ciencias Físicas, Calle Germán Amézaga N° 375, Lima, 1 (Perú)  
Teléfono: 619-7000 anexo 3821.

- imágenes de recolección y muestreo



Fuente: Propia.



Fuente: Propia.



Fuente: Propia.



Fuente: propia.



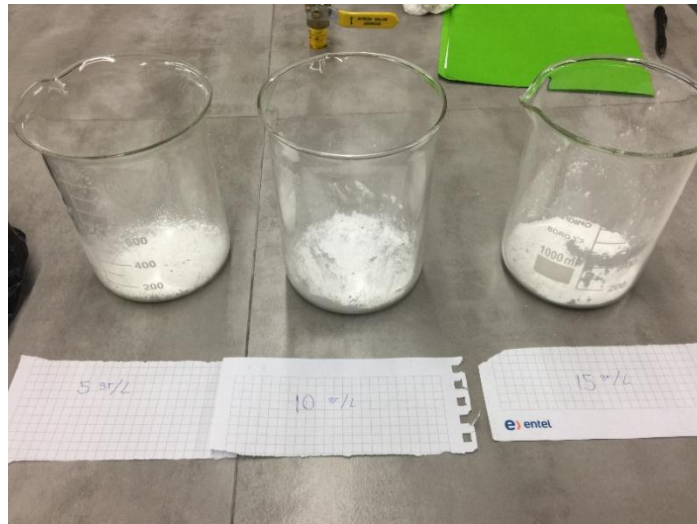
Fuente: Propia



Fuente: propia.

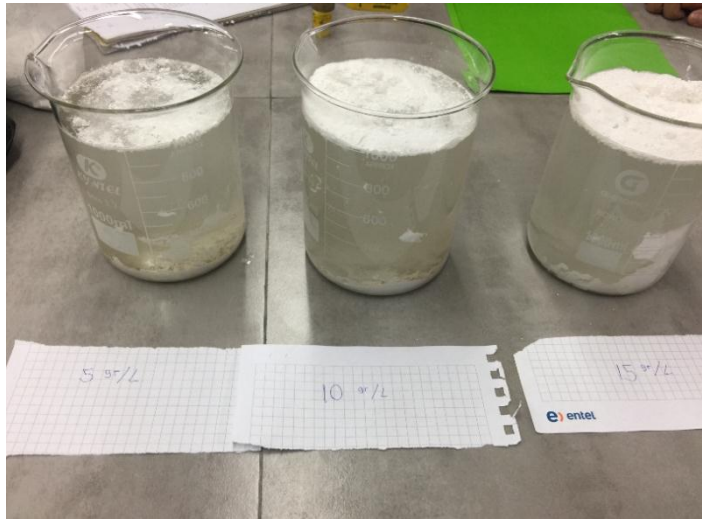


Fuente: Propia.

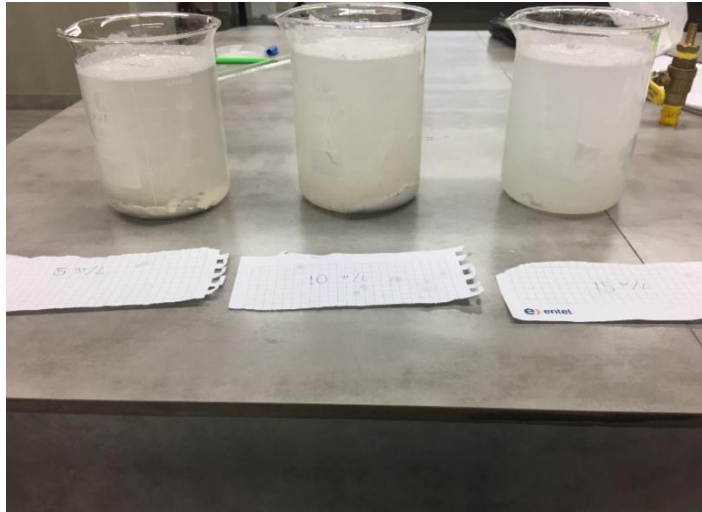


Fuente: Propia





Fuente: Propia



Fuente: Propia



FACULTAD DE INGENIERIA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL

“Uso de la zoolia para el tratamiento del agua del río Rimac en Matucana –  
Huacochiri, 2017”.

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
Ingeniera Ambiental

AUTOR  
Ricardo Roberto Krumen Ortinucha

ASESOR  
MSc. Wilber Samuel Quijano Pacheco

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Calidad y gestión de recursos naturales



Resumen de coincidencias

29 %

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

Coincidencias	Porcentaje
1 Entregado a Universidad... Trabajo del estudiante	7 %
2 repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	7 %
3 eprints.ucah.mx Fuente de Internet	2 %
4 www.acefio.org.co Fuente de Internet	1 %
5 tatiannamancpa.blogspot... Fuente de Internet	1 %
6 curacancernatural.org Fuente de Internet	1 %
7 Entregado a Universidad... Trabajo del estudiante	1 %
8 repositorio.udem.edu.co Fuente de Internet	1 %

 <b>UCV</b> UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	<b>ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD          DE TESIS</b>	Código : F06-PP-PR-02.02
		Versión : 08
		Fecha : 12-09-2017
		Página : 1 de 1

Yo, Lorgio Gilberto Valdiviezo Gonzales, docente de la Facultad de ingeniería y Escuela Profesional de ingeniería ambiental de la Universidad César Vallejo sede Lima este, revisor de la tesis titulada

"Uso de la zeolita para el tratamiento del agua del río Rímac en Matucana – Huarochirí, 2017", del estudiante RICARDO ROBERTO KNUTZEN ORIHUELA, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 29% verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

El suscrito 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.

Lima, 13 de enero del 2019.



Firma

Lorgio Gilberto Valdiviezo Gonzales

DNI: 40323063

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



# UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

## AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

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

Dr. Wilber Samuel Quijano Pacheco

A LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN QUE PRESENTA:

Ricardo Roberto Knutzen Orihuela

INFORME TÍTULADO:

“Uso de la zeolita para el tratamiento del agua del río Rímac en  
Matucana – Huarochirí, 2017”

PARA OBTENER EL TÍTULO O GRADO DE:

---

Ingeniero Ambiental

SUSTENTADO EN FECHA: 13 de diciembre 2017.

NOTA O MENCIÓN: dieciséis, 16.



Mg. Wilber Samuel Quijano Pacheco

