



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución- NoComercial-Compartirigual 2.5 Perú](http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/).

Vea una copia de esta licencia en <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN-TARAPOTO

FACULTAD DE ECOLOGÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA



“Influencia del tratamiento primario, del proceso de potabilización, en el Aluminio residual presente en el agua tratada, según sectores de abastecimiento, en la ciudad de Moyobamba”

Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Sanitario

AUTOR:

Bach. Max Brandow Arias Flores

ASESOR:

Ing. M.Sc. Marcos Aquiles Ayala Díaz

Código N° 105203

Moyobamba- Perú

2018

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN-TARAPOTO

FACULTAD DE ECOLOGÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA



“Influencia del tratamiento primario, del proceso de potabilización, en el Aluminio residual presente en el agua tratada, según sectores de abastecimiento, en la ciudad de Moyobamba”

Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Sanitario

AUTOR:

Bach. Max Brandow Arias Flores

Sustentada y aprobada el día 11 de octubre del 2018, ante el honorable jurado:

.....
Ing. M.Sc. Yrwin Francisco Azabache Liza

Presidente

.....
Blgo. Pesq. Estela Bances Zapata

Secretario

.....
Ing. M.Sc. Gerardo Cáceres Bardález

Miembro

.....
Ing. M.Sc. Marcos Aquiles Ayala Díaz

Asesor

Declaratoria de Autenticidad

Max Brandow Arias Flores, identificado con DNI N° 70464991, bachiller de la Facultad de Ecología, Escuela profesional de Ingeniería Sanitaria de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, con la tesis titulada: **“Influencia del tratamiento primario, del proceso de potabilización, en el Aluminio residual presente en el agua tratada, según sectores de abastecimiento, en la ciudad de Moyobamba”**

Declaro bajo juramento que:

1. La tesis presentada es de mi autoría.
2. He respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas. Por tanto, la tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente.
3. La tesis no ha sido auto plagiado; es decir, no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
1. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados y por tanto los resultados que se presenten en la tesis se constituirán en aportes a la realidad investigada.

De considerar que el trabajo cuenta con una falta grave, como el hecho de contar con datos fraudulentos, demostrar indicios y plagio (al no citar la información con sus autores), plagio (al presentar información de otros trabajos como propios), falsificación (al presentar la información e ideas de otras personas de forma falsa), entre otros, asumo las consecuencias y sanciones que de nuestra acción se deriven, sometiéndonos la normatividad vigente de la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto.

Tarapoto, 11 de octubre del 2018.



.....
Bach. Max Brandow Arias Flores
DNI N° 70464991

Formato de autorización **NO EXCLUSIVA** para la publicación de trabajos de investigación, conducentes a optar grados académicos y títulos profesionales en el Repositorio Digital de Tesis.

1. Datos del autor:

Apellidos y nombres:	Arias Flores Max Brandon		
Código de alumno :	105203	Teléfono:	967549485
Correo electrónico :	maximan922@gmail.com	DNI:	70464991

(En caso haya más autores, llenar un formulario por autor)

2. Datos Académicos

Facultad de:	Ecologica
Escuela Profesional de:	Ingeniería Sanitaria

3. Tipo de trabajo de investigación

Tesis	<input checked="" type="checkbox"/>	Trabajo de investigación	<input type="checkbox"/>
Trabajo de suficiencia profesional	<input type="checkbox"/>		

4. Datos del Trabajo de investigación

Título:	"Influencia del tratamiento primario, del proceso de potabilización, en el Aluminio Residual presente en el agua tratada según sectores de abastecimiento, en la ciudad de Moyobamba"
Año de publicación:	

5. Tipo de Acceso al documento

Acceso público *	<input checked="" type="checkbox"/>	Embargo	<input type="checkbox"/>
Acceso restringido **	<input type="checkbox"/>		

Si el autor elige el tipo de acceso abierto o público, otorga a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, una licencia **No Exclusiva**, para publicar, conservar y sin modificar su contenido, pueda convertirla a cualquier formato de fichero, medio o soporte, siempre con fines de seguridad, preservación y difusión en el Repositorio de Tesis Digital. Respetando siempre los Derechos de Autor y Propiedad Intelectual de acuerdo y en el Marco de la Ley 822.

En caso que el autor elija la segunda opción, es necesario y obligatorio que indique el sustento correspondiente:

6. Originalidad del archivo digital.

Por el presente dejo constancia que el archivo digital que entrego a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, como parte del proceso conducente a obtener el título profesional o grado académico, es la versión final del trabajo de investigación sustentado y aprobado por el Jurado.

7. Otorgamiento de una licencia *CREATIVE COMMONS*

Para investigaciones que son de acceso abierto se les otorgó una licencia *Creative Commons*, con la finalidad de que cualquier usuario pueda acceder a la obra, bajo los términos que dicha licencia implica

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>

El autor, por medio de este documento, autoriza a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, publicar su trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Digital de Tesis, al cual se podrá acceder, preservar y difundir de forma libre y gratuita, de manera íntegra a todo el documento.

Según el inciso 12.2, del artículo 12° del Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales - RENATI "**Las universidades, instituciones y escuelas de educación superior tienen como obligación registrar todos los trabajos de investigación y proyectos, incluyendo los metadatos en sus repositorios institucionales precisando si son de acceso abierto o restringido, los cuales serán posteriormente recolectados por el Repositorio Digital RENATI, a través del Repositorio ALICIA**".



Firma del Autor

8. Para ser llenado en la Oficina de Repositorio Digital de Ciencia y Tecnología de Acceso Abierto de la UNSM - T.

Fecha de recepción del documento:

12 / 12 / 2018



Firma del Responsable de Repositorio Digital de Ciencia y Tecnología de Acceso Abierto de la UNSM - T.

***Acceso abierto:** uso lícito que confiere un titular de derechos de propiedad intelectual a cualquier persona, para que pueda acceder de manera inmediata y gratuita a una obra, datos procesados o estadísticas de monitoreo, sin necesidad de registro, suscripción, ni pago, estando autorizada a leerla, descargarla, reproducirla, distribuirla, imprimirla, buscarla y enlazar textos completos (Reglamento de la Ley No 30035).

**** Acceso restringido:** el documento no se visualizará en el Repositorio.

Dedicatoria

Quiero dedicarle este trabajo:

A Dios: Como ser supremo creador nuestro y de todo lo que nos rodea, por guiar mis pasos y darme la oportunidad de llegar hasta aquí sin desmayar en los problemas que se me presentaban, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente.

A mis padres: Antonia Flores Huaymana y Ruben Arias Noriega, por su apoyo, consejo, comprensión, amor, porque creyeron en mí, me inculcaron a ser mejor, hoy puedo ver alcanzada mi meta, ya que siempre estuvieron impulsándome en los momentos más difíciles de mi carrera.

Agradecimiento

Quiero agradecer infinitamente:

A Dios: por haberme acompañado y guiado a lo largo de mi carrera, por ser mi fortaleza en los momentos de debilidad y por brindarme una vida llena de aprendizajes, experiencias y de mucha felicidad.

A mis padres: Antonia Flores Huaymana y Rubén Arias Noriega por apoyarme en todo momento, por los valores que me han inculcado y por haberme dado la oportunidad de tener una excelente educación en el transcurso de mi vida.

A la UNSM - Facultad de Ecología por facilitarme el uso de sus equipos para la realización de presente trabajo.

Al asesor: Ing. MSc. Marcos Aquiles Ayala Díaz, por su gran apoyo, dedicación y motivación en la elaboración de la presente investigación.

Índice general

RESUMEN.....	xii
ABSTRACT	xiii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I.....	5
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	5
1.1. Antecedentes de la Investigación.....	5
1.2. Bases Teóricas	7
1.2.1. El agua	7
1.2.2. Agua potable.....	10
1.2.3. Compuestos de aluminio en tratamientos de aguas	17
1.2.4. Marco legal	19
1.3. Definición de términos básicos	20
CAPITULO II	21
MATERIALES Y MÉTODOS	21
2.1. Materiales	21
2.2. Métodos	22
CAPITULO III.....	27
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	27
3.3. Discusión de Resultados	48
CONCLUSIONES	51
RECOMENDACIONES	52

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	53
ANEXOS.....	56
Anexo 01: tabla de usuarios.....	56
Anexo 02: panel fotográfico.....	58
Anexo 03: viviendas seleccionadas al azar ubicadas en plano catastral.....	61

Índice de Tablas

Tabla 1: Características del agua.....	8
Tabla 2: Límites Máximos Permisibles de Calidad Organoléptica.....	19
Tabla 3. Descripción de muestreos	23
Tabla 4: Cantidad de Al en la quebrada Rumiyacu (ingreso de la planta de tratamiento).....	27
Tabla 5: Monitoreo del pH.....	28
Tabla 6: Monitoreo de la turbidez.....	30
Tabla 7: Monitoreo de aluminio.....	32
Tabla 8: Monitoreo total de aluminio pH y turbidez.....	34
Tabla 9: Monitoreo del pH.....	36
Tabla 10: Monitoreo de turbidez.....	37
Tabla 11: Monitoreo de aluminio.....	39
Tabla 12: Monitoreo total de aluminio pH y turbidez.....	40
Tabla 13: Resumen de los primeros análisis	42
Tabla 14: Datos 1° análisis.....	42
Tabla 15: 1° análisis.....	43
Tabla 16: Datos 2° análisis.....	43
Tabla 17: 2° análisis.....	44
Tabla 18: Datos 3° análisis.....	45
Tabla 19: 3° análisis.....	45
Tabla 20: Datos 4° análisis.....	46
Tabla 21: 4° análisis.....	46
Tabla 22: Datos 5° análisis.....	47
Tabla 23: 5° análisis.....	47
Tabla 24: Lista de usuarios (mes 01)	56
Tabla 25: Lista de usuarios (mes 02)	57

Índice de figuras

Figura 1: Neutralización de coloides.....	14
Figura 2: Reacciones de aluminio	15
Figura 3: Procedimiento de análisis del pH	24
Figura 4: Procedimiento de análisis de turbidez	25
Figura 5: Procedimiento de análisis de aluminio	26
Figura 6: Monitoreo del pH.....	29
Figura 7: Monitoreo de la turbidez.....	31
Figura 8: Monitoreo de aluminio	33
Figura 9: Monitoreo total de aluminio y otros parámetros	35
Figura 10: Monitoreo del pH.....	36
Figura 11: Monitoreo de turbidez	38
Figura 12: Monitoreo de aluminio	39
Figura 13: Monitoreo total de aluminio y otros parámetros	41

Resumen

En la presente investigación, se ha realizado el monitoreo del aluminio residual y parámetros afines, en diversas viviendas, al cual llega agua clarificada con tratamiento convencional, en la ciudad de Moyobamba. Se midieron la turbidez, pH y aluminio. Llegando a demostrar que existe influencia del tratamiento de potabilización, en el aluminio residual, en los sectores de abastecimiento de agua potable, de la ciudad de Moyobamba, cuyo 80 % de resultados están en un rango de 0.03 mg/L y 0.117 mg/L, el 20% está por encima del 0.12 mg/L. Así mismo se identificó el registro más alto de aluminio residual en el Jr. Coronel Secada, en un monitoreo se ha detectado 0.286 mg/L de aluminio residual, muy elevado, para lo estipulado en el reglamento; por ende, a la empresa portadora de servicios de agua y saneamiento de la ciudad de Moyobamba se le recomienda la distribución adecuada del coagulante de sulfato de aluminio sólido para aguas en periodos de tiempo estacionario.

Palabras clave: aluminio, tratamiento primario, residual, sulfato de aluminio.

Abstract

In the following investigation, the monitoring of residual aluminum and related parameters has been carried out in various dwellings, to which clarified water with conventional treatment arrives, in the city of Moyobamba. The turbidity, pH and aluminum were measured.

Demonstrating that there is an influence of purification treatment, in the residual aluminum, in the sectors of drinking water supply, of the city of Moyobamba, whose 80% of results are in a range of 0.03 mg / L and 0.117 mg / L , 20% is above 0.12 mg / L. Likewise, the highest register of residual aluminum in the Jr. Coronel Secada was identified; in a monitoring, 0.286 mg / L of residual aluminum was detected, very high, for what is stipulated in the regulation; therefore, the company carrying water and sanitation services in the city of Moyobamba recommends the proper distribution of the coagulant of solid aluminum sulphate for water in periods of stationary time.

Keywords: aluminum, primary, residual treatment, aluminum sulphate.



INTRODUCCIÓN

Existen varias metodologías y tecnologías aplicadas a la depuración del agua para consumo humano, muchas de las entidades prestadoras de servicios ya sea para agua o saneamiento, utilizan en sus procedimientos las constantes formas de coagulantes artificiales, que, conforme a los miedos generados debido a los efectos secundarios, como las posibles enfermedades o reacciones inmunológicas que podamos tener otras y consecuencias de las que en la presente investigación se va a describir.

Se ha planteado la idea de determinar el grado de sedimentos y compuestos químicos que las plantas de tratamiento dejan al realizar los procesos de coagulación y floculación del agua, cierta cantidad de compuestos son generados para la inocuidad, pero estos podrían estar formando mezclas perjudiciales para la salud, que, según diversas fuentes, pueden traer enfermedades debido a los efectos secundarios.

La presente investigación, describe y relaciona la actividad realizada en las plantas de tratamiento de agua potable y las consecuencias que estos procesos pueden tener en cuanto a ciertos parámetros, como el aluminio residual elevado, por encima de los Límites Máximos Permisibles (DS 031-2010 SA) establecidos en la ley peruana, y que al ser elevados o superarlos estaríamos refiriendo a un cambio de las concentraciones en la misma planta, para de esta forma no incidir en la salud de la población Moyobambina.

Está separada en tres capítulos: el Capítulo I contiene la revisión bibliográfica relacionada con el tema en cuestión y su relevancia; el capítulo II contienen los materiales y métodos que se utilizaron en el desarrollo e la tesis de investigación, con la finalidad de tener datos reales y consistentes, para la presentación de resultados en el capítulo III.

El impacto a concretarse en la investigación es de manera positiva, para así demostrar que dichas actividades realizadas en las plantas de tratamiento de potabilización podrían o no estar influyendo de alguna manera, sin tener una política de conservación de la inocuidad. Se pretende con la información obtenida determinar y posiblemente tomar las medidas adecuadas para mitigar las falencias encontradas.

El agua de consumo tiene orígenes diferentes, y puede ser sometida a diversos procesos de potabilización que, además de la desinfección, pueden incluir filtración, coagulación-floculación, sedimentación y adsorción, entre otros. El origen y tipo de tratamiento al cual se somete el agua van a determinar la clase sustancias que ésta puede contener. (Gómez et. al, 2014).

Con estos problemas y los resultados en el agua potabilizada de la ciudad de Moyobamba, es que se puede identificar situaciones que pueden traer sus consecuencias a largo plazo, pues más son los coagulantes químicos inorgánicos como el sulfato de aluminio y el cloruro férrico, los que se utilizan para el tratamiento de purificación y clarificación del agua, cuyas ciertas proporciones y concentraciones, son utilizadas y variadas en la planta.

Uno de los más grandes desafíos que enfrenta la humanidad, es el abastecimiento de agua con propiedades fisicoquímicas y microbiológicas adecuadas para el consumo. En el proceso de potabilización se emplean sustancias químicas como coagulantes y ayudantes de coagulación. Desde el punto de vista ambiental, se ha reportado que en análisis realizado a muestras de aguas potabilizadas se han encontrado trazas de sulfato de aluminio, representando así un riesgo potencial para la salud humana (Arboleda et al, 1975).

El proceso de tratamiento de aguas, tanto potables como residuales, se basa en un tratamiento químico inicial a base de coagulantes y floculantes para remover la mayoría de contaminantes. La coagulación-floculación, es el método más importante para la remoción de partículas coloidales y suspendidas, además de reducir la turbidez del agua. Si el agua contiene sólidos en suspensión, la coagulación y la floculación pueden utilizarse para eliminar gran parte del material. (Apaza, 2004)

Por todo lo expuesto se ha formulado lo siguiente: ¿En qué medida el tratamiento primario, del proceso de potabilización influye en el aluminio residual, según sectores de abastecimiento, en la ciudad de Moyobamba?

Teniendo como objetivo general y fundamental, relacionado directamente con lo que se pretende buscar es: Determinar la influencia del tratamiento primario, del proceso de potabilización, en el aluminio residual presente en el agua tratada, según sectores de abastecimiento, en la ciudad de Moyobamba.

Así mismo tenemos como objetivos específicos el de determinar la cantidad de aluminio presente en el agua al ingreso de la planta de tratamiento, antes de la adición del coagulante, seguido se realizará el análisis de los valores después de la utilización de coagulantes como el sulfato de aluminio, en los diferentes sectores de la ciudad. Y finalmente se realizó la comparación de los valores obtenidos de aluminio, en las zonas de mayor concentración con los Límites Máximos Permisibles.

En el proceso de potabilización de las aguas, la clarificación es una de las etapas más importantes ya que permite la remoción de materiales de naturaleza coloidal en suspensión, tales como arcilla, limo y lodos. Para lograr la clarificación del agua, es necesaria la utilización de agentes coagulantes, así como coadyuvantes de coagulación, que permiten eliminar un porcentaje significativo de las partículas en suspensión (típicamente entre 80 y 90 %); este proceso es conocido como coagulación-floculación. Los agentes convencionales utilizados en la coagulación-floculación son sales metálicas, tales como el sulfato de aluminio, el cloruro férrico y el sulfato ferroso. (Moscozo, 2015)

Los coagulantes químicos se han utilizado en el proceso de potabilización del agua desde los años 60's, siendo el sulfato de aluminio $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$, mejor conocido como alumbre) y el cloruro de aluminio (AlCl_3), los más utilizados en los países en vías de desarrollo, por ser económicos, de fácil acceso y de alta efectividad para ayudar a la remoción de color, turbiedad y microorganismos patógenos, tales como bacterias y virus. (Laines et. al, 2013)

Hoy reportes indican o que en análisis realizados a muestras de aguas potabilizadas se han encontrado trazas de sulfato de aluminio, ya que este es el agente comúnmente más utilizado, (Arboleda et. al, 1975), indicando que estas están siendo utilizadas de manera desmedida y que no se está tomando en cuenta lo que de forma consecuente acarrear. La común utilización del sulfato de aluminio para los procesos de potabilización, en grandes proporciones puede estar siendo una de las causas para encontrar aluminio en mayor cantidad en el agua que consumimos a diario y esto es una preocupación.

La potabilización del agua ha originado un problema de manejo y disposición de los lodos generados durante su tratamiento. El principal problema es que estos residuos presentan un alto contenido de agua (90% aproximadamente), además de presentar una pobre capacidad

de deshidratación, particularmente aquellos que son producidos por el uso de sulfato de aluminio como coagulante.

Además, de los productos mencionados existe una serie de residuos industriales que podrían presentar algún potencial como productos coagulantes para el tratamiento de aguas tanto de consumo como residuales, como menciona Schulz y Okun, (1990) en su libro “Tratamiento de aguas superficiales para países en desarrollo”. Muchos de estos residuos representan un problema para las empresas que los generan, pues no son aprovechados y su disposición es costosa.

La presencia de aluminio residual en concentraciones mayores que 0,2 mg/L, suele ocasionar quejas de los consumidores como consecuencia de la precipitación del flóculo de hidróxido de aluminio en los sistemas de distribución y el aumento de la coloración del agua por el hierro. Por lo tanto, es importante optimizar los procesos de tratamiento con el fin de reducir al mínimo la presencia de residuos de aluminio en el sistema de abastecimiento. (Samame, 2016).

CAPÍTULO I

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1. Antecedentes de la Investigación

A. Internacionales

Gutiérrez (1999), En la tesis cuyo objetivo fue contrastar la eficacia de diferentes reactivos coagulantes para el tratamiento de potabilización del agua, en donde se ha realizado la experimentación para llegar a concluir, que, en circunstancias puntuales, el tratamiento convencional con sulfato de aluminio resulta insuficiente, para la eliminación del color y la turbidez del agua cruda, e inadecuado, por detectarse elevadas concentraciones de aluminio residual en el agua tratada.

Murillo (2011), en su trabajo de investigación se realizaron ensayos de tratabilidad con dos de los coagulantes utilizados en ésta; Sulfato de Aluminio Líquido (SAL) y Policloruro de Aluminio (PAC), de diferentes casas productoras que fueron denominadas por las letras A, B y C, respectivamente, con el fin de evaluar la influencia de éstos en el aluminio residual del agua tratada, donde ninguno de los ensayos presento valores por fuera de la norma, sin embargo sí hay una tendencia marcada cuyos datos se encuentran en el rango de 0,02 y 0,09 ppm, este rangos es bajo comparado con el rango de la caja C, 0,04 y 0,19 aproximadamente, la mediana de esta caja es aproximadamente 0,12 ppm, mientras que las medianas para las cajas A y B son 0,04 y 0,035ppm.

La función del tratamiento de agua es producir agua potable de buena calidad para uso doméstico y para aplicaciones industriales, por ello en el trabajo de investigación “Potabilización con diferentes coagulantes de Aluminio y Hierro” (Toumas, 1998). Tradicionalmente el Sulfato de Aluminio (Alumbre) fue el químico coagulante dominando el mercado de Aluminio, estando disponible en todo el mundo con un costo razonable porque fue fácil de producir, incluso en fábricas muy sencillas, producto estándar con un alto contenido de Aluminio residual, es por ello que, al tener normas de agua potable cada vez más estrictas,

es muy importante que los operadores de diferentes plantas conozcan los resultados de la tecnología moderna de coagulantes.

(Marín, 2006). El Aluminio es un elemento moderadamente frecuente en aguas naturales, puede variar su concentración allí entre 0,012 y 2,25 mg/L, siendo más alta en aguas más ácidas. Puede formar muchos complejos con aniones variados. Desde el punto de vista toxicológico parece probada su relación con la enfermedad de Alzheimer en personas sometidas a diálisis, por el incremento de Al en estos líquidos de diálisis.

Cerón (2016), ha llegado a la conclusión de que el uso de policloruro de Aluminio (PAC) en la potabilización de agua en la planta de tratamiento del municipio de Ipiiales, redujo considerablemente los niveles de Al residual en comparación al coagulante actualmente empleado, la mayoría los valores arrojados en el estudio, estaban dentro de la normatividad de que establece niveles máximos de Al en 0,2 mg/L, en comparación al Sulfato de Aluminio tipo B sólido (STBS), los valores de Al residual fueron bastante altos, lo que significa que se deberían adoptar medidas para su remoción y brindar un mejor servicio a los consumidores.

B. Nacionales

Trujillo y Guerrero (2015), en la investigación: Caracterización físico-química y bacteriológica del agua marina en la zona litoral costera de Huanchaco y Huanchaquito, Trujillo, Perú; Se evaluaron ocho estaciones de muestreo por seis meses a través de los parámetros: temperatura, pH, oxígeno disuelto, demanda bioquímica de oxígeno, cloruros, coliformes totales, fecales y *Escherichia coli*, según “Métodos normalizados para el análisis de agua potable y residuales”. Se obtuvieron valores promedio de temperatura entre 19,8 - 20,3 °C; 7,3 -7,6 pH; 8-9,23 mg/L de oxígeno disuelto; 6,67-8,86 mg/L de demanda bioquímica de oxígeno (DBO5); 223,3-245 mg/L para cloruros; 67-330 NMP/100mL para coliformes totales, 22-407 NMP/100mL para coliformes fecales y 10-233 NMP/100mL para *E. coli*. Los valores reportados no sobrepasaron los Estándares de Calidad Ambiental establecido por el Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM categoría 1- B de Aguas superficiales para recreación de contacto primario,

excepto, los parámetros de DBO5 y coliformes fecales que sobrepasaron los límites permisibles, encontrándose en Huanchaco valores promedio más altos que Huanchaquito.

(Samame, 2016). En este estudio se realizaron ensayos de tratabilidad con dos materias primas coagulantes: Sulfato de Aluminio tipo B 500 y Policloruro de Aluminio (PAC), para evaluar la influencia de los coagulantes y determinar la dosis óptima requeridas para la remoción de turbiedad, color y aluminio residual en diferentes muestras del agua tratada; el Policloruro de Aluminio es el coagulante más efectivo en los procesos de tratabilidad del agua potable del distrito de Pedro Ruíz Gallo, por demostrar buenos resultados en los ensayos con la presencia de menor aluminio residual por debajo de los límites máximo permisibles como se demuestran en tres ensayos 7; 6 y 5 (0,02; 0,04 y 0,05 ppm), demostrando que si influyen significativamente la aplicación de dos materias primas coagulantes en el aluminio residual del agua tratada del distrito de Pedro Ruiz Gallo.

1.2. Bases Teóricas

1.2.1. El agua

El ciclo natural del agua tiene una gran capacidad de purificación. Pero esta misma facilidad de regeneración del agua, y su aparente abundancia, hace que sea el vertedero habitual en el que arrojamos los residuos producidos por nuestras actividades. Pesticidas, desechos químicos, metales pesados, residuos radiactivos, etc., se encuentran, en cantidades mayores o menores, al analizar las aguas de los más remotos lugares del mundo. Muchas aguas están contaminadas hasta el punto de hacerlas peligrosas para la salud humana, y dañinas para la vida. (Murillo, 2016).

1.2.1.1. Características del agua

La presencia de sustancias químicas disueltas e insolubles en el agua que pueden ser de origen natural o antropogénico define su

composición física y química. Aunque solamente alrededor del 2% del agua de consumo público se destina a uso de boca, el consumidor es cada vez más exigente en relación al olor y sabor del agua que recibe. Estas dos características, junto con el color y la turbidez (parámetros organolépticos), son los únicos que el consumidor puede apreciar por sí mismo y cualquier cambio que percibe tiende a asociarlo a algún riesgo sanitario. Es por ello que el tema de los gustos y olores en las aguas, sean crudas o tratadas, es un tema de interés creciente para las empresas suministradoras de agua potable y para todas aquellas organizaciones involucradas en el ciclo del agua. (Arboleda, 2000).

Tabla 1

Características del agua

Tipo	Parámetro
Físicas	Turbiedad, Color, Olor, Sabor, Temperatura, Sólidos, Conductividad.
Químicas	pH, Dureza, Acidez/ alcalinidad, Fosfatos, sulfatos, Fe, Mn, Cloruros, Oxígeno disuelto, Grasas y/o aceites, Amoníaco.
Biológicas y Microbiológicas	Nitratos, Pesticidas, etc. Protozoarios (patógenos), Helmintos (patógenos), Coliformes fecales, Coliformes totales.

Fuente: Arboleda, 2000.

Las características propias de cada fuente de agua permiten su clasificación: agua potable, agua servida, agua residual industrial, aguas negras, etc.; permiten su uso: para consumo, riego, refrigeración, producción de vapor, como disolvente etc. y permiten su comparación en cuanto a la calidad que presenten para la misma aplicación. (Arboleda, 2000).

El agua para consumo humano es la más estudiada de acuerdo a sus características, debido al impacto que tiene sobre la salud y después de investigar las causas de epidemias mundiales que fueron causadas por aguas contaminadas, devastando grandes centros urbanos, se llegan a plantear valores máximos permisibles de diferentes características. (Murillo, 2016).

Parámetros Físicos:

Turbiedad

Se conoce como turbiedad a la capacidad que tiene el material suspendido en el agua para obstaculizar el paso de la luz. (Sierra, 2011).

Color

Aunque está íntimamente ligado a la turbiedad, el color en el agua puede considerarse como una característica independiente. Mientras que la turbiedad se considera ocasionada por partículas de gran tamaño (diámetros $> 10^{-3}$ mm), el color se considera generado por sustancias disueltas y por los coloides. (Sierra, 2011).

Olor y sabor

Se mencionan en conjunto por estar íntimamente ligados. Los olores y sabores en el agua están asociados con la presencia de sustancias indeseables causando el rechazo del consumidor. Los olores y sabores objetables se pueden deber a la presencia del plancton, compuestos orgánicos generados por la actividad de las bacterias y algas, a los desechos industriales o a la descomposición de la materia orgánica. (Sierra, 2011).

Parámetros químicos

pH

El pH es el término utilizado para expresar la intensidad de las condiciones ácidas o básicas del agua.

Demanda química de oxígeno (DQO)

La DQO, es una prueba ampliamente utilizada para determinar el contenido de materia orgánica de una muestra de agua. A diferencia de la DBO, en esta prueba la materia orgánica es oxidada utilizando una sustancia química y no microorganismos. (Sierra, 2011).

1.2.2. Agua potable

Se entiende por agua tratada aquella a la cual se le han variado o cambiado sus características físicas, químicas y biológicas con el propósito de utilizarla en algún uso benéfico. La calidad del agua tratada depende del uso que se le vaya a asignar o a dar. Por ejemplo, la calidad del agua para consumo humano o la utilizable para riego tienen una calidad diferente a la calidad del agua requerida por un determinado sector industrial. (Sierra, 2011).

Se considera agua potable toda agua natural o de tratamiento que cumpla con todas las normas de calidad establecidas para tal fin, basadas en estudios epidemiológicos, toxicológicos y consideraciones estéticas. El agua potable se produce a partir del tratamiento del agua que proviene de aguas superficiales, subterráneas, atmosféricas, océanos, glaciares, lagunas, mares, entre otros. Para alcanzar los niveles mínimos de calidad de agua exigidos por las normativas locales y nacionales es necesaria que estas aguas sean sometidas a un conjunto de operaciones unitarias que componen el proceso de potabilización. Generalmente este tratamiento es realizado en Plantas de Tratamiento de Agua Potable. (Barajas et. al, 2015).

Aspectos generales de las tecnologías para potabilización del agua

Todo proceso de potabilización de agua plantea dos propósitos centrales: la remoción de sólidos, para mejorar el aspecto físico (disminuir la turbidez) del líquido el primero y la remoción, reducción o inactivación de organismos nocivos para la salud del consumidor-el segundo. Estos dos propósitos tienen relación con el contenido de material sólido presente en el agua de una fuente superficial, comúnmente utilizada en el abastecimiento de agua. (Murillo, 2016).

Procesos de potabilización del agua

El proceso de potabilización tiene como objetivo la conversión del agua desde su estado natural hacia agua potable. Este proceso es complejo y costoso, y se lleva a cabo en la Planta de tratamiento de Agua Potable EPS, Moyobamba.

A continuación, se presentan las etapas por las que debe pasar el agua, a efectos de llegar en las condiciones adecuadas para su consumo en los hogares:

a) Captación:

En esta etapa el agua se extrae desde las fuentes naturales, que generalmente son los ríos, donde la misma se encuentra en estado crudo o natural. Por ejemplo, en la capital de nuestra Provincia se capta el agua de los ríos Potrero de Uruburu, Lesser y San Lorenzo, entre otros. (Aguas del norte, 2011)

b) Canalización:

Una vez que el agua ha sido captada, debe ser conducida hacia la Planta Potabilizadora. Para ello pueden utilizarse dos tipos de sistemas: aducción o impulsión. (Aguas del norte, 2011)

Aducción:

El agua se transporta por gravedad (por su propio peso) ya que la fuente abastecedora está a un nivel más elevado que la Planta Potabilizadora.

Impulsión:

El transporte del agua se realiza mediante bombas, ya que la fuente está más baja que la Planta. (Aguas del norte, 2011)

c) Coagulación:

En esta etapa, se agrega coagulante como sustancia química para la desinfección y purificación, ocasionando que la arcilla que contiene el agua captada, se agrupe en partículas de mayor tamaño y peso, cambiando el comportamiento de las partículas en suspensión. (SAMSA, 2008)

d) Floculación:

El agua posee sustancias o partículas que se encuentran en suspensión. Para que estas partículas puedan eliminarse, deben ser sometidas a un proceso químico

denominado floculación. En este proceso se aplican agentes químicos, denominados coagulantes, que producen que estas partículas se unan formando los “flocs” o flóculos. Esta aglomeración de partículas, al ser más pesada que cada partícula individual, se asienta, eliminando la turbiedad y permitiendo que el agua pueda clarificarse. (Aguas del norte, 2011)

1.2.2.1. Método convencional

La tecnología convencional incluye los procesos de coagulación, floculación, decantación, filtración y desinfección.

Coagulación química del agua

La coagulación química puede definirse como un proceso unitario utilizado para causar la coalescencia o agregación de material suspendido no sedimentable y partículas coloidales del agua y de aguas residuales; es el proceso por el cual se reducen las fuerzas repelentes existentes entre partículas coloidales para formar partículas mayores de buena sedimentación. (Murillo, 2016).

El proceso consiste en la adición de sustancias químicas al agua, su distribución uniforme en ella y la formación de un flóculo fácilmente sedimentable. La coagulación prepara el agua para la sedimentación, incrementa grandemente la eficiencia de los sedimentadores y tiene como función principal desestabilizar, agregar y unir las sustancias coloidales presentes en el agua. El proceso remueve turbiedad, color, bacterias, algas y otros organismos planctonicos, fosfatos y sustancias productoras de olores y sabores. (Murillo, 2016).

Coagulantes

En general, coagulantes son aquellos compuestos de hierro o aluminio capaces de formar un flóculo y que pueden efectuar coagulación al ser añadidos al agua. Por otra parte, los ayudantes de coagulación son sustancias que producen poco o ningún flóculo al ser usadas solas, pero mejoran los resultados obtenidos con simples coagulantes. (Murillo, 2016).

La popularidad de los coagulantes de aluminio y hierro surge no solo de su efectividad como coagulantes, sino también de su disponibilidad y relativo bajo costo. La efectividad de estos coagulantes surge principalmente por su habilidad de formar complejos polinucleares multicargados en solución con mayores características de adsorción. La naturaleza de formación de estos complejos puede ser controlada por el pH del sistema. (Romero, 2002).

Los productos químicos que se utilizan normalmente en la coagulación son alúmina (sulfato de aluminio), cloruro férrico, aluminato de sodio, sulfato ferroso y cal. La alúmina es el coagulante de uso más extendido. Entre las ayudas de coagulación se incluye el cloruro de magnesio, el aluminato de sodio, la sílice activa, el almidón y gran número de polielectrólitos de masa molecular alta. (Pradilla, 1994).

Clases de coagulantes

Los coagulantes se pueden clasificar en dos grupos: los polielectrolitos o ayudantes de coagulación y los metálicos. Ambos grupos actúan como polímeros a pesar de la carga eléctrica que poseen. (Samame, 2016).

Polielectrolitos

Un polímero es una sustancia formada por una cantidad de unidades básicas llamadas monómeros unidas por enlaces covalentes que se repiten sucesivamente. Su grado de polimerización está dado por el número de monómeros que conforman su cadena polimérica. (Samame, 2016).

Todos los monómeros capaces de formar polímeros deben tener por lo menos dos núcleos activos para que la macromolécula formada pueda conservar su configuración inicial. Cuando las cadenas poliméricas tienen múltiples grupos funcionales activos se denominan polielectrolitos que son compuestos orgánicos sintéticos que tienen la habilidad de causar la agregación de suelos y sólidos finamente divididos en suspensiones acuosas. (Samame, 2016).

Coagulantes metálicos

Se clasifican en tres tipos: sales de aluminio, sales de hierro y compuestos varios. Las sales de aluminio más conocidas son el sulfato de aluminio, el sulfato de aluminio amoniacal y el cloruro de polialuminio. (Romero, 2009).

- Sulfato de Aluminio (alumbre)

El sulfato de aluminio es el coagulante estándar usado en tratamientos de aguas. El producto comercial tiene usualmente la fórmula $Al_2(SO_4)_3 \cdot 14H_2O$. Se obtiene de la digestión de minerales de bauxita con ácido sulfúrico.

El material es empacado en diversas formas: en polvo, molido, en terrones, en granos parecidos al arroz y en forma líquida. (Romero, 2009).

Cuando se añaden soluciones de sulfato de aluminio al agua, las moléculas se disocian en Al^{+3} y SO_4^{-4} .

El Al^{+3} puede combinarse con coloides cargados negativamente para neutralizar parte de la carga de la partícula coloidal.

Este hidróxido de aluminio es de carácter coloidal, ya que absorbe iones positivos en solución para formar un sol cargado positivamente. Dicho sol neutraliza la carga de los coloides negativos y ayuda a completar la aglomeración.

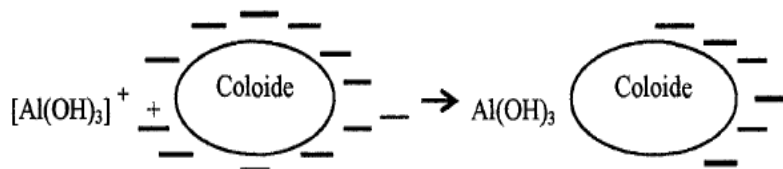
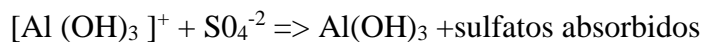


Figura 1: Neutralización de coloides. (Fuente: Romero 2009).

Casi siempre se forma un exceso de solución de hidróxido de aluminio y su destrucción y precipitación se logra mediante los iones sulfato y otros iones negativos presentes en el agua.



Con respecto a los coagulantes de hierro y a los de aluminio se puede afirmar que los cationes metálicos reaccionan inmediatamente con el agua para formar iones acuimetálicos e hidrógeno; los aniones permanecen libres o combinados con otros cationes. Con el alumbre ocurren las siguientes reacciones (**Romero, 2009**):

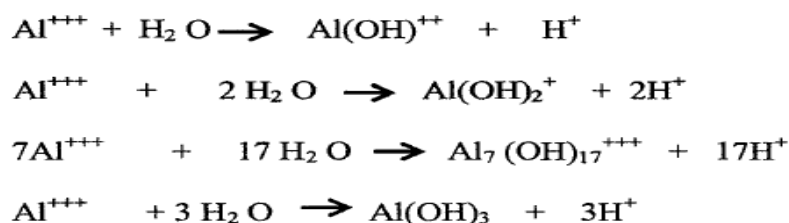
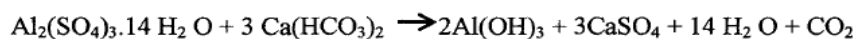


Figura 2: Reacciones de aluminio. (Fuente: **Romero 2009**).

El sulfato de aluminio debe distribuirse a través de toda la masa de agua rápidamente, con el fin de que se logre el contacto con todas las partículas coloidales antes de que se presente la formación de las especies menos deseables. Esto se logra mediante una mezcla instantánea que provea una buena distribución del coagulante en el menor tiempo posible. Durante la floculación se completa la aglomeración de las partículas y crecen los flocs hasta una condición adecuada para su sedimentación. Durante la sedimentación el floc se asienta para dejar un líquido clarificado. Cuando se añade sulfato de aluminio al agua este reacciona con la alcalinidad natural del agua para formar floc de hidróxido de aluminio (**Romero, 2009**):



Las ventajas de un coagulante de **Policloruro de Aluminio (PAC)** son muchas. El pH óptimo de la coagulación puede ser más alto que cuando se usa el Alum. El pH de la coagulación puede ser el mismo de la distribución en aguas con alcalinidad alta. Muchas veces es

posible usar el PAC sin alcalinización en el proceso de coagulación. La remoción de las sustancias orgánicas es mejor con el PAC en comparación con el Alum. Problemas con agua fría y con un proceso demasiado lento de la formación de flóculos pueden muchas veces ser resueltos con el PAC porque reacciona más rápido que el Alum. Varios diferentes grados de coagulantes de PAC han sido desarrollados durante las últimas décadas. Los productos pueden tener una basicidad diferente, pueden tener presentación líquida o sólida o parte del grupo de cloruros puede ser sustituido por sulfatos. Si se adiciona un floculante con el coagulante polimerizado una floculación muy rápida es posible con una muy baja dosis de químicos. (Toumas, 1998).

Dosificación

Uno de los detalles más importantes en una planta de tratamiento de agua potable es el punto de dosificación del coagulante inorgánico. Para obtener la mejor eficiencia es muy importante tener una excelente mezcla en el punto de mezcla rápida donde se dosifica el coagulante. El primer segundo después de la dosificación es el tiempo más importante para el proceso de coagulación. En este respecto diferentes coagulantes tienen diferentes velocidades de reacción, y pueden tener un buen comportamiento aún con una mezcla menor. Especialmente los productos PAC son conocidos por su alta velocidad de reacción y una coagulación más rápida. (Toumas, 1998).

Tradicionalmente la dosificación ha sido un proceso relativamente manual. Hoy en día existen equipos modernos de dosificación, con automatización tanto para productos sólidos como para productos líquidos. También se debe de conocer y medir las cantidades exactas y la calidad del influente, y estos datos se pueden computarizar y enviar como instrucciones directamente para el equipo de dosificación. Pero no importa que tan moderno es el equipo de dosificación, aún el operador siempre tiene que conocer el proceso y

estar listo a actuar según las necesidades de la planta cuando la calidad del agua cambia. (Toumas, 1998).

1.2.3. Compuestos de aluminio en tratamientos de aguas

Todas las aguas contienen aluminio. En aguas neutras está presente como compuestos insolubles, y en aguas altamente ácidas o alcalinas se puede presentar en solución. Algunos estudios epidemiológicos han investigado la posible relación entre el aluminio en el agua y la Enfermedad de Alzheimer. Estos muestran resultados muy diversos, sobre todo por la dificultad de corregir todos los muchos factores que influyen en el resultado. Un estudio reciente (2008) realizado en Canadá, cuyos autores han tratado de controlar todos los otros factores, no muestra ninguna relación entre el contenido de aluminio del agua. Hay que tener en cuenta en cualquier caso que el aluminio contenido en el agua representa menos del 1 % de la ingesta diaria de aluminio. (AEA, 2008).

1.2.3.1. Hidrólisis de las sales de aluminio

Cuando una sal de aluminio se agrega al agua, se desencadena una serie de reacciones con la alcalinidad, el agua y los iones presentes en ella, de acuerdo con procesos de hidrólisis y polimerización.

El sulfato de aluminio $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$, es un polvo color marfil, ordinariamente hidratado. Cuando está en solución se encuentra hidrolizado, esto es, asociado con el agua, tomando la forma de $[\text{Al}(\text{H}_2\text{O})_6]^{+3}$, actuando como un ácido por ser donador de protones. El aluminio hidratado tiene la propiedad de reaccionar primero con la alcalinidad del agua, causando un consumo de la misma y un descenso en el pH, y cuando la alcalinidad se consume, el ion hidratado de aluminio reacciona con el agua, que es una base débil.

Todos los iones de aluminio hidratados como los compuestos poliméricos, pueden ser rápidamente adsorbidos por las partículas presentes en el agua, produciendo su desestabilización. Los hidróxidos de aluminio son, por el contrario, menos efectivos como coagulantes. (Murillo, 2016).

1.2.3.2. Efectos del aluminio residual en el agua tratada.

Este uso puede incrementar la concentración de aluminio en el agua tratada; una concentración residual alta puede conferir al agua color y turbidez no deseables. La concentración de aluminio que da lugar a estos problemas es, en gran medida, función de varios parámetros de calidad del agua y factores relativos al funcionamiento de la planta de tratamiento del agua. La principal vía de exposición al aluminio de la población general es el consumo de alimentos, sobre todo de los que contienen compuestos de aluminio utilizados como aditivos alimentarios. La contribución del agua de consumo a la exposición total por vía oral al aluminio suele ser menor que el 5% de la ingesta total. **(FTF, 2003).**

Al parecer, el ser humano absorbe mal el aluminio y sus compuestos, aunque la tasa y grado de absorción no se han estudiado adecuadamente para todos los sectores de la población. El grado de absorción del aluminio es función de varios parámetros, como el tipo de sal de aluminio administrada, el pH (que influye en la especiación y solubilidad del aluminio), la biodisponibilidad y factores nutricionales. Estos parámetros deben tenerse en cuenta en la dosimetría de tejidos y evaluación de la respuesta. Debido a estas consideraciones específicas acerca de la toxicocinética y toxicodinámica del aluminio, no es adecuado determinar un valor de referencia basado en los estudios con animales disponibles actualmente. **(FTF, 2003).**

Hay escasos indicios de que la ingestión de aluminio por vía oral produzca toxicidad aguda en el ser humano, a pesar de la frecuente presencia del elemento en alimentos, agua de consumo y numerosos antiácidos. **(FTF, 2003).**

En definitiva, la correlación positiva entre el aluminio del agua de consumo y la enfermedad de Alzheimer, detectada en varios estudios epidemiológicos, no se puede descartar totalmente. No obstante, es preciso plantear reservas importantes respecto de la inferencia de una relación causal, dado que estos estudios no han tenido en cuenta factores

de confusión demostrados ni la ingesta total de aluminio de todas las fuentes. En su conjunto, los riesgos relativos de enfermedad de Alzheimer por exposición a concentraciones de aluminio en el agua de consumo mayores que 100 µg/L, según determinan estos estudios, son bajos (menores que 2,0). Pero, dado que las estimaciones del riesgo son imprecisas, por diversos motivos de tipo metodológico, no se puede calcular con precisión un riesgo atribuible poblacional. Estas predicciones imprecisas pueden, no obstante, ser útiles para adoptar decisiones relativas a la necesidad de controlar la exposición al aluminio de la población general. (OMS, 2003).

1.2.4. Marco legal

Reglamento de calidad de agua para consumo humano

El reglamento de la calidad de agua para Consumo Humano (D.S. 031- 2010 SA.) Este reglamento, a través de sus 10 títulos, 81 artículos.

Tabla 2

Límites Máximos Permisibles de Calidad Organoléptica

Parámetros	Unidad de medida	Límite Máximo Permisible
Olor	--	Aceptable
Sabor	--	Aceptable
Color	UCV escala Pt/Co	15
Turbiedad	UNT	5
pH	Valor de pH	6.5 a 8.5
Conductividad	micro/cm	1500
Sólidos totales disueltos	mg/L	1000
Cloruros	mg/L	250
Sulfatos	mg/L	250
Dureza total	mg/L	500
Amoníaco	mg/L	1.5
Hierro	mg/L	0.3
Manganeso	mg/L	0.4
Aluminio	mg/L	0.2
Cobre	mg/L	2
Zinc	mg/L	3

Fuente: (Reglamento de la calidad de agua para consumo humano- MINSA, 2010).

UCV = Unidad de color verdadero

UNT = Unidad nefelométrica de turbiedad

1.3. Definición de términos básicos

Agua cruda; Es aquella agua, en estado natural, captada para abastecimiento que no ha sido sometido a procesos de tratamiento. (Reglamento de la calidad de agua para consumo humano, 2010)

Agua tratada; aquella a la cual se le han variado o cambiado sus características físicas, químicas y biológicas con el propósito de utilizarla en algún uso benéfico. La calidad del agua tratada depende del uso que se le vaya a asignar o a dar. Por ejemplo, la calidad del agua para consumo humano o la utilizable para riego tienen una calidad diferente a la calidad del agua requerida por un determinado sector industrial. (Sierra, 2011).

Agua; sustancia química compuesta de 2 átomos de hidrógeno y 1 de oxígeno y que puede presentarse en cualquiera de los tres estados: líquido, gas (vapor) y sólido (hielo). (Sierra, 2011).

Alcalinidad; La alcalinidad significa la capacidad tapón del agua; la capacidad del agua de neutralizar, evitar que los niveles de pH del agua lleguen a ser demasiado básico o ácido. (Reglamento de la calidad de agua para consumo humano, 2010)

Flóculos: Grumo de materia orgánica formado por agregación de sólidos en suspensión. (Reglamento de la calidad de agua para consumo humano, 2010)

CAPITULO II

MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Materiales

Análisis de pH:

- pH metro
- Agua destilada
- Vaso precipitado de 50 mL
- Papel toalla
- Muestra de agua

Análisis de turbidez:

- Turbidímetro
- Agua destilada
- Papel toalla
- Muestra de agua

Análisis de aluminio:

- DR 900 + frascos
 - Reactivos (ácido ascórbico- bleaching3)
 - Probeta de 50 mL
 - Vasos precipitados de 25 mL
 - Bagueta
 - Agua destilada
 - Papel toalla
 - Muestra de agua
-

2.2. Métodos

Contrastación de hipótesis

H1: El tratamiento primario, del proceso de potabilización influye significativamente en el aluminio residual, según sectores de abastecimiento, en la ciudad de Moyobamba.

H0: El tratamiento primario, del proceso de potabilización no influye en el aluminio residual, según sectores de abastecimiento, en la ciudad de Moyobamba.

Determinación de los Puntos de Muestreo.

Se tomó en cuenta:

- ✓ Referenciación y ubicación en un plano catastral de la ciudad de Moyobamba para evaluar los diferentes sectores de abastecimiento de agua potable.
- ✓ Caracterizó el tipo de potabilización que recibe el agua que llegara a diferentes sectores de la ciudad.

Toma de muestras

Mediante la técnica al azar se realizó la elección de las viviendas donde se recogió y analizó las muestras. (**Método del balotario**)

- ✓ Se realizó la caracterización de la cantidad de muestras que se realizaran, utilizando la siguiente formula:

Formula, tomando como referencia a la guía para la construcción de muestras (Contraloría, 2012) para el cálculo del número de viviendas en las que se evaluarán, la siguiente formula:

$$n = \frac{N * Z^2 * E(1 - E)}{(N - 1) * \text{precisión} + Z^2 * E(1 - E)}$$

Donde:

n = Población muestral, para ser seleccionada aleatoriamente.

Precisión= 0.03 (3%)

E = Error permisible 0.03 (3%)

N = Población universal (500 viviendas aproximadamente)

Z^2 = Nivel de confianza (95%)

Reemplazando la formula universal, con los datos a estudiar:

$$n = \frac{500 * 95 * 0.03(1 - 0.03)}{(500 - 1) * 0.03 + 95 * 0.03(1 - 0.03)} = 26 \text{ viviendas}$$

Como resultado de nuestra población muestral se obtiene 26 viviendas de las cuales se han evaluado 18 viviendas, relacionada al consumo de agua por persona. Tomando en cuenta que sería uno por cada casa.

- ✓ Toma de muestra para análisis en laboratorio; colectadas en frascos de vidrio de 100 mL., de capacidad previamente esterilizados.
- ✓ Se realizaron la toma de muestras con ciertos intervalos de tiempo, representadas por las condiciones climáticas de la zona, por cada vivienda seleccionada, en un lapso de 2 (Meses) meses, verificándose el adecuado llenado, etiquetado y traslado hasta el laboratorio donde se realizó el análisis, se realizó de la siguiente manera:

Tabla 3

Descripción de muestreos

N° de muestreos	Fecha	Condición climática
18 muestras	25-03-2018	Lluvioso
13 muestras	15-04-2018	Lluvioso
2 muestras	17-04-2018	Soleado
3 muestras	24-04-2018	Soleado

Análisis de muestras

Procedimientos:

Análisis de pH:

1. Preparamos el vaso precipitación, lo enjuagamos con el agua destilada y secamos con el papel toalla.
2. Ponemos 40 mL de la muestra en el vaso de precipitación de 50mL.
3. Comenzamos a medir con el pHmetro.



Figura 3: Procedimiento de análisis del pH

Análisis de turbidez:

1. Enjuagamos el frasco con el agua destilada.
2. Vertemos la muestra de agua en el frasco y limpiamos con el papel toalla.
3. Colocamos el frasco en el turbidímetro y analizamos.



Figura 4: Procedimiento de análisis de turbidez

Análisis de aluminio:

1. Enjuagamos la probeta con agua destilada y los dos vasos de precipitación que se utilizaron.
2. Introducimos 50 mL de la muestra de agua en la probeta.
3. En el vaso de 50 mL de la muestra añadimos el ácido ascórbico y el amortiguador.
4. Dividimos los dos vasos con muestra en dos frascos de 10 mL a cada uno con la sustancia ya disuelta.
5. Introducimos en los frasquitos y ahí introducimos el bleaching 3 en uno de los frasquitos. (muestra en blanco-muestra para el análisis)
6. Dejamos reposar por 25 min y después se procedió al análisis.

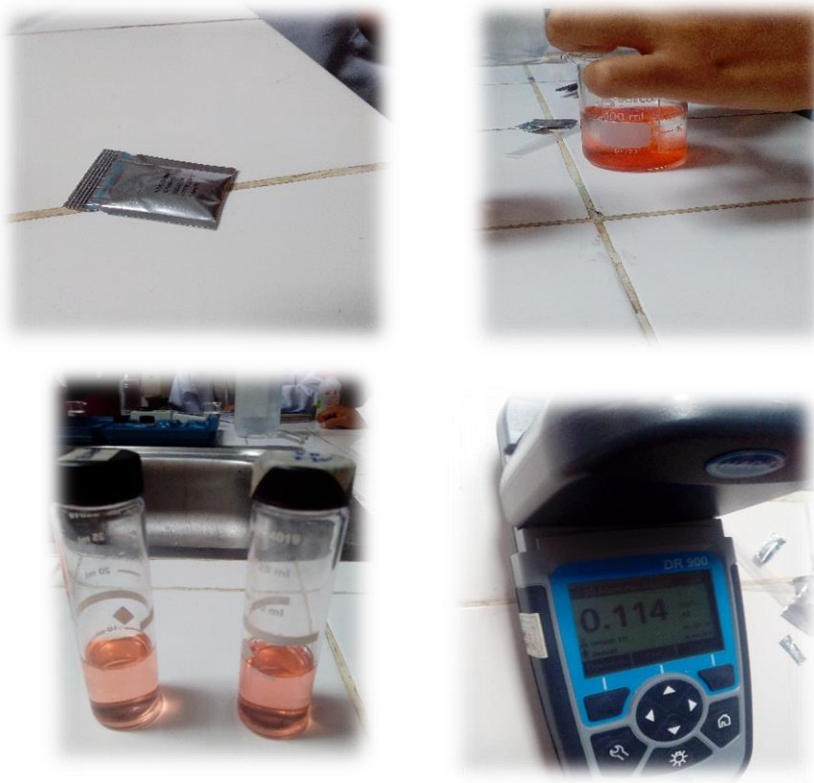


Figura 5: Procedimiento de análisis de aluminio

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Parámetros registrados en diferentes zonas de la ciudad de Moyobamba, a la salida de la planta de tratamiento de agua potable, tratadas con tratamiento convencional para consumo humano:

Tabla 4

Cantidad de Al en la quebrada Rumiyacu (ingreso a la planta de tratamiento)

PARAMETRO	UNIDAD	VALOR
Aluminio	mg/L	0.025

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Interpretación:

El análisis realizado en las fechas iniciales a la recolección de muestras de cada vivienda, ha demostrado como parámetro fundamental de estudio al aluminio presente naturalmente en aguas superficiales, como un parámetro bajo con relación a lo permitido e las normal peruanas ya establecidas; como parte del agua de la quebrada que ingresa a la planta de tratamiento convencional (EPS- Moyobamba), podemos decir que consta de un valor muy bajo al tener 0.025 mg/L en su caracterización y al ser destinada al consumo humano, se observa alterada al realizarse los procesos de coagulación y floculación en la planta de tratamiento de agua potable, pues en los siguientes análisis se determinó que llegó a superar su valor, ya en la red de distribución el parámetro estudiado.

En los siguientes análisis se realizaron un conjunto de muestreos en las viviendas que es hasta donde llega la distribución del agua potable en la ciudad de Moyobamba, realizadas en dos meses.

Primer mes:

Tabla 5

Monitoreo del pH

ITEM	Dirección	Parámetros pH Unidad de pH
1	Jr. Reyes Guerra con Jr. Bolívar	6.9
2	20 de abril- cuadra 10.	7
3	Jr. Reyes Guerra- cuadra 6	6.6
4	Jr. Oscar Benavides- cuadra 5; #572	6.5
5	Jr: Esperanza N° 629	6.6
6	Jr. Reyes Guerra- Cuadra 1	6.7
7	Jr: Bolívar- cuadra 7	6.9
8	Jr.: Sucre- Lote 5	6.6
9	Jr. Junín cuadra 9 #689	7.1
10	Jr. Del Mayo	8.1
11	Jr. Varacachillo cdra 2	6.9
12	Jr. Oscar Benavides Cdra. 4	6.6
13	Jr. Coronel Secada cuadra 11	6.5
14	Jr. Oscar Benavides N°549	7
15	Jr: Oscar Benavides- cuadra 4	7.7
16	Jr. Oscar Benavidez cuadra 6 n° 633	7.5
17	Jr: libertad- cuadra 6	7.2
18	Jr. Piura cuadra 4	7.2

Fuente: Elaboración propia, 2018.



Figura 6: Monitoreo del pH

Interpretación:

Se ha realizado el análisis del potencial de hidrógeno a la salida de la planta de tratamiento de agua potable, considerando que es un parámetro relacionado a la inyección de coagulantes metálicos que contienen aluminio en su composición, (sulfato de aluminio), y que se presumen ácidos los cuales pueden variar el pH del agua tratada, que si nos acomodamos a las normas establecida como límites máximos permisibles deben estar en una categoría de 6.5- 8.5 de unidad pH, así pues se puede observar que en el jr. Oscar Benavides con 6.5 pH se encuentra pH cercano a establecerse como un ácido y sin cumplir la norma, de esta misma forma podemos decir que está al límite básico en el jr. del mayo donde llega a 8.1 de pH

Con esto podemos decir que el agua al ser tratada no llega de la misma forma a toda la red, la cual puede estar influenciada por la distancia, el tiempo y la retención en las tuberías, también se podría decir que en la misma planta de tratamiento puede haber variación en la cantidad de coagulante que se está utilizando.

Tabla 6

Monitoreo de la turbidez

ITEM	Dirección	Parámetros
		Turbidez UNT
1	Jr. Reyes Guerra con Jr. Bolívar	3.41
2	20 de abril- cuadra 10.	6.65
3	Jr. Reyes Guerra- cuadra 6	2.45
4	Jr. Oscar Benavides- cuadra 5; #572	2.3
5	Jr: Esperanza N° 629	4.69
6	Jr. Reyes Guerra- Cuadra 1	2.35
7	Jr: Bolívar- cuadra 7	7.1
8	Jr.: Sucre- Lote 5	2.56
9	Jr. Junín cuadra 9 #689	2.53
10	Jr. Del Mayo	6.75
11	Jr. Varacachillo cdra 2	4.59
12	Jr. Oscar Benavides Cdra. 4	2.68
13	Jr. Coronel Secada cuadra 11	2.6
14	Jr. Oscar Benavides N°549	7.17
15	Jr. Oscar Benavides- cuadra 4	1.86
16	Jr. Oscar Benavidez cuadra 6 n° 633	2.51
17	Jr. libertad- cuadra 6	2.14
18	Jr. Piura cuadra 4	4.42

Fuente: Elaboración propia, 2018.

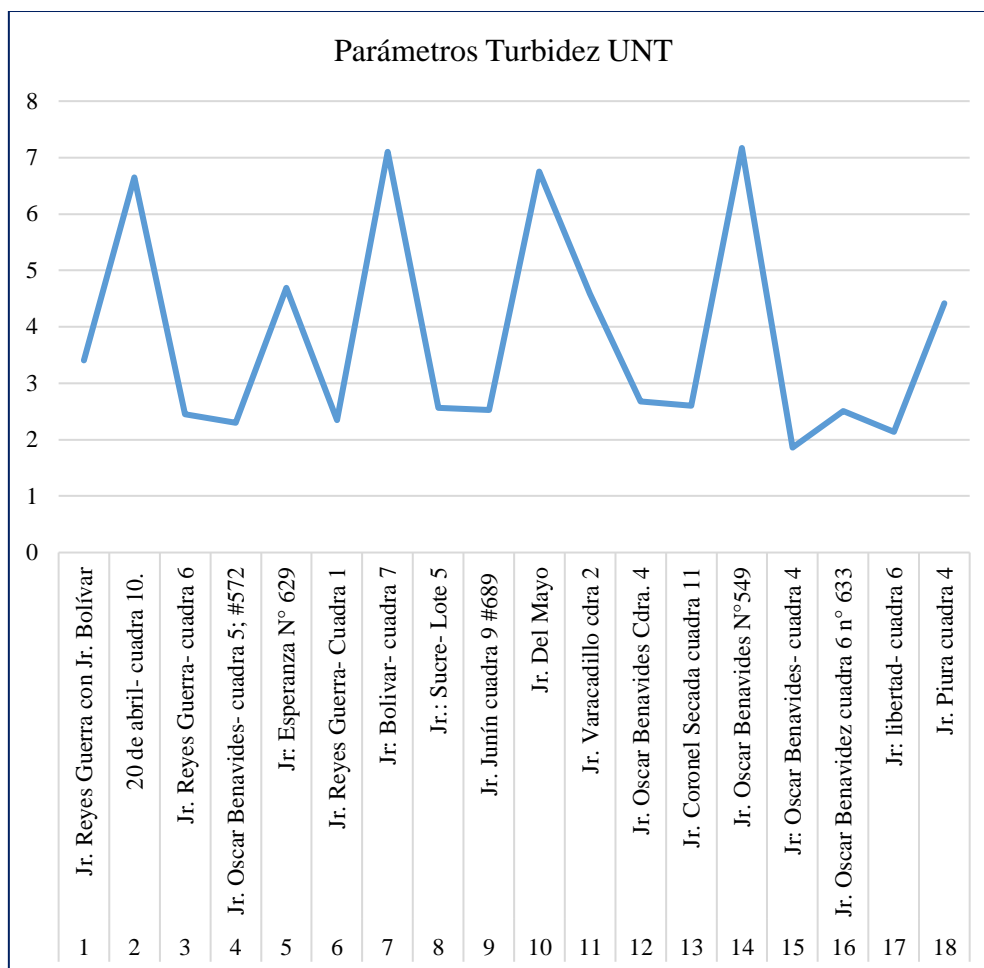


Figura 7: Monitoreo de la turbidez

Interpretación:

En la figura se muestra el análisis de la turbidez, en las mismas direcciones de la red de distribución de agua a la salida de la planta de tratamiento de agua potable, considerando que es un parámetro relacionado a la inyección de coagulantes metálicos que contienen aluminio en su composición, (sulfato de aluminio – $Al_2(SO_4)_3$), y que se presumen ácidos los cuales pueden variar la cantidad de partículas y sedimentos que provocan la turbidez en el agua tratada, que si nos acomodamos a las normas establecida como límites máximos permisibles deben estar en una categoría de 5 unidades nefelométricas de turbidez UNT, así pues se puede observar que en el jr. 20 de abril con 6.65 UNT, jr. bolívar con 7.1 UNT, jr. del mayo con 6.75 UNT y en el jr. Oscar Benavides con 7.17 UNT no están cumpliendo la norma, del reglamento DS. 010-2010 SA de los Límites Máximos Permisibles.

Con esto podemos decir que el agua al ser tratada no llega de la misma forma a toda la red, la cual puede estar influenciada por la distancia, el tiempo y la retención en las tuberías, también se podría decir que en la misma planta de tratamiento puede haber variación en la cantidad de coagulante que se está utilizando.

Tabla 7

Monitoreo de aluminio

ITEM	Dirección	Parámetros Aluminio mg/L
1	Jr. Reyes Guerra con Jr. Bolívar	0.089
2	20 de abril- cuadra 10.	0.254
3	Jr. Reyes Guerra- cuadra 6	0.127
4	Jr. Oscar Benavides- cuadra 5; #572	0.121
5	Jr. Esperanza N° 629	0.108
6	Jr. Reyes Guerra- Cuadra 1	0.034
7	Jr. Bolívar- cuadra 7	0.035
8	Jr.: Sucre- Lote 5	0.025
9	Jr. Junín cuadra 9 #689	0.162
10	Jr. Del Mayo	0.066
11	Jr. Varacadillo cdra 2	0.147
12	Jr. Oscar Benavides Cdra. 4	0.123
13	Jr. Coronel Secada cuadra 11	0.161
14	Jr. Oscar Benavides N°549	0.034
15	Jr: Oscar Benavides- cuadra 4	0.121
16	Jr. Oscar Benavidez cuadra 6 n° 633	0.148
17	Jr: libertad- cuadra 6	0.098
18	Jr. Piura cuadra 4	0.124

Fuente: Elaboración propia, 2018.

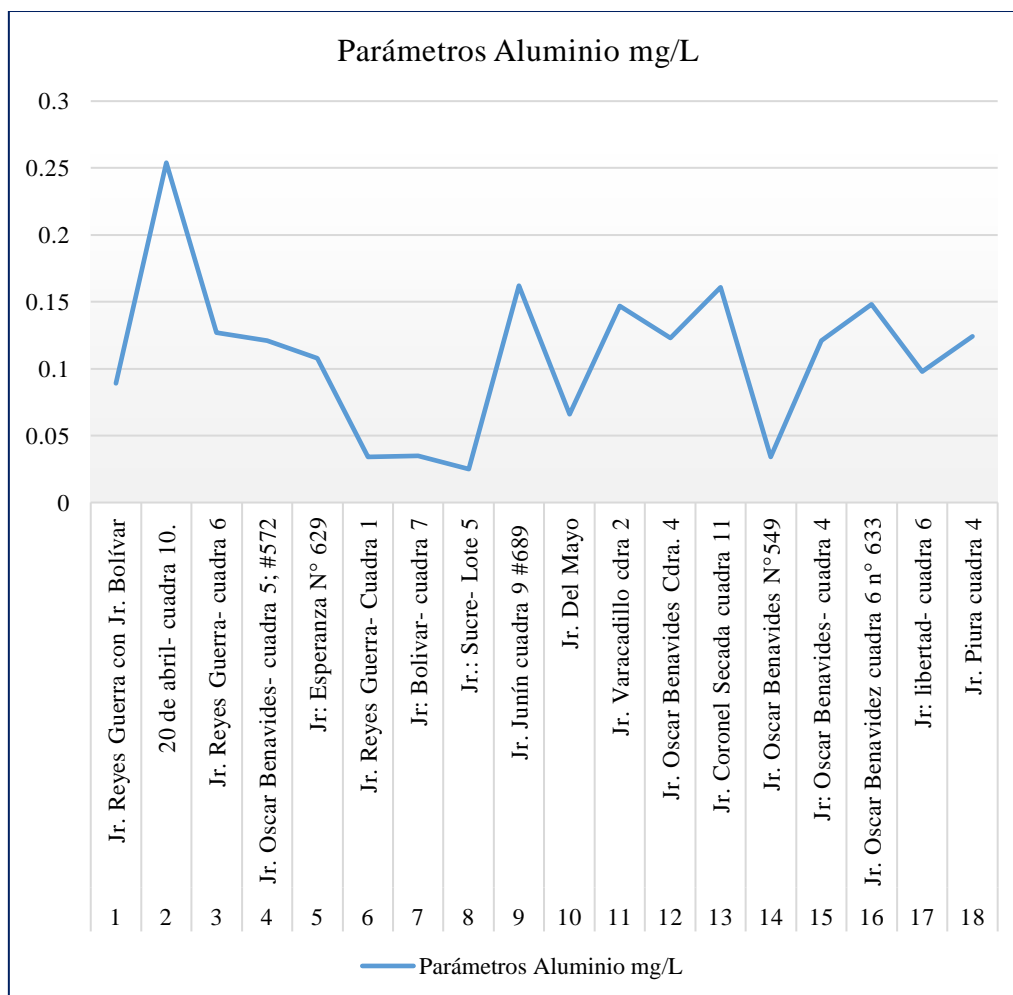


Figura 8: Monitoreo de aluminio

Interpretación:

En la figura se muestra el análisis del aluminio relacionado a los otros parámetros ya mencionados, en las mismas direcciones de la red de distribución de agua a la salida de la planta de tratamiento de agua potable, considerando que es un parámetro directamente relacionado a la inyección de coagulantes metálicos que contienen aluminio en su composición, (sulfato de aluminio – $Al_2(SO_4)_3$), y que se presume un ácido fuertemente variable a la determinación de la relación residual aluminica de lo que existe en el agua después de la potabilización, el parámetro tiene un límite establecido en el reglamento supremo DS 010- 2010 SA, el cual por su peligrosidad y su influencia es esencial para la formación de trazas, los cuales pueden provocar daños en la salud de los pobladores, conforme a los análisis realizados se puede observar que en el jr. Junín con 0.162 mg/L, el jr. Varacadillo con 0.145 mg/L y el jr. Oscar

Benavides con 0.148 mg/L, están realmente cerca de sobrepasar el límite establecido, creando cierta alarma y encontrándose relacionado con la potabilización, es que en los siguientes resultados se hará otra corrida en otras fechas para poder delimitar los lugares mucho más propensos a la variación existente de este metal en su agua de consumo.

Tabla 8

Monitoreo total de aluminio pH y turbidez

ITEM	Dirección	pH	Parámetros	
			Turbidez UNT	Aluminio mg/L
1	Jr. Reyes Guerra con Jr. Bolívar	6.9	3.41	0.089
2	Jr. 20 de abril- cuadra 10.	7	6.65	0.254
3	Jr. Reyes Guerra- cuadra 6	6.6	2.45	0.127
4	Jr. Oscar Benavides- cuadra 5; #572	6.5	2.3	0.121
5	Jr: Esperanza N° 629	6.6	4.69	0.108
6	Jr. Reyes Guerra- Cuadra 1	6.7	2.35	0.034
7	Jr: Bolívar- cuadra 7	6.9	7.1	0.035
8	Jr.: Sucre- Lote 5	6.6	2.56	0.025
9	Jr. Junín cuadra 9 #689	7.1	2.53	0.162
10	Jr. Del Mayo	8.1	6.75	0.066
11	Jr. Varacadillo cdra 2	6.9	4.59	0.147
12	Jr. Oscar Benavides Cdra. 4	6.6	2.68	0.123
13	Jr. Coronel Secada cuadra 11	6.5	2.6	0.161
14	Jr. Oscar Benavides N°549	7	7.17	0.034
15	Jr: Oscar Benavides- cuadra 4	7.7	1.86	0.121
16	Jr. Oscar Benavidez cuadra 6 n° 633	7.5	2.51	0.148
17	Jr: libertad- cuadra 6	7.2	2.14	0.098
18	Jr. Piura cuadra 4	7.2	4.42	0.124

Fuente: Elaboración propia, 2018.

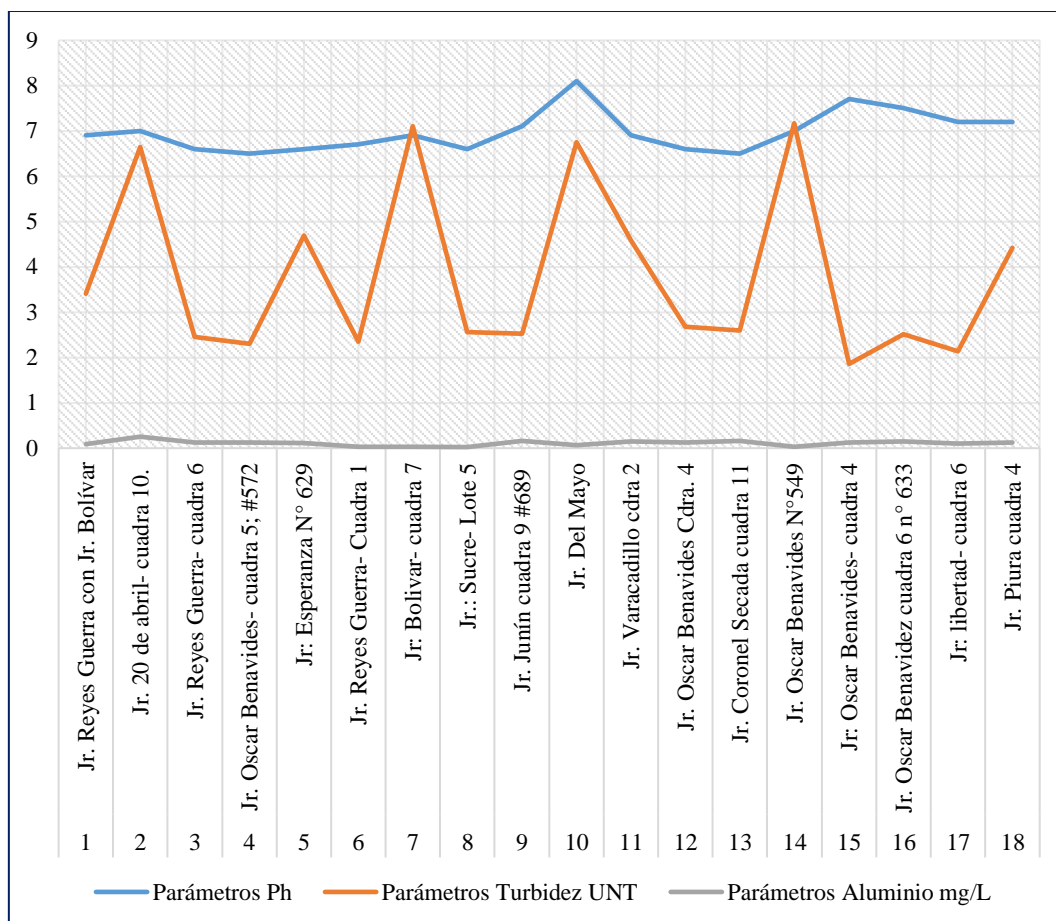


Figura 9: Monitoreo total de aluminio, pH y turbidez

Interpretación:

En la presente figura, se puede determinar la presencia de cada uno de los parámetros relacionados de alguna forma a la presencia del coagulante símico utilizado para potabilizar el agua, así mismo podemos observar cómo se realiza los análisis en esta fecha alrededor de un sector de la ciudad de Moyobamba, a nivel de las viviendas como finalización de la red de distribución del agua y saneamiento; según los niveles observados en la figura, nos dicen que la cantidad de aluminio se relaciona a las elevaciones del potencial de hidrógeno en la red, por diferentes direcciones como el jr. 20 de abril y el jr. Oscar Benavides, donde incluso se puede observar que la turbidez también ha sido elevada a la que en otros datos se ha tenido.

Segundo mes:

Se ha tomado otras muestras en las mismas direcciones, pero en diferentes casas, reduciendo la muestra con el fin de reforzar la hipótesis.

Tabla 9

Monitoreo del pH

ITEM	Dirección	pH
1	Jr. 20 de abril cuadra 3	7.72
2	Jr. Oscar Benavides-cuadra 3	7
3	Jr. 20 de abril cuadra 4	7.55
4	Jr. 20 de abril. N° 720	7.67
5	Jr. Oscar Benavides Cuadra 6	7.7
6	Jr. Oscar Benavides cuadra 1	7.2
7	Jr. Oscar Benavides primera cuadra	5.58
8	Jr. 20 de abril cdra 2 #258	7.77
9	Jr. Benavides N°547	6.86
10	JR: 20 de Abril-cuadra 5	7.3
11	Jr. Oscar Benavides- cuadra 4	8.06
12	Jr. Oscar Benavides Cdra. 2	7.65
13	Jr. Benavides cdra. 2	6.47

Fuente: Elaboración propia, 2018.

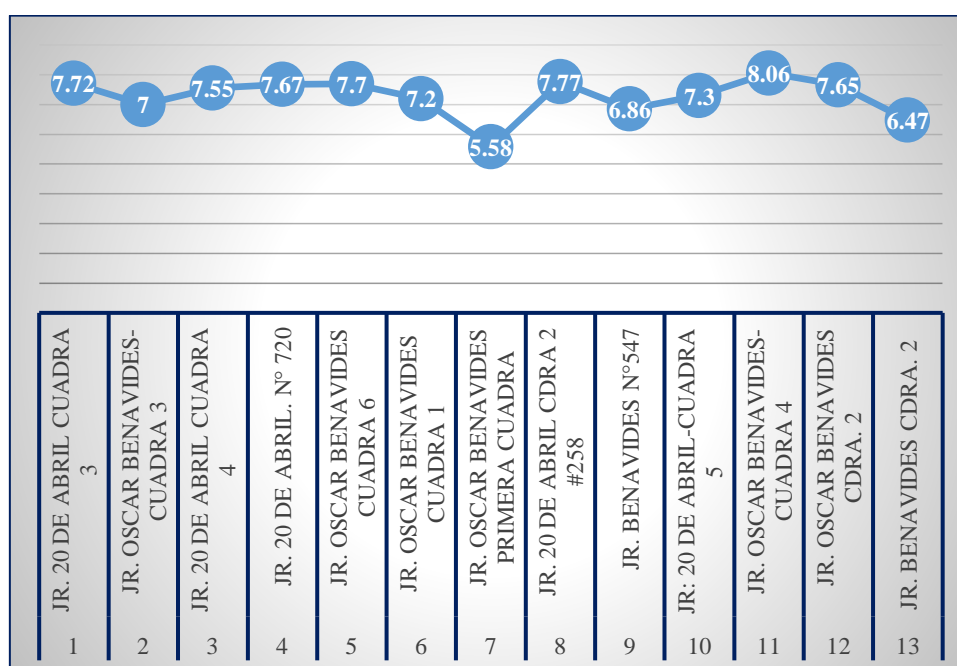


Figura 10: Monitoreo del pH

Interpretación:

Para este segundo análisis de pH se ha realizado el análisis del potencial de hidrogeno en las direcciones ya mencionadas, considerada como un parámetro relacionada de alguna forma al coagulante utilizado para mejorar la calidad del agua se puede observar a todas las muestras dentro de lo establecido con los límites máximos permisibles en una categoría de 6.5- 8.5 de unidad pH, pero al igual que en el anterior se observa en el jr. Oscar Benavides primera cuadra cuenta con 5.58 pH demostrando no estar acorde a lo establecido en las leyes pues es un ácido, lo cual nos permite recaer en la deficiente o descuido de la red o del coagulante, estando y formando parte de la familia ácida para un agua que debe ser inocua en el organismo humano.

Tabla 10

Monitoreo de turbidez

ITEM	Dirección	Turbidez
1	Jr. 20 de abril cuadra 3	2.78
2	Jr. Oscar Benavides-cuadra 3	4.51
3	Jr. 20 de abril cuadra 4	6.66
4	Jr. 20 de abril. N° 720	3.26
5	Jr. Oscar Benavides Cuadra 6	5.98
6	Jr. Oscar Benavides cuadra 1	2.65
7	Jr. Oscar Benavides cuadra 1	7.85
8	Jr. 20 de abril cdra 2 #258	1.65
9	Jr. Benavides N°547	4.79
10	JR: 20 de Abril-cuadra 5	3.1
11	Jr. Oscar Benavides- cuadra 4	3.01
12	Jr. Oscar Benavides Cdra. 2	1.51
13	Jr. Benavides cdra. 2	4.32

Fuente: Elaboración propia, 2018.

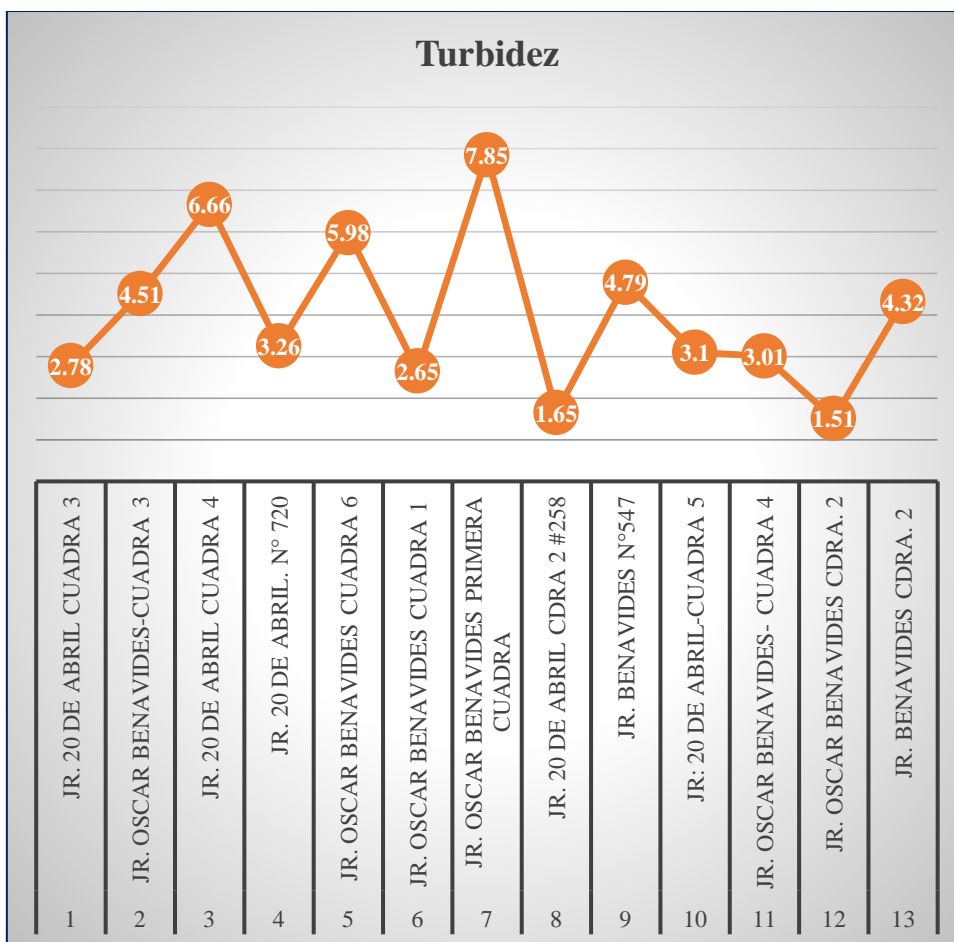


Figura 11: Monitoreo de turbidez

Interpretación:

En la figura se muestra el segundo periodo de análisis de la turbidez, en las mismas direcciones de la red de distribución de agua, también siendo considerado un parámetro relacionado a la inyección de coagulantes metálicos que contienen aluminio en su composición, (sulfato de aluminio – $Al_2(SO_4)_3$, si nos acomodamos a las normas establecida como límites máximos permisibles deben estar en una categoría de 5 unidades nefelométricas de turbidez UNT, así pues se puede observar las coincidencias pues nuevamente se ha superado el límite en el jr. 20 de abril con 6.66 UNT, jr. Oscar Benavides cuadra 6 con 5.98 UNT y el jr. Oscar Benavides cuadra 01 con 7.85 UNT no están cumpliendo la norma, del reglamento DS. 010-2010 SA de los Límites Máximos Permisibles.

Tabla 11

Monitoreo de aluminio

ITEM	Dirección	Aluminio
1	Jr. 20 de abril cuadra 3	0.138
2	Jr. Oscar Benavides-cuadra 3	0.097
3	Jr. 20 de abril cuadra 4	0.158
4	Jr. 20 de abril. N° 720	0.131
5	Jr. Oscar Benavides Cuadra 6	0.046
6	Jr. Oscar Benavides cuadra 1	0.124
7	Jr. Oscar Benavides primera cuadra	0.03
8	Jr. 20 de abril cdra 2 #258	0.098
9	Jr. Benavides N°547	0.137
10	JR: 20 de Abril-cuadra 5	0.142
11	Jr. Oscar Benavides- cuadra 4	0.116
12	Jr. Oscar Benavides Cdra. 2	0.178
13	Jr. Benavides cdra. 2	0.149

Fuente: Elaboración propia, 2018.

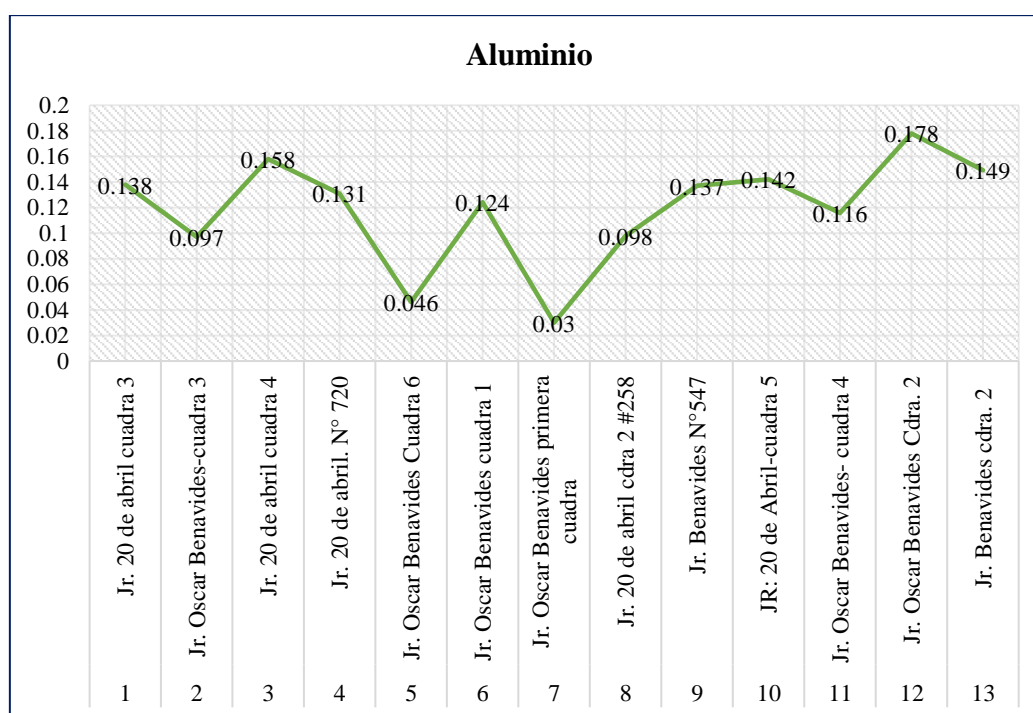


Figura 12: Monitoreo de aluminio

Interpretación:

En los mencionados 13 análisis del aluminio en las mismas direcciones de la red de distribución de agua a la salida de la planta de tratamiento de agua potable, debido a la inyección de coagulantes metálicos que contienen aluminio en su composición, (sulfato de aluminio – $Al_2(SO_4)_3$), se puede observar cierta relación con respecto a la cantidad en mg/L de aluminio contenido en las casas de estos de los usuarios, agrupados por calles, cuyo parámetro tiene un límite establecido en el reglamento supremo DS 010- 2010 SA, conforme a los análisis realizados se puede observar que en el jr. 20 de abril cuadra 3 con 0.138 mg/L, el jr. 20 de abril cuadra 4 con 0.158 mg/L, el jr. Oscar Benavides cuadra 1 con 0.124mg/L, el jr. Oscar Benavides N° 547 con 0.137 mg/L, el jr. 20 de abril cuadra 5 con 0.142 mg/L, todos estos análisis se encuentran cerca de pasar los límites.

Tabla 12

Monitoreo total de aluminio pH y turbidez

ITEM	Dirección	pH	Parámetros	
			Turbidez UNT	Aluminio mg/L
1	Jr. 20 de abril cuadra 3	7.72	2.78	0.138
2	Jr. Oscar Benavides-cuadra 3	7	4.51	0.097
3	Jr. 20 de abril cuadra 4	7.55	6.66	0.158
4	Jr. 20 de abril. N° 720	7.67	3.26	0.131
5	Jr. Oscar Benavides Cuadra 6	7.7	5.98	0.046
6	Jr. Oscar Benavides cuadra 1	7.2	2.65	0.124
7	Jr. Oscar Benavides primera cuadra	5.58	7.85	0.03
8	Jr. 20 de abril cdra 2 #258	7.77	1.65	0.098
9	Jr. Benavides N°547	6.86	4.79	0.137
10	JR: 20 de Abril-cuadra 5	7.3	3.1	0.142
11	Jr. Oscar Benavides- cuadra 4	8.06	3.01	0.116
12	Jr. Oscar Benavides Cdra. 2	7.65	1.51	0.178
13	Jr. Benavides cdra. 2	6.47	4.32	0.149

Fuente: Elaboración propia, 2018.

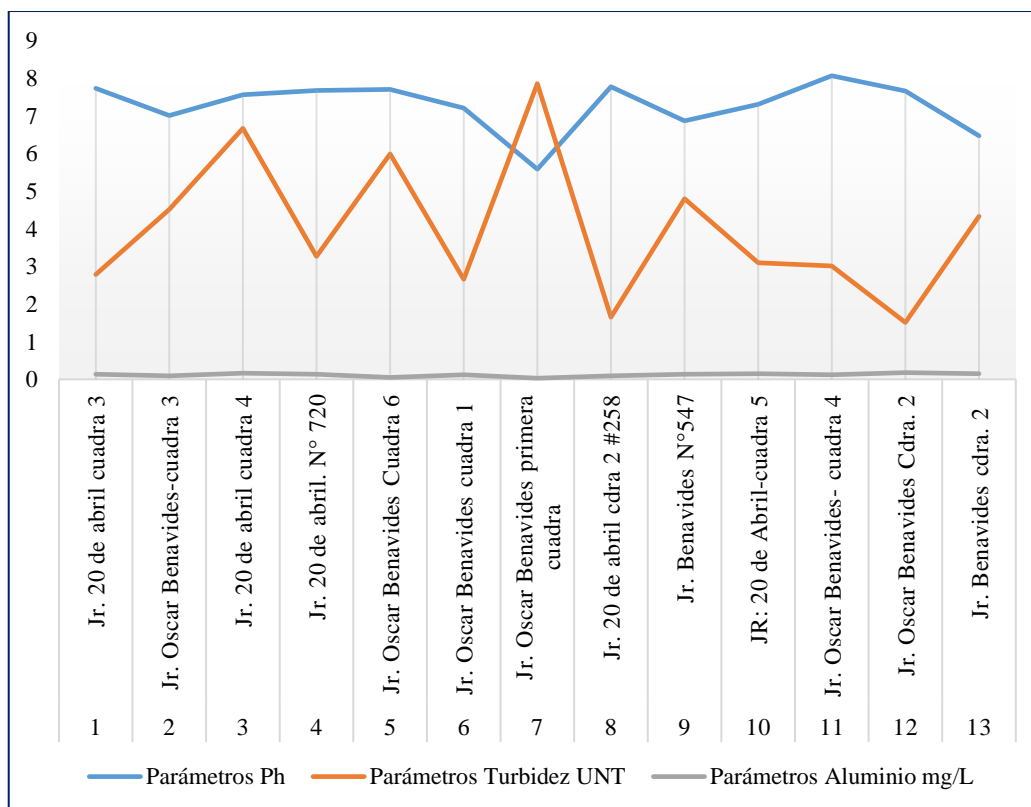


Figura 13: Monitoreo total de aluminio, pH y turbidez

Interpretación:

Para las últimas trece direcciones donde se realizaron las mediciones de los parámetros determinados mediante las relaciones existentes en lo relacionado al tratamiento que se le da al agua potable, en esta figura se puede observar como el parámetro de turbidez tiene una frecuencia con bastante diferencia con muchos altos y bajos, lo que se diferencia del pH cuyo valor en definitiva se encuentra en un nivel mucho más estable, para esta medición se pudo observar que el valor del aluminio tiene una gran diferencia accidental, donde se sobrepasan los valores limitados en las reglas, encontrado en el mismo Jr. Oscar Benavides, donde al parecer puede existir varios factores que inciden a parte del tratamiento mencionado.

3.2. Parámetros registrados en las zonas de mayor concentración de aluminio en diferentes zonas de la ciudad de Moyobamba, comparadas con los Límites Máximos Permisibles:

Tabla 13

Resumen de los primeros análisis

Aguas superficiales destinadas al uso poblacional				
Parámetro	Unidad	A1	A2	A3
		Datos	Límite	Diagnóstico
		Cuantificados	Máximo	
		Valor	Valor	Valor
Aluminio	mg/L	0.109	0.2	No Excede
		0.119	0.2	No Excede

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Interpretación:

El resumen de los análisis engloba, el promedio dado para las diferentes fechas de análisis de aluminio residual de las redes en la ciudad de Moyobamba, en la tabla se puede observar la composición de aluminio en ambos muestreos. Podemos decir que tienen cierta elevación hasta llegar en un 0.119 mg/L siendo solo el 50 % de lo permitido en el reglamento, por los días tomados como muestreos, se puede deducir que las fechas de ingreso de coagulante del agua, tiene influencia.

Tabla 14

Datos 1° análisis

1° Análisis de aluminio residual, pH y turbidez	
FECHA DE MUESTREO: 17/04/2018	TIPO DE MUESTRA: AGUA DE
HORA DE MUESTREO: 3:55 p.m.	USO POBLACIONAL
LUGAR DE MUESTREO: Jr. Del Mayo 491	

Tabla 15

1° análisis

Aguas superficiales destinadas al uso poblacional				
Parámetro	Unidad	A1	A2	A3
		Datos	Límite Máximo	Diagnóstico
		Cuantificados	Permisible	Valor
		Valor	Valor	Valor
Turbiedad	UNT	2.73	5	No Excede
pH	Unidad de pH	6.7	6.5 - 8.5	No Excede
Aluminio	mg/L	0.117	0.2	No Excede

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Interpretación:

Se han analizado y determinado los principales puntos de concentración de aluminio en las redes de distribución, se ha identificado las casa y las direcciones de donde se han analizado, el lugar de la muestra es el jr del Mayo n° 491, para el cual se han tenido los siguientes resultados en turbiedad se puede observar el control al ser menor que 5 UNT, así mismo el pH dentro del rango permitido, y como podemos observar se ha encontrado presencia de aluminio pero en poca proporción llegando a medir 0.117 mg/L sin exceder el límite establecido de 0.2, podemos decir que esta muestra ha cumplido con todo lo estipulado en el reglamento, para ser agua tratada con tratamiento convencional en la EPS Moyobamba.

Tabla 16

Datos 2° análisis

2° Análisis de aluminio residual, pH y turbidez	
FECHA DE MUESTREO: 24/04/2018	TIPO DE MUESTRA: AGUA DE
HORA DE MUESTREO: 2:40 p.m.	USO POBLACIONAL
LUGAR DE MUESTREO: Jr. 20 de abril 228	

Tabla 17
2° análisis

Aguas superficiales destinadas al uso poblacional				
Parámetro	Unidad	A1	A2	A3
		Datos	Límite Máximo	Diagnóstico
		Cuantificados	Permisible	
		Valor	Valor	Valor
Turbiedad	UNT	1.53	5	No Excede
pH	Unidad de pH	7.6	6.5 - 8.5	No Excede
Aluminio	mg/L	0.196	0.2	No Excede

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Interpretación:

En estos cuadros se muestra de manera detallada el lugar y análisis realizado en una de las zonas de mayor concentración encontrada gracias a los análisis anteriores, de la siguiente manera se han analizado y determinado los principales puntos de concentración de aluminio en las redes de distribución, el lugar de la muestra es el jr. 20 de Abril n° 228, analizando los siguientes resultados en turbiedad se determinó que no excede al ser menor que 5 UNT, así mismo el pH dentro del rango permitido con 7.6, y como podemos observar se ha encontrado presencia de aluminio pero en mayor proporción, más elevado llegando a medir 0.196 mg/L sin exceder el límite establecido de 0.2, pero que realmente está a punto de exceder el límite, esto razonablemente nos lleva a la conclusión de que esta en algún momento excede y aunque numéricamente podemos decir que ha cumplido con todo lo estipulado en el reglamento, por el mismo hecho de ser agua tratada con tratamiento convencional en la EPS Moyobamba, se debe asegurar su inocuidad, situación que puede andar peligrando.

Tabla 18

Datos 3° análisis

3° Análisis de aluminio residual, pH y turbidez	
FECHA DE MUESTREO: 17/04/2018	TIPO DE MUESTRA: AGUA DE USO
HORA DE MUESTREO: 2:55 p.m.	POBLACIONAL
LUGAR DE MUESTREO: Jr. Coronel secada N° 835	

Tabla 19

3° análisis

Aguas superficiales destinadas al uso poblacional				
Parámetro	Unidad	A1	A2	A3
		Datos	Límite Máximo	Diagnóstico
		Cuantificados	Permisible	Valor
		Valor	Valor	Valor
Turbiedad	UNT	4.62	5	No Excede
pH	Unidad de pH	7.8	6.5 - 8.5	No Excede
Aluminio	mg/L	0.286	0.2	Excede

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Interpretación:

Para el tercer análisis, se muestra en las siguientes tablas de manera detallada el lugar y análisis realizado en una de las zonas de mayor concentración encontrada gracias a los análisis anteriores, de la siguiente manera se han analizado y determinado los principales puntos de concentración de aluminio en las redes de distribución, el lugar de la muestra es el Jr. Coronel Secada n° 835, comenzando con el análisis de turbiedad se determinó que el parámetro está al borde del exceso pues con 4.62 es apenas menor que los 5 UNT del reglamento de agua, así mismo el pH dentro del rango permitido con 7.8, y como podemos observar se ha encontrado presencia de aluminio superando y excediendo el límite llegando a medir 0.286 mg/L excediendo el límite establecido de 0.2, esto nos lleva a la conclusión de que el aluminio en algunos hogares sobrepasa,

ya que no ha cumplido con todo lo estipulado en el reglamento, por el mismo hecho de ser agua tratada con tratamiento convencional en la EPS Moyobamba, se debe asegurar su inocuidad, situación que puede en este muestreo no se mostrado y menos garantizado.

Tabla 20

Datos 4° análisis

4° Análisis de aluminio residual, ph y turbidez	
FECHA DE MUESTREO: 24/04/2018	TIPO DE MUESTRA: AGUA DE
HORA DE MUESTREO: 8:00 p.m.	USO POBLACIONAL
LUGAR DE MUESTREO: Jr. Oscar Benavidez Cuadra 2	

Tabla 21

4° análisis

Aguas superficiales destinadas al uso poblacional				
Parámetro	Unidad	A1	A2	A3
		Datos	Límite Máximo	Diagnóstico
		Cuantificados	Permisible	Valor
		Valor	Valor	Valor
Turbiedad	UNT	4.9	5	No Excede
pH	Unidad de pH	7.87	6.5 - 8.5	No Excede
Aluminio	mg/L	0.03	0.2	No Excede

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Interpretación:

Para el cuarto análisis, se muestra en las siguientes tablas de manera detallada el lugar y análisis realizado, como en las anteriores tablas, de la siguiente manera se han analizado y determinado los principales puntos de concentración de aluminio en las redes de distribución, el lugar de la muestra es el jr Oscar Benavides cuadra 2, comenzando con el análisis de turbiedad se determinó que el parámetro está al borde

del exceso pues con 4.9 es apenas menor que los 5 UNT del reglamento de agua, así mismo el pH dentro del rango permitido con 7.87, y como podemos observar no se ha encontrado presencia de aluminio sin superar el límite llegando a medir 0.03 mg/L sin exceder el límite establecido de 0.2, en este lugar se puede decir que si ha cumplido con todo lo estipulado en el reglamento, para agua tratada con tratamiento convencional en la EPS Moyobamba.

Tabla 22

Datos 5° análisis

5° Análisis de aluminio residual, pH y Turbidez	
FECHA DE MUESTREO: 24/04/2018	Tipo de muestra: Agua de uso poblacional
HORA DE MUESTREO: 8:00 p.m.	
LUGAR DE MUESTREO: Jr. Coronel Secada Cuadra 4	

Tabla 23

5° análisis

Aguas superficiales destinadas al Uso Poblacional				
Parámetro	Unidad	A1	A2	A3
		Datos	Límite Máximo	Diagnóstico
		Cuantificados	Permisible	Valor
		Valor	Valor	Valor
Turbiedad	UNT	3.2	5	No Excede
pH	Unidad de pH	7.51	6.5 - 8.5	No Excede
Aluminio	mg/L	0.117	0.2	No Excede

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Interpretación:

El último análisis tomado del punto donde se encontraron mayor concentración de aluminio, el lugar de la muestra es el jr Coronel Secada cuadra 4, analizando los siguientes resultados en turbiedad se determinó que el valor no excede al ser menor

que 5 UNT con 3.2 UNT, así mismo el pH se encuentra también dentro del rango permitido con 7.51, y como podemos observar se ha encontrado presencia de aluminio pero en proporción media más elevado llegando a medir 0.117 mg/L sin exceder el límite establecido de 0.2, pero que realmente está a punto de exceder el límite, esto razonablemente nos lleva a la conclusión de que esta en algún momento excede.

3.3. Discusión de Resultados

En la presente investigación se ha realizado una serie de muestreos, cuyos resultados fueron distintos a lo concluido por Gutiérrez (1999), su objetivo fue contrastar la eficacia de diferentes reactivos coagulantes para el tratamiento de potabilización del agua, en donde se ha realizado la experimentación para llegar a concluir, que en circunstancias puntuales, el tratamiento convencional con sulfato de aluminio líquido resulta insuficiente, para la eliminación del color y la turbidez del agua cruda, e inadecuado, por detectarse elevadas concentraciones de aluminio residual en el agua tratada, contrastando de que el tratamiento convencional con coagulantes, para remover la turbidez es muy eficiente, lo que sucede es que a pesar de que el 90 % de los resultados de aluminio son eficientes, en algunos se ha excedido su valor y así como Gutiérrez también se encontró elevadas concentraciones.

A diferencia del anterior investigador para Murillo (2011), en su trabajo de investigación se realizaron ensayos de tratabilidad con dos de los coagulantes utilizados en ésta; Sulfato de Aluminio Líquido (SAL) y Policloruro de Aluminio (PAC), de diferentes casas productoras que fueron denominadas por las letras A, B y C, donde ninguno de los ensayos presentó valores por fuera de la norma, sin embargo sí hay una tendencia marcada cuyos datos se encuentran en el rango de 0,02 y 0,09 ppm; en esta investigación si se encontró excesos, claro que como se dice también hubo un tendencia ubicada dentro de 0.03 y 0.117 mg/L, lo que indica los valores comunes al utilizar el coagulante de sulfato de aluminio, pero en diversos ensayos, se demostró esa elevación por encima del reglamento de agua para consumo humano.

La función del tratamiento de agua, es producir agua potable de buena calidad para uso doméstico y para aplicaciones industriales, por ello en el trabajo de investigación

“Potabilización con diferentes coagulantes de Aluminio y Hierro” (Toumas, 1998). Tradicionalmente el Sulfato de Aluminio (Alum), ha sido el químico coagulante dominando el mercado de Aluminio ha sido disponible en todo el mundo con un costo razonable porque ha sido fácil de producir, incluso en fábricas muy sencillas, producto estándar con un alto contenido de Aluminio residual, es por ello que, al tener normas de agua potable cada vez más estrictas, es muy importante que los operadores de diferentes plantas conozcan los resultados de la tecnología moderna de coagulantes, esto es lo que se podría de la utilización del coagulante de aluminio, debido a que el alumbre está comercial y barato, y al parecer su eficiencia con otros parámetros no debe ser impedimento para confiarnos con aquellos parámetros estipulados en las normas, y concordando la investigación podemos decir lo importante que es ser estricto con las normas.

Para Marín (2006), el Aluminio es un elemento moderadamente frecuente en aguas naturales, puede variar su concentración allí entre 0,012 y 2,25 mg/L, siendo más alta en aguas más ácidas, y como es un elemento relacionado a su naturalidad, se debería cuidar al momento de tratarla, pues, si bien es cierto en los últimos análisis se ha observado más elevado el pH y también se ha visto la elevación del aluminio aun excediendo lo esperado. Para Martin puede formar muchos complejos con aniones variados, desde el punto de vista toxicológico parece probada su relación con la enfermedad de Alzheimer en personas sometidas a diálisis, por el incremento de Al en estos líquidos de diálisis, encender la alarma y tomar las medidas necesarias van a arraigadas a estos resultados.

Cerón (2016) ha llegado a la conclusión de que el uso de policloruro de Aluminio (PAC), en la potabilización de agua en la planta de tratamiento del municipio de Ipiales, redujo considerablemente los niveles de Al residual en comparación al coagulante actualmente empleado, la mayoría los valores arrojados en el estudio, estaban dentro de la normatividad de que establece niveles máximos de Al en 0,2mg/L, en comparación al Sulfato de Aluminio tipo B sólido (STBS), los valores de Al residual fueron bastante altos, lo que significa que se deberían adoptar medidas para su remoción y brindar un mejor servicio a los consumidores, en la planta de tratamiento de agua potable de la ciudad de Moyobamba se utiliza el aluminio sólido tipo A, tiene medidas adecuadas para cuidar el contenido residual del aluminio en el agua de

consumo humano, pero hay más problemas de lo esperado ya que puede existir factores arraigados a los hogares donde se pudo determinar la mayor presencia de aluminio.

(Samame, 2016). En este estudio se realizaron ensayos de tratabilidad con dos materias primas coagulantes: Sulfato de Aluminio tipo B 500 y Policloruro de Aluminio (PAC), el Policloruro de Aluminio es el coagulante más efectivo en los procesos de tratabilidad del agua potable del distrito de Pedro Ruíz Gallo, por demostrar buenos resultados en los ensayos con la presencia de menor aluminio residual por debajo de los límites máximo permisibles como se demuestran en tres ensayos 7; 6 y 5 (0,02; 0,04 y 0,05 ppm), demostrando que si influyen significativamente la aplicación de dos materias primas coagulantes en el aluminio residual del agua tratada del distrito de Pedro Ruiz Gallo, mostrando estos resultados los valores obtenidos en la presente investigación son realmente altos, ya que el muestreo efectuado varía entre los 0.03 y 0.117 mg/L lo que no contamos como excesos aquellos que pasaron los 0.2 mg/L que como bien reconoce Samame es el límite establecido en el país para todos los distritos y provincias y de esto no es ajeno Moyobamba.

CONCLUSIONES

Se determinó la influencia del tratamiento de potabilización, en el aluminio residual, en los sectores de abastecimiento de agua potable, de la ciudad de Moyobamba, cuyo 80 % de resultados están en un rango de 0.03 mg/L y 0.117 mg/L, el otro 20% está por encima del 0.12 mg/L llegando a superar en dos muestras el 0.2 mg/L.

Los valores primarios de los parámetros a la salida de la planta de tratamiento fueron 4 UNT en la turbidez promedio, 6.8 pH para el valor en unidades, así mismo el aluminio promedio es 0.114 mg/L.

Los valores más altos registrados de aluminio en la ciudad se registraron en el jr. Coronel Secada, Jr. 20 de abril, Jr. Del mayo e incluso el Jr. Oscar Benavides cuyos valores fueron 0.161 mg/L, 0.254 mg/L, 0.286 mg/L y 0.178 mg/L, para sus valores más altos registrados.

Los valores obtenidos en comparación con los Límites Máximos permisibles, fueron para la turbidez menores al 5 UNT, que recomienda el reglamento; de la misma manera el pH fue un parámetro poco variable, pero que se encontró dentro de lo estipulado, luego finalmente se determinó que el aluminio residual encontrado tiende a pasar el límite para algunos sectores (Jr. Coronel Secada, Jr. 20 de abril, Jr. Del Mayo y el Jr. Oscar Benavides)

RECOMENDACIONES

Se sugiere la dosificación adecuada del coagulante de sulfato de aluminio sólido, para aguas en determinados periodos de tiempo estacionario.

Se recomienda, una preparación técnica adecuada a las personas que realizan dosificación del sulfato de aluminio en las aguas crudas tratadas en la planta de tratamiento EPS Moyobamba.

Se recomienda la sustitución progresiva del sulfato de aluminio, con otros coagulantes biodegradables para evitar la presencia de aluminio residual en el agua potable.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguas del norte (2011). Sistema de agua potable. Recuperada de: https://www.aguasdelnortesalta.com.ar/sistema_agua.php
- Apaza H. (2004). Tratamiento ecológico, una alternativa sustentable para la purificación de aguas contaminadas destinadas al riego de cultivos en Arequipa. Universidad Católica Santa María. Perú.
- Arboleda J. (2000). Teoría y práctica de la purificación del agua. (3° ed.). Escuela Colombiana de ingeniería. Colombia.
- Arboleda J., Castro M. L. y Kirchmer C. J. (1975). Polímeros Naturales y su aplicación como ayudantes de floculación. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS). Lima, Perú.
- Barajas C.L., León A.J. (2015). Determinación de la dosis óptima de sulfato de aluminio ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$) en el proceso de coagulación – floculación para el tratamiento de agua potable por medio del uso de una Red Neuronal Artificial. Universidad Santo Tomás. Bogotá. Colombia.
- Contraloría (2012). Guía práctica para la construcción de muestras. Contraloría general de la república. Unidad técnica de control externo. Chile.
- D.S. N° 031-2010-SA. Reglamento de la calidad de agua para consumo humano. Ministerio de Salud. Dirección General de Salud Ambiental – Lima: Ministerio de Salud.
- Final Task Force. (2003). Guías para la calidad del agua potable. Aluminio. Estados Unidos.
- Gómez, O.E., Ordoñez, O.M. (2014). Determinación de trihalometanos (thm's) en aguas tratadas de la ciudad de Pereira mediante cromatografía de gases por

microcaptura de electrones. (Tesis para Título Profesional). Universidad Tecnológica de Pereira. Colombia.

González, M y Hernández, C. (1991). Determinación de aluminio en el agua potable de Valencia y localidades cercanas. Departamento de Química General Universidad de Carabobo, Venezuela.

Gutierrez Y., Rivas J.C., Sangrador R. (1999). Ensayos con distintos coagulantes para reducir el aluminio residual en agua potabilizada. Universidad de Salamanca. España.

Laines J.R., Sandoval M.M. (2013). Moringa oleifera una alternativa para sustituir coagulantes metálicos en el tratamiento de aguas superficiales. Universidad Autónoma de Yucatán. Ingeniería vol. 17. México.

Marín, R. (2006). Características físicas, químicas y biológicas del agua. Plateros. Córdoba. Colombia.

Moscozo L.R. (2015). Uso de almidón de yuca como sustituto del sulfato de Aluminio en el proceso de coagulación-floculación en sistemas de tratamiento de agua para Potabilización. Universidad de San Carlos. Guatemala.

Murillo D.C. (2011). Análisis de la influencia de dos materias primas coagulantes en el Aluminio Residual del agua tratada. Universidad Tecnológica de Pereira. Colombia.

OMS (2003). Aluminium in drinking-water. Documento de referencia para la elaboración de las Guías de la OMS para la calidad del agua potable. Ginebra (Suiza).

Pradilla, F. (1994). Clarificación de aguas. Documento técnico. Química Nalco de Colombia S.A. Barranquilla. Colombia.

- Romero JA. (2002). Calidad del Agua. Escuela Colombiana de Ingenieria. Primera Edición. Bogotá. Colombia.
- Samame J.C. (2016). Determinar la influencia de dos materias primas coagulantes en el Aluminio Residual del agua tratada del distrito de Pedro Ruiz Gallo. Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas. Chachapoyas. Perú.
- SAMSA (2008). Procesos de potabilización. Servicios de agua potable de misiones S.A. Paraguay.
- Schulz, C y okun, D. (1990). Tratamiento de aguas superficiales para países en desarrollo. 1° edición. Limusa S.A. México.
- Sierra C.A. (2011). Calidad de Agua, Diagnostico y evaluación. Ediciones de la U. Colombia.
- Toumas R. (1998). Potabilización con diferentes coagulantes de Aluminio y Hierro-Superación Sanitaria y Ambiental: El Reto. México.

ANEXOS

Anexo 01: tabla de usuarios

Tabla 24

Lista de usuarios (mes 01)

ITEM	Dirección	Propietarios
1	Jr. Reyes Guerra con Jr. Bolívar	Isabel Oliva Mondragón
2	20 de abril- cuadra 10.	Aida Marín suiza
3	Jr. Reyes Guerra- cuadra 6	Armando Rojas Díaz
4	Jr. Oscar Benavides- cuadra 5; #572	Manuel Vasquez Rivero
5	Jr: Esperanza N° 629	Elma Bardales Gutiérrez
6	Jr. Reyes Guerra- Cuadra 1	Gloria Tuesta Villacorta
7	Jr: Bolivar- cuadra 7	Soila Santillan Villacorta
8	Jr.: Sucre- Lote 5	Casique Guevara Sandra
9	Jr. Junín cuadra 9 #689	Jhezer Huaman Camas
10	Jr. Del Mayo	Iván Daza Victoria
11	Jr. Varacadillo cdra 2	Jhon castillo santa cruz
12	Jr. Oscar Benavides Cdra. 4	Segundo Vásquez Cubas
13	Jr. Coronel Secada cuadra 11	Paola Carrero Onorve
14	Jr. Oscar Benavides N°549	Katherine Rimachi Cabrera
15	Jr: Oscar Benavides- cuadra 4	Erick Chaves Davila
16	Jr. Oscar Benavidez cuadra 6 n° 633	Gladys Guerra Huaman
17	Jr: libertad- cuadra 6	Maria Lozano Garcia
18	Jr. Piura cuadra 4	Hilaria Angulo Vásquez

Fuente: Elaboración de proyectos, 2018.

Tabla 25

Lista de usuarios (mes 02)

ITEM	Dirección	Propietarios
1	Jr. 20 de abril cuadra 3	Wagner Macedo Tuesta.
2	Jr. Oscar Benavides-cuadra 3	Cesar Rocío Jimenes
3	Jr. 20 de abril cuadra 4	Richard Rojas
4	Jr. 20 de abril. N° 720	Cubas Altamirano Esperanza
5	Jr. Oscar Benavides Cuadra 6	Adolfina Olortegui Ruiz
6	Jr. Oscar Benavides cuadra 1	Huamán Camas Juan
7	Jr. Oscar Benavides primera cuadra	Daza Victoria Iván
8	Jr. 20 de abril cdra 2 #258	Fernández Dávila Jairo
9	Jr. Benavides N°547	Vásquez Tuesta Julian
10	JR: 20 de Abril-cuadra 5	María de Jesús Ruiz Inuma
11	Jr. Oscar Benavides- cuadra 4	Córdova Canales Andrea
12	Jr. Oscar Benavides Cdra. 2	Lozano García Diana
13	Jr. Benavides cdra. 2	Erasmus José

Fuente: Elaboración de proyectos, 2018.

Anexo 02: panel fotográfico

Ilustración 1: preparación de todos los materiales a utilizar



Ilustración 2: Separación de la muestra de agua

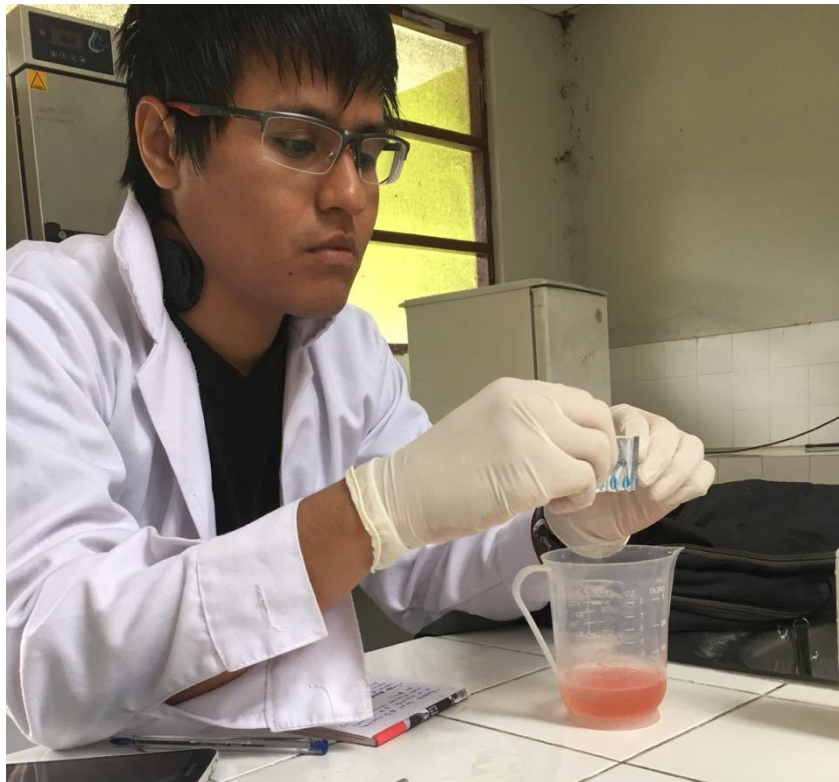


Ilustración 3: Colocación del reactivo a la muestra

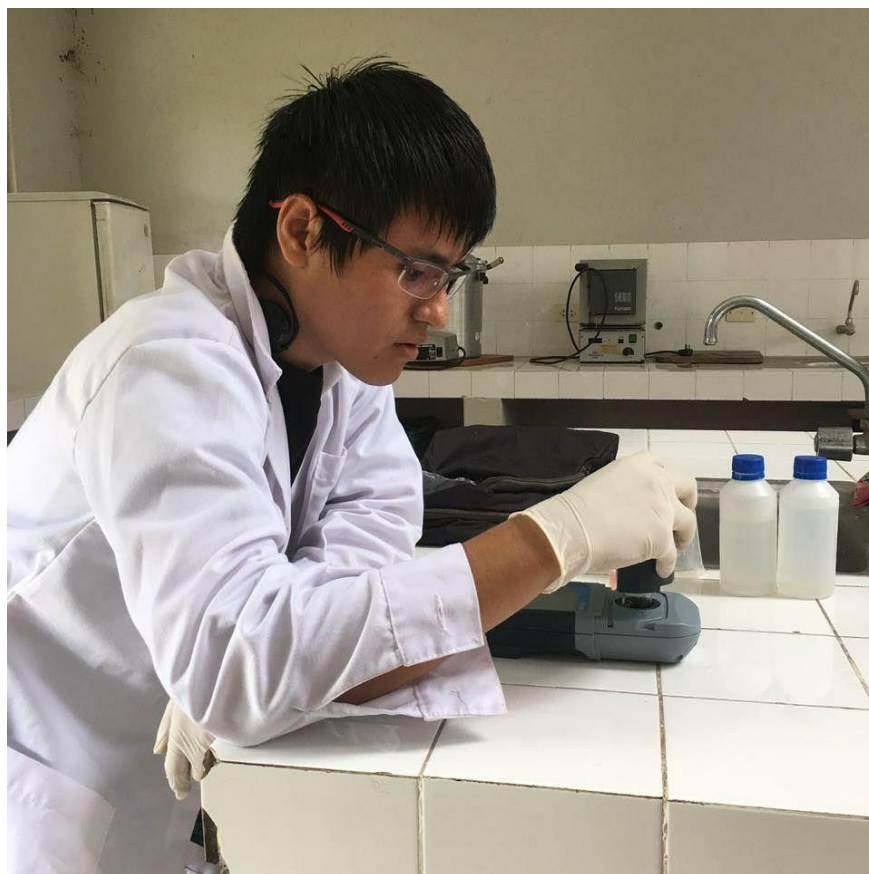
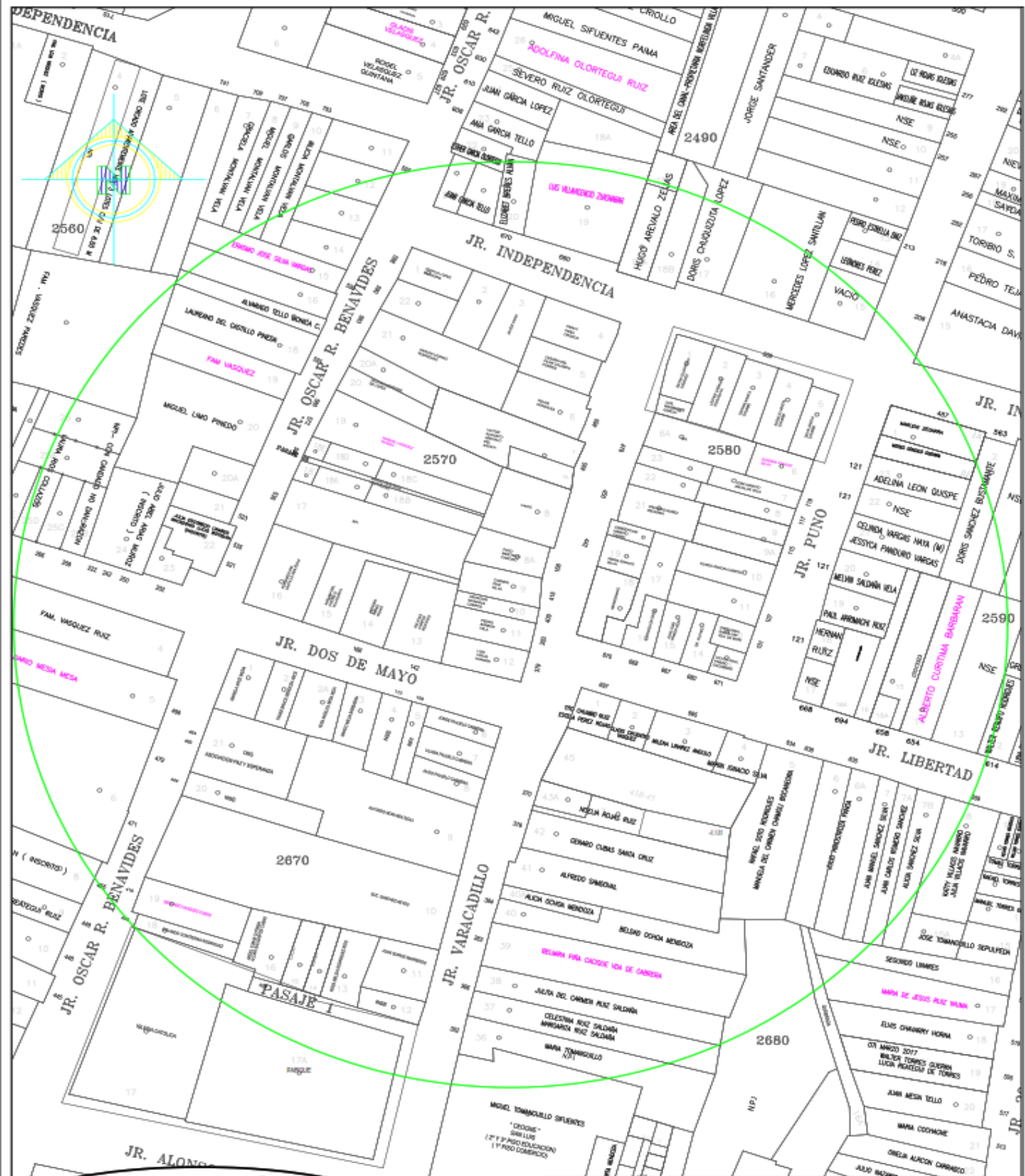


Ilustración 4: Análisis de la muestra en el equipo



Ilustración 5: Toma de apuntes

Anexo 03: viviendas seleccionadas al azar ubicadas en plano catastral



UBICACIÓN
 ESC: 1/2500

PLANO: **UBICACIÓN DE VIVIENDAS AL AZAR**
 METODO DE CALCULO:
 CARTESIANO AUTOCAD: **2019**
 SISTEMA PROJ: DATUM: **WGS84**
 UTM

TESISTA: **MAX ARIAS**
 FECHA :
06-OCTUBRE - 2018
 ESCALA: 1/2500

ZONA GEOGRAFICA :185
 VALLE : **ALTO MAYO**
 DISTRITO : **MOYOBAMBA.**
 PROVINCIA : **MOYOBAMBA.**
 DEPART. : **SAN MARTIN.**

LAMINA:
P-U