

**UNIVERSIDAD NACIONAL
JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ CARRIÓN**

**FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y
METALÚRGICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA QUÍMICA**



**“DISEÑO DEL PROCESO DE POTABILIZACIÓN DE AGUA DEL
RIO AUTIKI, DISTRITO DE PICHANAKI, 2021”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO QUÍMICO**

ROSMERY TAID VILLANUEVA CANALES

ASESOR: JOSE SAUL ORBEGOSO LOPEZ

HUACHO – PERÚ

2022

**UNIVERSIDAD NACIONAL
JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ CARRIÓN**

**FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y
METALÚRGICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA QUÍMICA**

**“DISEÑO DEL PROCESO DE POTABILIZACIÓN DE AGUA DEL
RIO AUTIKI, DISTRITO DE PICHANAKI, 2021”**

Sustentado y aprobado ante el Jurado Evaluador



Dr. Máximo Tomás Salcedo Meza

Presidente



Dr. Víctor Raúl Coca Ramírez

Secretario



M(o) Jaime Imán Mendoza

Vocal



MSc Ing. José Saúl Orbegoso López

Asesor

HUACHO – PERÚ

2022

DEDICATORIA

Como una expresión de reconocimiento, respeto y aprecio, dedico este trabajo de Tesis de Título Profesional a la plana docente de la Facultad de Ingeniería Química y Metalúrgica, quienes brindaron sus conocimientos y saberes, para mi formación.

Esta dedicatoria es también para mis compañeros de promoción, amigos entrañables, con quienes compartí los quehaceres estudiantiles durante muchas horas de estudio y dedicación.

Gracias totales

Rosmery Taid Villanueva Canales.

AGRADECIMIENTO

A mi madre, mi padre y mis hermanos, dedico este trabajo de investigación de mi tesis, expresándoles todo mi cariño y agradecimiento por el apoyo que me brindaron y por el enorme sacrificio que hicieron durante estos largos años de estudio y formación profesional.

Siempre,

Rosmery Taid Villanueva Canales

ÍNDICE

	Pág.
Dedicatoria	1
Agradecimiento.....	2
Índice.....	3
Resumen.....	5
Abstract.....	6
INTRODUCCIÓN.....	7
CAPITULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	8
1.1 Descripción de la realidad problemática	8
1.2 Formulación del problema	9
1.2.1 Problema general.....	9
1.2.2 Problemas específicos	9
1.3 Objetivos de la investigación	9
1.3.1 Objetivo general	9
1.3.2 Objetivos específicos.....	10
1.4 Justificación de la investigación.....	10
1.4.1 Justificación teórica.....	10
1.4.2 Justificación práctica	11
1.4.3 Justificación legal.....	12
1.4.4 Justificación metodológica.....	12
1.5 Delimitación del estudio.....	13
1.5.1 Delimitación espacial	13
1.5.2 Delimitación temporal.....	13
1.5.3 Delimitación teórica	14
CAPITULO II. MARCO TEÓRICO	15
2.1 Antecedentes de la Investigación	15
2.1.1 Investigaciones internacionales.....	15
2.1.2 Investigaciones nacionales	17
2.2 Bases teóricas	19
2.2.1 Las operaciones unitarias del tratamiento del agua.....	15
2.2.1.1 Coagulación y floculación.....	19
2.2.1.2 Separación de sólidos y líquidos.....	20
2.2.1.3 Precipitación.....	21
2.2.1.4 Rompimiento de las emulsiones.....	21
2.2.1.5 Intercambio iónico.....	22
2.2.1.6 Neutralización.....	23
2.2.1.7 Control de la actividad microbiana.....	23
2.2.2 Características medias del agua del río Autiki.....	24
2.2.2.1 Parámetros físico químicos y microbiológicos.....	24
2.2.2.2 Seguridad sanitaria.....	25
2.2.3 Propuesta del proceso de tratamiento de agua para el río Autiki.....	26
2.2.3.1 Capacidad de la planta	26
2.2.3.2 Ubicación.....	27
2.2.3.3 Áreas de operaciones y área de servicios.....	27
2.2.4 Legislación	27

2.3	Bases filosóficas	28
2.4	Definición de términos básicos	28
2.5	Hipótesis de investigación.....	31
2.5.1	Hipótesis general	31
2.5.2	Hipótesis específica.....	31
2.5.3	Operacionalización de las variables.....	32
CAPITULO III. METODOLOGÍA.....		33
3.1	Diseño metodológico.....	33
3.1.1	Tipo de investigación	33
3.1.2	Nivel de investigación	33
3.1.3	Diseño.....	34
3.1.4	Enfoque	34
3.2	Población y muestra	34
3.2.1	Población.....	34
3.2.2	Muestra.....	34
3.3	Técnicas de recolección de datos	35
3.3.1	Técnicas a emplear	35
3.3.2.	Descripción de los instrumentos.....	35
3.4	Técnicas para el procesamiento de la información	61
CAPITULO IV. RESULTADOS		62
4.1	Análisis de resultados	62
4.2	Contrastación de hipótesis.....	64
CAPITULO V. DISCUSIÓN		66
5.1.	Discusión de resultados.....	66
CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		68
6.1.	Conclusiones.....	68
6.2.	Recomendaciones.....	68
CAPÍTULO VII. REFERENCIAS.....		70
7.1	Fuentes documentales.....	70
7.2	Fuentes bibliográficas	71
7.3	Fuentes Hemerográficas	71
7.4	Fuentes electrónicas	72
ANEXOS.....		73

RESUMEN

Este trabajo de investigación versa sobre el tratamiento de agua del río Autiki, del distrito de Pichanaki, provincia de Chanchamayo, departamento de Junín, que cuenta con una población superior a los 70000 habitantes, quienes carecen de un servicio de agua eficientemente tratada que garantice salubridad y bienestar. El objetivo fue diseñar el proceso de tratamiento integral de las aguas del río Autiki, desde su caracterización fisicoquímica, hasta el diseño de las operaciones fundamentales, tanto como su ubicación más conveniente. En la parte metodológica, se efectuó el análisis y diseño de ingeniería, en sus diferentes etapas del proceso de tratamiento del agua de río; se analizaron las muestras, correspondiendo a un tipo descriptivo, prospectivo y transversal; con un nivel descriptivo – correlacional, enfoque mixto de análisis cualitativo y cuantitativo, culminando con la propuesta de instalar una Planta de Tratamiento de Agua Potable (PTAP). El diseño fue no experimental descriptivo transversal. Se concluyó en que es técnicamente posible la instalación de una PTAP para abastecer a la población de Pichanaki.

Palabras clave: salubridad, tratamiento, caracterización fisicoquímica, aceptabilidad.

ABSTRACT

This research work deals with the water treatment of the Autiki river, in the district of Pichanaki, province of Chanchamayo, department of Junín, which has a population of more than 70,000 inhabitants, who lack an efficiently treated water service that guarantees health and wellness. The objective was to design the comprehensive treatment process for the waters of the Autiki River, from its physicochemical characterization, to the design of the fundamental operations, as well as its most convenient location. In the methodological part, the analysis and engineering design was carried out, in its different stages of the river water treatment process; the samples were analyzed, corresponding to a descriptive, prospective and cross-sectional type; with a descriptive - correlational level, a mixed approach of qualitative and quantitative analysis, and an instrument was applied to determine the degree of acceptability of the community to the proposal to install a Potable Water Treatment Plant (PWTP). The design was non-experimental descriptive cross-sectional. It was concluded that it is technically possible to install a PWTP to supply the population of Pichanaki.

Keywords: health, treatment, physicochemical characterization, acceptability.

INTRODUCCIÓN

Actualmente, la comunidad de Pichanaki, ubicada en la provincia de Chanchamayo, Departamento de Junín, con una población superior a los 70000 habitantes, no cuenta con un adecuado tratamiento del agua potable de consumo doméstico, lo cual deviene en conocidos problemas de salud entre los pobladores, además de los problemas de saneamiento urbano y, consecuentemente, de la adecuada disposición de las aguas servidas de la ciudad. En el presente trabajo de investigación, se considera contribuir con una solución técnica al problema existente, por lo que se propone el diseño integral del proceso de tratamiento de agua del río Autiki del distrito de Pichanaki, para lo cual se ha realizado un análisis de las operaciones unitarias necesarias para el funcionamiento de una planta de tratamiento del agua potable (PTAP), la posible y adecuada ubicación de la misma, el análisis integral del agua del río Autiki, con el fin de posibilitar el abastecimiento del servicio de agua potable para la población, contribuyendo así al mejoramiento del servicio y la salubridad ambiental. De acuerdo a las guías de seguridad del agua, recomendado por la Organización Mundial de la Salud (Catalogación por la biblioteca de la OMS, 2006), y adoptado por el gobierno nacional desde el año 2006, es necesario implementar el manejo integral de los recursos hídricos y desechos sólidos, desarrollar los Planes de Seguridad del Agua (PSA), y evitar riesgos (http://www.agua.unam.mx/assets/pumagua/capacitacion/psa/guiasoms_intropsa). Se tiene como expectativa que los organismos de gobierno regional y local en sus instancias técnicas y administrativas, den acogida a la presente propuesta para su implementación a corto y mediano plazo, tal como está contemplado en el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano (DIGESA, 2011). Por parte de la autora, éste trabajo permite cumplir con la función social de poner los aprendizajes adquiridos durante la formación en el pregrado al servicio de la comunidad de Pichanaki.

CAPITULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción de la realidad problemática

Muchas de las circunstancias que se afrontan en el mundo, particularmente en estos tiempos de pandemia, generados por el SARCOV2 (COVID19, con sus variantes), ha llevado a cuestionar el rol de los diversos niveles de autoridades sanitarias y técnicas, con graves implicancias políticas y técnicas en todo el planeta, y de lo cual no es ajeno nuestro país, pues son temas que están vinculados directamente a la salud y servicios básicos. Ello lleva implícito el problema histórico de saneamiento, pues en muchos de los casos, aún con el avance de la modernidad y de la tecnología, ésta no ha llegado a muchos lugares del mundo y de la Patria. El servicio de agua, hoy declarado un derecho humano por la Organización Mundial de la Salud, OMS (Resolución 62/292, de la Asamblea de las Naciones Unidas, 28 de julio de 2010), contemplado en el artículo 7 – A – de la Constitución Política del Perú (DL 30588 del 21 de junio de 2017), ha desnudado una situación de insalubridad y riesgo social en que vive nuestra sociedad.

En la región Junín, el ámbito de cobertura de los ríos Perené, Yurinaki, Pichanaki y Autiki, entre otros, es un enclave orográfico importante del Perú, en el cual se encuentran instaladas diversas empresas mineras y petroleras, que con su acción generan situaciones de stress social y contaminación, como sucede con el lote 108 de la empresa Pluspetrol, que se constituye en un foco de atención. Por otro lado, desde hace varios años, 2014 – 2015, se ha llamado la atención, y hasta la Autoridad Nacional del Agua, ANA, ha reportado los resultados de la calidad del agua superficial, entre los cuales se cuenta con que los cuerpos de agua tienen un pH ligeramente básico, pero al mismo tiempo se encuentra impactada por coliformes termotolerantes y *Escherichia coli*, producto de las descargas de aguas residuales domésticas y municipales, así como por la presencia de residuos sólidos (www.ana.gob.pe).

Entre los contaminantes analizados se detectaron excedencias en la concentración de aluminio, coliformes totales y coliformes termotolerantes en exceso, y trazas de componentes orgánicos volátiles y otros, cuya fuente de

generación es por un lado antropogénica y por otro, de origen natural, debido a la formación geológica propia de la cuenca Perené (Zonificación Ecológica y Económica de la Región Junín, ZEE, 2015, pp. 49, 58, 97).

Hasta el momento, el manejo del problema no ha sido el mejor, por la desatención del gobierno municipal y/o de la región. El tratamiento del agua para consumo humano, es prioritario, y la justificación por la carencia de recursos técnicos o aspectos presupuestales.

Ante ello, se ha formulado esta propuesta de Ingeniería Química, consistente en el diseño del proceso de tratamiento integral del agua del río Autiki, para abastecer de agua potable al Distrito de Pichanaki.

1.2 Formulación del problema

1.2.1 Problema general

- ¿Es posible diseñar el proceso del tratamiento de las aguas del río Autiki, Distrito de Pichanaki, provincia de Chanchamayo, 2021?

1.2.2 Problemas específicos

- ¿Es asequible la caracterización físico química de las aguas del río Autiki, que abastecen al distrito de Pichanaki, provincia de Chanchamayo, 2021?
- ¿Es posible el diseño de las operaciones fundamentales para el tratamiento del agua del río Autiki, distrito de Pichanaki, provincia de Chanchamayo, 2021?
- ¿Es factible la selección del lugar de instalación de una planta de tratamiento de las aguas del río Autiki, distrito de Pichanaki, provincia de Chanchamayo, 2021?

1.3 Objetivos de la investigación

1.3.1 Objetivo general

- Diseñar el proceso de tratamiento de las aguas del río Autiki, distrito de Pichanaki, provincia de Chanchamayo, 2021.

1.3.2 Objetivos específicos

- Caracterizar por análisis físico químico las aguas del río Autiki que abastece al distrito de Pichanaki, provincia de Chanchamayo, 2021.
- Diseñar las operaciones fundamentales para el tratamiento del agua del río Autiki, distrito de Pichanaki, provincia de Chanchamayo, 2021.
- Seleccionar el lugar de instalación de una planta de tratamiento de las aguas del río Autiki, distrito de Pichanaki, provincia de Chanchamayo, 2021.

1.4 Justificación de la investigación

1.4.1 Justificación teórica

El tratamiento del agua de río para convertirla en apta para el consumo humano, está constituido por una serie de operaciones físicas y químicas, que van a permitir llegar a la obtención de un agua procesada que reúna los requisitos y especificaciones dictados por la normatividad establecida, la cual acoge criterios y recomendaciones de la OMS, el Ministerio de Salud, MINSA, de la ANA, etc.

La calidad del agua de consumo humano, proveniente de aguas superficiales, es posible debido a la existencia de tecnología avanzada, que permite reducir la dureza, alcalinidad, la carga bacteriana, y los sólidos suspendidos totales tanto como los componentes orgánicos volátiles que pueden estar presentes en el recurso hídrico.

Según las Guías para la Calidad del Agua de consumo humano de la Organización Mundial de la Salud (2018), no hay que llevar a cabo un exhaustivo proceso de detección de todos y cada uno de los agentes patógenos, ya que hacerlo requeriría un tiempo excesivamente largo y su procedimiento sería demasiado complejo (OPS, 1998). Es precisamente la Organización panamericana de la salud, que puso en evidencia las serias deficiencias en la provisión de agua potable y saneamiento básico la causa fundamental de la aparición del cólera y otras

enfermedades infecciosas intestinales, que justamente son la causa de los grandes problemas del Perú (OPS, 1998, p. 461). Los mayores riesgos que se corre al consumo de agua contaminada, se asocian a la presencia de heces humanas o de animales (mamíferos, aves y reptiles), los cuales pueden contener patógenos, bacterias, virus, protozoos y helmintos. Por lo cual, es suficiente identificar ciertos microorganismos que son perjudiciales para la higiene y sanidad humana: los llamados indicadores bacterianos de contaminación, y su tratamiento brindará la inocuidad microbiana.

Un sistemático tratamiento fisicoquímico reduce grandemente el problema, utilizando los insumos correspondientes garantiza la seguridad del agua de consumo humano, y protege la salud pública, mediante el acercarse al cumplimiento de los estándares de calidad ambiental del agua, de manera integral.

1.4.2 Justificación práctica

En la cuenca hidrográfica del Perené, formada por la confluencia de los ríos Chanchamayo (formado por los deshielos de la cordillera de Huaytapallana, al este de Huancayo, con el nombre de Tulumayo), y Paucartambo en Junín, se encuentra ubicado el río Autiki, que abastece del líquido elemento a la ciudad de Pichanaki y sus anexos, y dadas las circunstancias descritas anteriormente, se ha convertido en una necesidad social el abastecimiento de agua segura a la ciudad.

Asimismo, es conocido el hecho de que existen focos de contaminación generados por la insalubridad del agua del río Autiki, debidos principalmente a las actividades antropogénicas, y también a la carencia de un adecuado método para la remoción y tratamiento de los factores contaminantes.

Por otro lado, ante la carencia de una, es necesario diseñar e implementar una planta de tratamiento de agua para consumo humano, que, evidentemente, va a

facilitar superar muchos aspectos antes referidos y brindar a la comunidad la posibilidad de una mejor calidad de vida. Es preciso remarcar el hecho de que corresponde al gobierno municipal y al regional, ser artífices de la gestión para la solución del problema, que beneficiará al distrito de Pichanaki, y zonas aledañas, en la provincia de Chanchamayo, departamento de Junín.

1.4.3 Justificación legal

El desarrollo de este trabajo de investigación se enmarcó dentro de la normatividad vigente en la UNJFSC, y se sustenta en los reglamentos para la obtención del Título profesional de Ingeniero Químico, concordante con la R.C.U 0373 – 2021 – CU – UNJFSC.

Asimismo, bajo el amparo de la Ley Universitaria 30220, el artículo 100, inciso 100.13, en que se garantiza el derecho de realizar una tesis de grado, artículo 6, inciso 6.2, en que se expresa como fin de la universidad el formar profesionales de alta calidad de manera integral y con plenos sentido de responsabilidad social, de acuerdo a las necesidades del país.

1.4.4 Justificación metodológica

Para el diseño del proceso de tratamiento de las aguas del río Autiki, distrito de Pichanaki, provincia de Chanchamayo, se hizo uso de las técnicas de diseño de Ingeniería Química, cuya metodología es esencialmente de tipo documental y explicativa, y su enfoque es cualitativo observacional sujeta a los protocolos recomendados tanto por la norma, como por los criterios tecnológicos, para lo cual se debe incluir en el procedimiento estándar de toma de muestras para los análisis físico químicos, como para el diseño de las operaciones de tratamiento, los resultados del proceso y el posterior tratamiento de los datos.

1.5 Delimitación del estudio

1.5.1 Delimitación espacial

- Distrito de Pichanaki.
- Provincia de Chanchamayo.
- Departamento de Junín.
- Región de Junín.

1.5.2 Delimitación temporal

- Meses : Inicio en Agosto 2021
- Finalización : 2022
- Período estimado: 07 meses
- Coordenadas UTM:

10° 52' 01"S, 74° 40' 43" O / -10.86694444, -74.67861111

- Localización de Pichanaki. (ver earth google)



Figura 1. Localización del distrito de Pichanaki

Referencia: <https://earth.google.com/web/search/CENTRO+POBLADO+SAN+JUAN+CENTRO+AUTIKI/@10.8660994,-74.8120125,920.55756123a,1035.36870034d,35y,0h,45t,0r/>

1.5.3 Delimitación teórica

Esta investigación está orientada a diseñar el proceso de tratamiento del agua del río Autiki, sus operaciones unitarias, caracterización físico química y su posible instalación en el Distrito de Pichanaki, Provincia de Chanchamayo.

1.6 Viabilidad del estudio

1.6.1 Viabilidad técnica

Desde el punto de vista de la disponibilidad de los estándares normalizados por la legislación peruana, la información de tipo tecnológica y la existencia de antecedentes y reportes de diseño e instalación de plantas para el procesamiento de las aguas superficiales de río, tanto en el Perú como en otros países, y si se agrega el interés social para el cumplimiento de los derechos que posee la comunidad de disponer de agua potable, se puede considerar técnicamente viable la presente investigación, quedando la propuesta técnica para los ajustes financieros y programación de las entidades y autoridades correspondientes.

1.6.2 Viabilidad ambiental

El desarrollo del presente trabajo de investigación está dirigido a solucionar un problema sanitario y ambiental, para lo cual se planea, diseñar un proceso de tratamiento de agua de río Autiki, identificando los parámetros físico químicos del agua, las operaciones unitarias y la ubicación de la planta, luego de lo cual se procederá a la evaluación de la información, y el impacto que producirá en el distrito de Pichanaki, provincia de Chanchamayo.

CAPITULO II – MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la Investigación

2.1.1 Investigaciones internacionales

Según lo expresado por Arízaga M., J., (2016) en su tesis de grado de magister en la Universidad de Guayaquil, Ecuador, la evaluación de la planta de agua potable de la ciudad de Vinces se basó en el análisis de tres aspectos importantes: el análisis físico químico y microbiológico del agua del río, en una consulta social para la rehabilitación de la planta de tratamiento de agua potable y en la evaluación de la calidad del agua en cada etapa, siendo lo último lo que le permitió inspeccionar de cada etapa del proceso, rediseñando los desarenadores , que permiten el manejo de algunos parámetros claves para el tratamiento integral del agua, como el caudal, tiempo de decantación de la arena, la velocidad superficial, velocidad de arrastre, área superficial y longitud final , y otros parámetros de diseño que incluyeron las dimensiones (altura del vertedero, velocidad de escurrimiento, volumen del cuerpo sedimentador, entrada y longitud del desarenador). Por otro lado, los resultados de los análisis de agua realizados llevaron a la conclusión de que el agua de río si es apta para su tratamiento, y, finalmente, en base a la prueba de jarras llegó a la conclusión de que se debe trabajar con a dosificación de coagulantes y floculantes químicos que permitan alcanzar valores de turbidez de 2.2 NTU y 4.04 NTU, acordes con la norma ecuatoriana INEN 005-9-1. No obstante, para que el agua sea apta para el consumo humano, deberá alcanzar 1 NTU de acuerdo a las recomendaciones de la OMS, como límite máximo, para lo cual se rediseñaron los parámetros arriba referidos,

umentando el volumen del tanque de abastecimiento en un 22.5%, aumentar el volumen del sistema de floculado en un 55%, y aumentar la capacidad de filtrado en un 25.9% , ya que el filtrado rápido existente solo filtra el 74.1% .

La investigación desarrollada por Hernández T., J. E. y Corredor B., C. A., (2017), referida al diseño y construcción de una planta modelo de tratamiento para la potabilización de agua, tuvo como objetivo general el diseño y construcción de un prototipo de planta de potabilización, en la Universidad Católica de Colombia, tomando base en diferentes modelos de plantas de tratamiento de agua potable creados en otras universidades, a objeto de disponer de un modelo más eficiente, tomando en cuenta todos los parámetros correspondientes. Ellos llegaron a la conclusión que debería elegir aquel modelo que le permitió alcanzar una eficiencia del 88% , lo cual lograron mediante pruebas de calibración sucesivo, estableciendo la dosis óptima de floculador (prueba de jarras) de 0.1 g/L por un tiempo de retención de 16 minutos y 42 segundos, así como un tiempo de sedimentación de 17 minutos y 38 segundos, y la turbiedad cambio desde la entrada de 30.6 NTU, antes de la potabilización, a 20.8 NTU a la salida del floculador tipo Alabama, luego a 19.5 NTU a la salida del desimentador tasa alta, y finalmente 3.88 NTU a la salida del filtro rápido o de todo el sistema en general.

En su tesis de grado, Cárdenas P., C. M. (2014), propone el diseño de una planta de tratamiento de agua potable, donde hace una explicación detallada “de las plantas de tratamiento de agua potable, del proceso de potabilización, las operaciones unitarias utilizadas, la legislación y criterios para una PTAP...”, y dentro de la metodología, utilizó los índices de calidad para consumo humano (IRCA), vigentes y los análisis correspondientes. Finalmente, al final de las operaciones de pre –

cloración, coagulación, floculación, sedimentación, filtración y desinfección, reportó un estudio de costos, a objeto de analizar la factibilidad económica de su propuesta.

Asimismo, de acuerdo con Orellana, (2005), que en la unidad temática N° 6, de su texto Ingeniería Sanitaria, de la Universidad de Rosario, Argentina, el tratamiento de las aguas va desde el acopio, el almacenamiento, la precloración, aereación, clarificación por coagulación total, floculación, decantación y filtración, y la desinfección, antes de ser puestas al servicio público, para lo cual, cada etapa debe tener un manejo de un conjunto de factores, incluyendo los métodos que más convengan a cada etapa, desde la eliminación de la dureza de calcio y magnesio hasta la disposición de los fangos, la eliminación de los iones excedentes de hierro y manganeso, la descarbonatación y el tratamiento biológico.

2.1.2 Investigaciones nacionales

De acuerdo con Quispe C., J.G., (2019), el diseño de una planta de tratamiento de agua para consumo humano, empieza por la caracterización de la fuente de agua mediante análisis en diferentes épocas del año, a objeto de alcanzar los estándares de calidad ambiental (ECA) para el agua. A continuación, planteó el análisis de operación y mantenimiento de plantas de tratamiento, adecuándose a los cambios estacionales, los que determinan variaciones en la calidad de agua acopiada, pues debido a factores como las precipitaciones pluviales, o la sequía condicionan tales cambios. El método de tratamiento de agua base que utilizó fue, a partir del almacenamiento, la pre cloración, pre filtrado en filtro de grava descendente, filtrado en filtro de arena, desinfección o post cloración.

Sánchez V., I. D., (2017), en su propuesta de mejoramiento de la capacidad de producción de agua potable de la planta existente en Mollendo y Matarani,

administrada por SEDAPAR – SUNASS, considera que para la obtención necesaria para la población que supera los 30000 habitantes, es necesario rediseñar todas las operaciones en cuanto a capacidad se refiere, lo cual permitirá mejorar la capacidad de 98.5 L/s a 200 L/s. Uno de los focos fundamentales de rediseño propuesto por el autor es el área de filtración, que implica el dimensionamiento y granulometría del lecho filtrante de acuerdo a la clasificación SUCS, considerando que la primera capa debe tener una granulometría proyectada mínima, en la primera capa, de 0.83 mm y una máxima de 2.83 mm; en la segunda capa, de 0.5 mm mínima y 1.41 máxima; y, en la tercera capa, 1.5875 mm, mínima, y 3.175 mm máxima, y de 3.175 mm mínima a 6.35 mm máxima. Estos diseños propuestos van a permitir alcanzar los estándares de calidad del agua requeridos por la normatividad actual. Y así, se redimensionaron todos los equipos e instalaciones, con el propósito de mejorar la calidad de agua potable que ingresa a las redes públicas. La forma de verificación utilizada fue mediante análisis físico químico, aplicando tecnologías actualizadas en todas las operaciones.

Ordinola, S., E., (2019), que propuso el diseño de una PTAP, considera que las operaciones físicas que se realizarán al agua superficial que abastece a la población del distrito de Ignacio Escudero, Piura, se realizarán utilizando métodos convencionales, siendo el tratamiento químico el corazón del proceso de acondicionamiento del agua, comenzando con la coagulación que permite alcanzar el objetivo principal de reducir la turbiedad y el color debido a la materia orgánica, en forma coloidal, para lo cual recomendó el uso de sales de aluminio o hierro, que facilitan la coagulación y posterior floculación “que envuelven y arrastran a las partículas suspendidas para ser removidas con mayor eficiencia en los siguientes procesos de la sedimentación y filtración”, llegando a probar mediante el test de jarras que el uso

óptimo de coagulante es de 30 mg/L, y el grado de turbiedad alcanzado con tal tratamiento llegó a 2.5 NTU (nephelometric turbidity units) . Posteriormente, recomendó el tratamiento microbiológico utilizando algicidas como los sulfatos de aluminio y cobre.

De acuerdo a la resolución ministerial N° 029 – 2021 – Vivienda, referida al reglamento nacional de edificaciones, y del D.S. N° 011 – 2006 – Vivienda, están regulados los criterios técnicos para el desarrollo de proyectos de plantas de tratamiento de agua para consumo humano, y quedan establecidos los alcances de los términos utilizados, y expresan de manera clara algunos de los requisitos principales a tomarse en cuenta por norma, tales como la ubicación de la planta debe elegirse una zona de bajo riesgo sísmico, no inundable, por encima del nivel de máxima creciente del curso de agua, y se deben de considerar: “...la factibilidad de construcción o disponibilidad de vías de acceso, las facilidades de aprovisionamiento de energía eléctrica, las disposiciones relativas a la fuente y al centro de consumo, el cuerpo receptor de descargas de agua y la disposición de las descargas de lodos”. Criterios que se tomarán en cuenta en la presente investigación.

2.2 Bases teóricas

El agua potable es un elemento vital, de amplia utilización, y del cual depende a salud y vida. Desde la antigüedad el hombre comenzó a despertar en la necesidad de proteger y mejorar su calidad de vida, y de acuerdo con las teorías evolutivas, desde Darwin y Oparin, el elemento agua está en la matriz de vida orgánica de todas las especies vivientes, y dentro de ello, el hombre.

La composición de las células puede llegar hasta un 98% de agua, y en general, los seres vivos tienen una composición de agua que mínimamente es del 75%, más los diversos elementos minerales, salinos, orgánicos, etc.

Características físicas y químicas del agua potable:

Para que el agua sea potable, debe reunir las siguientes características:

- a. Límpida, es decir, debe ser libre de turbidez
- b. Incolora, no debe tener coloración alguna.
- c. Inodora, no debe oler ni agradable ni desagradable.
- d. Debe contener aire disuelto lo que garantiza la presencia del oxígeno.
- e. Pocas sales disueltas, es decir, baja dureza cálcica o magnésica, entre otras.
- f. Permite realizar la cocción de alimentos.
- g. Disuelve al jabón y forma espuma. Si no disuelve al jabón, el agua no es apta para consumo humano.
- h. Contiene poca concentración de nitratos y nitritos, los que en concentraciones altas son tóxicos.
- i. No debe tener materia orgánica La presencia de materia orgánica produce descomposición y mal olor.
- j. Debe fluir con facilidad, su densidad es de 1 g/cc, a condiciones normales, pues se sabe que la densidad depende fundamentalmente de la temperatura y la salinidad. A 20°C, la densidad del agua sería de 998kg/m³, o 0.998 g/cc, y la presión atmosférica no afecta en gran medida la densidad.

Por lo que, la densidad del agua es una función directa de la temperatura.

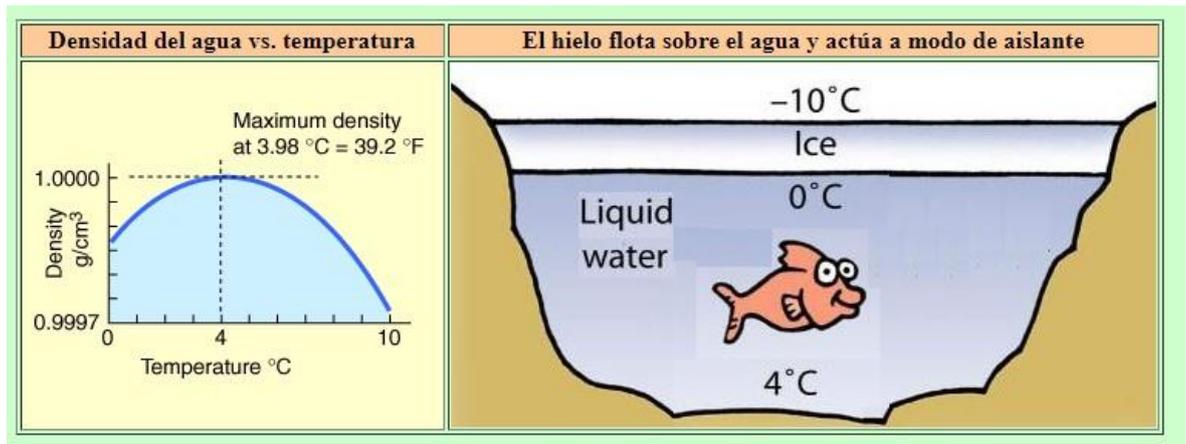


Figura 2

La densidad del agua y la temperatura

Fuente: Universidad del País Vasco (EHU)

Las aguas potables municipales:

Las comunidades difieren ampliamente, en características y tamaño, pero tienen en común el hecho de que cualquier comunidad va a buscar que el agua disponible para su uso, ya sea como agua potable, en forma de agua para consumo directo, en la preparación de alimentos, y para servicios diversos, o como agua industrial, o de riego. En cualquiera de los casos, y particularmente en el primero, el agua potable, se deben cumplir con los estándares de calidad establecidos por la Organización Mundial de la Salud, OMS, la Organización Panamericana de la Salud, OPS, y el Ministerio de Salud (MINSA).

El agua ha sido tratada por cientos de años mediante una variedad de procesos, aunque los procedimientos para producir agua segura no fueron desarrollados sino hasta el siglo XIX. Ello fue el resultado de la observación que muchos padecimientos humanos, epidemias, etc., eran debidos al consumo de agua insegura. El avance de la investigación científica, permitió observar que el cloro era efectivo para desinfectar el agua y destruir los organismos patógenos que eran la causa de la muerte, por lo que, tras muchos años de trabajo experimental se estableció que la presencia de una cierta concentración de cloro residual en el agua (hoy en día es

aceptado que la concentración de cloro residual en el agua potable debe tener un mínimo de 0.2 mg/l y un máximo de 2 mg/l, en cualquier punto de la red del servicio), que se distribuía a las poblaciones, la protegía contra la contaminación dañina. Hoy en día, muchos países utilizan la clorinación de las aguas; otros, utilizan ozonización, y otros métodos con agentes desinfectantes.

El cloro y otros desinfectantes pueden reaccionar con trazas orgánicas presentes en fuentes acuosas; sus sub productos pueden ser objetables en sabor u olor, y algunos pueden ser dañinos, por lo que actualmente existen protocolos a observar en el tratamiento de las aguas potables de consumo humano. El tratamiento del agua se basa en normatividad brindada por los organismos de salud, y en los procedimientos desarrollados por los Ingenieros Químicos, sanitarios y otros, para favorecer la salud poblacional.

El tratamiento de aguas potables en las plantas modernas:

Debido a que el agua potable es un servicio básico, y un derecho humano, básico para la vida, el interés del público y de los entes gubernamentales ha sido fuerte, lo cual ha generado una demanda para plantas modernas de tratamiento de agua, entrenado operadores, y vigilancia cuidadosa del tratamiento químico y la calidad del agua.

De acuerdo a los reportes de United States Public Health Services Standards, desde 1962 a la fecha, el consumo per cápita de agua puede oscilar entre 0.36 m³/día y 0.76 m³/día en las grandes ciudades, incluyendo diversos usos, aunque, paulatinamente se ha verificado el incremento en el consumo de agua potable para diversos servicios y propósitos.

El uso primario del agua depende esencialmente de la disponibilidad de las fuentes de agua, del clima y variaciones estacionales, y el costo del agua acabada. En cambio, en los lugares donde el agua es escasa, ésta es usada solo para propósitos esenciales. Como todo servicio, los costos juegan un factor importante, y el agua puede estar restringida en su uso como el riego de césped, ya que los usos esenciales deben ser atendidos sin importar los costos. Para ello existen, actualmente, opciones, como el re uso de las aguas, que permiten disponer de aguas tratadas con agua reprocesada después de su uso.

A lo largo de los años, la calidad del agua se ha vuelto más estricta debido a la demanda pública y la preocupación por los efectos contaminantes específicos, incluyendo consideraciones de palatabilidad.

Antes de 1975, los estándares de calidad del agua que regían en los Estados Unidos de Norteamérica, generados en 1962, dominaban a casi todos los países del mundo. Pero, a partir de ese año, se plantearon nuevas regulaciones para los estándares para la seguridad del agua potable, que han quedado como referencia para garantizar la calidad del agua, mediante las normas adoptadas por la Organización Mundial de la Salud. Tales estándares, incluyendo los límites recomendados, han ido evolucionando en las llamadas Normas y Guías OMS para la calidad del agua de consumo humano. Las últimas Normas vigentes internacionales corresponden a la de la 3ra edición (1971), y las Guías vigentes son las de la 3ra edición (2004).

Las Guías describen los requisitos mínimos de prácticas de seguridad para proteger la salud de los usuarios; los “valores guía” para los contribuyentes del agua; e, Indicadores de la calidad del agua.

En el contexto de las Guías OMS 3ra edición, se considera:

- a. Las prácticas de seguridad mínima y los valores guía NO son límites mandatorios.
- b. Los límites se deben considerar en el contexto ambiental, social, económico, político y cultural (sea local o nacional).

Los criterios para el establecimiento de los valores guía han sido planteados para una expectativa de vida de 70 años, para un peso promedio de 60 kg, para un consumo de agua de 2 l/día, y con un nivel de riesgo de 10^{-6} DALYs (Disability Adjusted Life Year o años de vida ajustados por discapacidad (AVAD) y equivale a aproximadamente a un riesgo de contraer cáncer de 10^{-6} durante la expectativa de vida de una persona).

Hay que considerar que entre las características físicas más importantes que se deben considerar están: la turbidez del agua, que no debe exceder las 10 ppm (escala de sílice); el color, que no debe exceder las 20 ppm (escala de platino); y, el olor, que no debe tener olor ni sabor desagradable.

Asimismo, entre sus características químicas, no deberá tener minerales disueltos (ver tabla adjunta), ni exceso de sustancias empleadas en el tratamiento. Por lo que, entre las normas a observar, el plomo no excederá 0.1 ppm; flúor, no excederá el 1.5 ppm; el arsénico, selenio y cromo no más de 0.05 ppm cada uno; cobre, no más de 3 ppm; fierro y manganeso, juntos, no más de 0.3 ppm; magnesio menos de 125 ppm; zinc, menos de 15 ppm; los cloruros y sulfatos, no más de 250 ppm cada uno; los compuestos fenólicos no excederán de 0.001 ppm (base del fenol); y, los STD no excederán de 500 ppm (a falta de disponibilidad de agua, se puede tolerar una concentración de 1000 ppm).

En la mayoría de las plantas de tratamiento de agua potable se utilizan la coagulación, el ablandamiento, la filtración, la cloración, etc., dependiendo de la naturaleza del agua fuente.

Cuando las aguas provienen de un río, como en este caso, y considerando que los ríos forman su caudal de los manantiales de las montañas, de la cordillera, y en su recorrido van a entrar en contacto con tierras conteniendo menas metálicas, y en épocas de lluvia con lodos y deslizamientos producto de los huaycos, de tal modo que el tratamiento está dirigido a remover la materia sólida y la carga bacteriana.

2.2.1. LAS OPERACIONES UNITARIAS DEL TRATAMIENTO DEL AGUA

El agua destinada al consumo humano en las grandes y pequeñas urbes sigue un procedimiento más o menos estándar, dependiendo de la fuente de procedencia, como embalses, ríos, etc., es sometida a tratamientos mecánicos y químicos antes de cumplir su cometido.

Antes de someter las aguas crudas a operaciones de tratamiento, se debe realizar el pre tratamiento (Degrémont, 1979, p.111), consistente en:

a. Captación de las aguas: El río debe ser canalizado con muros, o rocas altas, con una anchura variable, dependiendo del caudal y la capacidad de la planta para el tratamiento. En esta fase, se debe realizar:

- ✓ Desbaste: para limpiar preventivamente las aguas cruda de materiales u objetos, para lo cual se utilizan rejillas de barrote, yendo de separaciones de 3 – 10 mm, 10 – 25 mm, 50 – 100 mm, según el tamaño de partícula. Las rejillas pueden ser limpiadas en manual o automatizada.
- ✓ Dilaceración: tiene por objeto desintegrar las materias sólidas presentes en el agua, complementa el pretratamiento cuando el desbaste es insuficiente, y previene el peligro de obstrucción de tuberías y bombas, ocasionadas por las

masas de fibras textiles o vegetales unidas a las grasas y formaciones de costras de fango. Los aparatos adaptados para este fin son dilaceradores sin elevación de agua y dilaceradores en línea.

- b. Desarenado:** para extraer la grava, arena o partículas minerales de tamaños superiores a 200 micras. A los desarenadores ingresa el agua (son tanques de bajo flujo), aquí se produce una separación natural de la arena, debido a la disminución de la velocidad de flujo a lo largo de éstas unidades. Los desarenadores, mayormente, son rectangulares de tipo canal y se diseñan en base a la velocidad de sedimentación (V_c) de las partículas de menor tamaño y del caudal máximo circulante:

$$V_c = \frac{\text{Caudal máximo}}{\text{velocidad } V_c \text{ de la partícula menor a retenerse}}$$

La pre-decantación es una operación previa a la clasificación, y tiene por objeto eliminar la totalidad de la arena fina y la mayor cantidad de barro. Se trata en realidad de una decantación natural de los materiales suspendidos, sin uso de reactivos. Los tiempos de contacto depende la carga de materiales suspendidos, pero pueden variar de 1 a 2 horas, y están en función de los períodos críticos, estacionales.

El tratamiento de las arenas y desechos, separadas en el desbaste, se evacúan manualmente, mecánicamente o hidráulicamente. Las materias separadas se depositan en vertederos, o se entierran, o incineran, según la naturaleza o composición de los desechos.

- c. Pre cloración:** a la salida de los desarenadores, el agua recibe una primera dosis de cloro para reducir la carga bacteriana, y, sobre todo, controlar la septicidad y el olor. Si hubiese trazas de grasas, en esta parte se eliminarán. Cuando se trata de aguas superficiales que han sido contaminadas por efluentes urbanos, es

necesario implementar el desaceitado y desengrase de las aguas. Ello sucede con cierta frecuencia, porque no existen ríos sin contaminantes urbanos. Para tal cometido, en el primer caso, se debe realizar una separación líquido – líquido, y en el segundo, sólido – sólido, dependiendo de que la temperatura del agua sea suficientemente baja para la coagulación de las grasas.

Finalmente, se realiza el tamizado, que es una filtración macrotamizada, para chapa perforada o enrejado metálico con paso superior a 0.3 mm; o microtamizado, cuando la tela metálica o plástica es inferior a 100 micras, para retener las materias en suspensión.

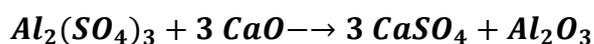
- d. Estanque regulador de captación:** se debe construir un estanque que tenga una capacidad suficiente (para la población de Pichanaki, debería ser unos 80000 metros cúbicos, con una longitud de 100 metros, y una profundidad de 8 metros. El tanque regulador de la captación cumple dos funciones: permite interrumpir la captación, cuando hay avenidas de aguas turbias por efecto estacional de lluvia; y, en las épocas de sequía, uniformizar la producción de la planta, controlando la escasez de agua en el río (esto último es fundamentalmente, una previsión, pero históricamente, el río Autiki siempre tiene un caudal alto).

A continuación, se consideran las siguientes operaciones unitarias incluyendo las reacciones químicas inherentes a cada etapa:

2.2.1.1.COAGULACIÓN Y FLOCULACIÓN (Primera sedimentación): Se

inicia aplicando sulfato de aluminio y cal. El sulfato es el coagulante que aglutina las partículas de arcilla. La cal controla el pH. Luego pasa a una zona de fuerte turbulencia, a objeto de dispersar los productos químicos. A continuación, el agua atraviesa una cámara diseñada para favorecer la formación de grumos. Finalmente, el agua ingresa a los sedimentadores

de flujo horizontal, donde se produce el asentamiento de los grumos de alúmina y arcilla.



Las especies coloidales encontradas en el agua cruda y servida incluye arcillas, sílice, hierro y otros metales pesados, color y solidos orgánicos, como residuos de organismos muertos. Los coloides pueden ser también producidos en los procesos de precipitación tales como el ablandamiento con cal. El aceite y agua residual está frecuentemente coloidal.

Entre la amplia variedad de materia coloidal en el agua, hay una amplia distribución de tamaño de partículas. Las siguientes partículas, por su tamaño, afectan la tendencia a asentarse en aguas tranquilas:

Típica	mm	micrones	Área superficial (total)	Tiempo de estabilización, caída 1 m
Grava	10	10000	3.14 cm ²	1 seg.
Arena gruesa	1	1000	31.4 cm ²	10 seg.
Arena fina	0.1	100	314 cm ²	125 seg.
Limo	0.01	10	0.314 m ²	108 min
Bacteria	0.001	1	3.14 m ²	180 hr
Materia coloidal	0.0001	0.1	31.4 m ²	755 días

Fuente: The Nalco water handbook, section 8-2, McGraw Hill book company.

Los flocs formados por la aglomeración de varios coloides pueden no ser lo suficientemente grandes para sedimentar o deshidratar a la velocidad deseada. Un floculante se junta con otras partículas floculadas (como alumbre, sales de hierro, moléculas de polímeros pesadas y floculantes simples. La floculación se promueve por mezcla lentamente,

que une los flocs lentamente. Una velocidad muy alta desgarrar los flocs y raramente vuelven a juntarse. La floculación no solamente incrementa el tamaño de las partículas de flocs, sino que también afecta la naturaleza física del floc. lodos y lechadas, cuando se floculan, se deshidratan a velocidades más rápidas en los lechos de arena, y en equipo deshidratador mecánico debido a la estructura menos gelatinosa del floc. (The Nalco wáter handbook).

2.2.1.2. SEPARACIÓN DE SÓLIDOS Y LÍQUIDOS (Cálculos de sedimentación):

Se utiliza, por lo general, la ecuación de la Ley de Stokes:

$$V = \frac{2R^2(S_1 - S_2)g}{9\mu}$$

Donde:

V : Velocidad de sedimentación, pulg/s

R : Radio de la partícula, en pulg.

S₁: Gravedad específica (densidad) de la partícula, lb/pie³

S₂: Gravedad específica del líquido, lb/pie³ (para el agua es 62.4)

g: Aceleración de la gravedad

μ: Viscosidad en centipoises.

Al término del tiempo de sedimentación se procede a la separación de los líquidos de los sólidos, siendo el líquido sobrenadante el que se va a drenar, mientras que los sólidos se acumulan como lodos, que luego serán separados en forma mecánica.

La separación de sólidos /líquidos en el tratamiento del agua incluyen el proceso de remoción de sólidos suspendidos en el agua por

sedimentación, esfuerzo, flotación y filtración, lo cual incluye espesamiento de los sólidos y deshidratación por gravedad, flotación, sedimentación, centrifugación y filtración.

Los sólidos suspendidos como aquellas partículas capturadas por la filtración a través de una lana de vidrio o a través de membranas de 0.45 micrones. Aquellos sólidos que pasan son considerados como coloides o sólidos disueltos.

La selección de los procesos específicos o combinados para remover los sólidos suspendidos del agua dependen de la naturaleza de los sólidos su concentración y la claridad de filtrado requerida.

Es así que los sólidos gruesos pueden ser removidos con mayor facilidad que los finos, ya que estos últimos requieren de floculación y sedimentación, a diferencia de los primeros.

La relación aproximada de tamaño de partícula a los dispositivos de separación S/L, usada en tratamiento de agua van desde 0.1 micrones para partículas de 10^{-4} mm, hasta 1000 micrones para partículas de 10^0 mm.

2.2.1.3.PRECIPITACIÓN (Segunda sedimentación): Empieza con la segunda aplicación de sulfato de aluminio. El agua ingresa a los decantadores por el fondo de la unidad, desde donde el agua se proyecta para filtrarse a través de un manto de fango en suspensión, previamente formado por sedimentos.

Para que el manto no engrose, se realiza en forma intermitente la extracción del fango.

La homogeneidad del manto y el engrosamiento de los grumos se obtienen estableciendo una intermitencia o pulsación en el régimen de flujo en el decantador.



Una vez que el agua ha sido acopiada de su fuente, donde puede estar en un estado de equilibrio, ésta es manipulada por bombeo, aireación y calentamiento, alguno de estos factores puede alterar su estabilidad y llevar a la corrosión o deposición.

Ya sea que el agua tienda a ser corrosiva o formar CaCO₃ como depósito, puede ser predecida en base a su Índice de Estabilidad, el cual puede ser calculado a partir del producto de la solubilidad del carbonato de calcio y las concentraciones de ciertos iones presentes en el agua. Los mismos principios usados en la predicción de la estabilidad del agua son aplicados a todos los procesos de precipitación.

La precipitación puede hacer uso del producto de solubilidad de un componente conteniendo un ión o radical que es considerado perjudicial, y que puede asimismo ser removido antes que el agua sea puesta en servicio. La disminución de la concentración de iones calcio por precipitación como carbonato de calcio es un ejemplo de ello.

La adsorción es un proceso con algunas similitudes a la precipitación. La elección de un adsorbente y el grado de remoción que éste puede alcanzar, puede ser determinada solamente aproximadamente. La data para propósitos de estimación puede ser hallada en los procesos técnicos. Un ejemplo de adsorción es la remoción de sílica a partir de agua como precipitado de hidróxido de manganeso.

La temperatura es un factor importante en ambas, en la precipitación y en la adsorción. El producto de solubilidad es afectado por la temperatura. Conociendo las características de solubilidad del precipitado deseado influirá en el equipo de tratamiento.

Uno de los principios fundamentales de la precipitación es que el tamaño de un precipitado se incrementa si la reacción química es animada para que ocurra sobre partículas precipitadas previamente.

Para la filtración se utilizan filtros de arena de 1 metros de espesor, y un tamaño de grano de 1 mm, con el fin de reducir la carga bacteriana del agua. La salida de los filtros son regulados por sifones, con admisión parcial de aire (que permitirá mantener operativo el filtro).

LA FILTRACIÓN:

En lo que se refiere a la filtración, ésta tiene una serie de aplicaciones, incluyendo el uso de tamices moleculares para una filtración. Puede ser macrotamizado, para chapa perforada o enrejado metálico con paso superior a 0.3 mm; o microtamizado, cuando la tela metálica o plástica, sea de malla inferior a 100 micras, para retener materias en suspensión.

Como todo material utilizado, éste poco a poco va a ir degradando, por lo que, en la medida de lo posible, se debe dar tratamiento a arenas y, en caso de que hubiese desechos orgánicos, darles la correcta disposición.

Las arenas separadas en el desbaste se evacúan manualmente, mecánicamente o hidráulicamente. Las materias separadas se depositan en vertederos, o se entierran, o se incineran, según su naturaleza o composición.

La clarificación del agua se consigue haciéndola pasar por grandes filtros estructurados de la siguiente manera: una capa de grava gruesa en la base, encima, una capa de gravilla, luego una capa de arena gruesa y finalmente una capa de arena fina.

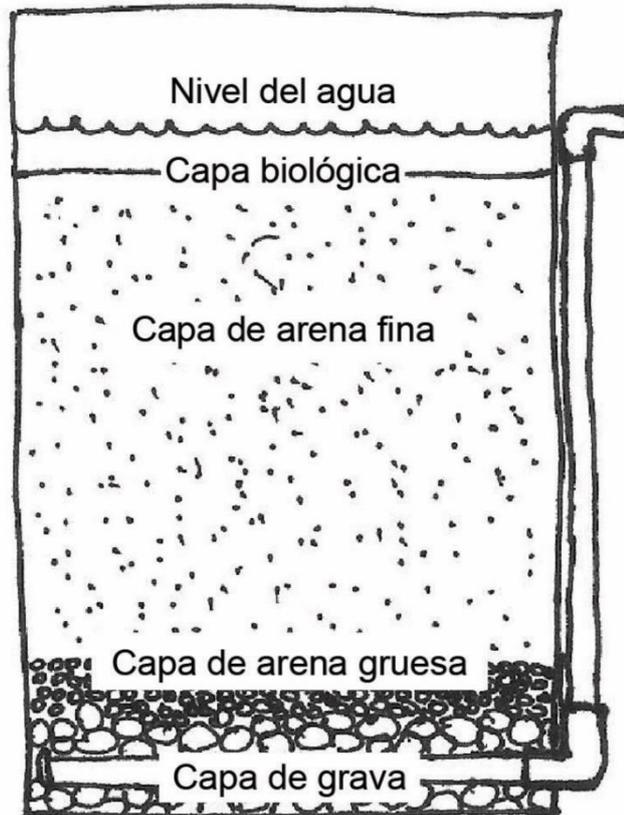


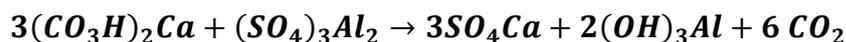
Figura 3

Esquema de filtro de grava y arena

Fuente: <https://www.echocommunity.org/es/resources/917a9497-5cb6-4465-a656-d12c86f35d4d>

Esta filtración es complementada con la adición de alumbre, cal, sulfato de hierro y carbón activado, que al reaccionar aglutinan a las bacterias, eliminando una parte considerable de las mismas, y eliminan los malos olores.

La reacción que ocurre es la siguiente:



2.2.1.4.ROMPIMIENTO DE LAS EMULSIONES

Este tipo de acción se ejecuta cuando existe contaminación de la fuente con aguas servidas.

Una emulsión es una mezcla íntima entre dos fases líquidas, tal como el aceite y el agua, en la cual cada fase puede ser dispersada en la otra. En la química del agua, dos tipos de emulsiones son comunes, aguas residuales aceitosas (aceite emulsificado en agua o emulsión O/W), y emulsiones de aceite usado (agua emulsificada en aceite o emulsiones W/O).

Emulsiones de residuos aceitosos y emulsiones de aceites usados pueden ser diferenciados visualmente. Las emulsiones O/W parecen ser solo agua sucia aceitosa; una gota de la emulsión agregada al agua se dispersa. Una emulsión W/O es usualmente gruesa y viscosa; una gota de esta emulsión agregada al agua no se dispersa.

Las emulsiones de aceite en agua pueden ser rotas por electrolitos químicos o por métodos físicos. La ruptura de una emulsión es también llamada resolución, puesto que el resultado es separar la mezcla original en sus partes. Químicos son usados comúnmente para el tratamiento de aguas aceitosas y emulsiones de aceite usado, para mejorar el tratamiento mecánico.

En el rompimiento de las emulsiones, los factores de estabilización pueden ser neutralizados para permitir que las gotas emulsionadas se fusionen. Las cargas eléctricas acumuladas sobre las gotas emulsificadas son neutralizadas introduciendo una carga opuesta a la de las gotas. Los químicos que rompen las emulsiones para llevar cargas negativas. Asimismo, para desestabilizar una emulsión de aceite en agua, una emulsión catiónica (carga positiva) deberá ser utilizada.

2.2.1.5 INTERCAMBIO IÓNICO

El intercambio iónico tiene el propósito de obtener agua blanda (si es sin dureza será útil para agua de calderos), y es pertinente hacer una breve consideración al respecto. Sobre todo considerando que en el caso de las aguas subterráneas tienen dureza elevada, y el intercambio iónico puede ayudar a disminuirla.

Los iones de intercambio remueven iones no deseados de un agua cruda por la transferencia de ellos a un material sólido, llamado ion intercambiador, el mismo que los acepta mientras devuelve un número equivalente de una especie deseable presente en el esqueleto del intercambiador iónico. El intercambiador iónico tiene una capacidad limitada de almacenamiento de los iones en su esqueleto, llamada capacidad de intercambio, porque este tiene una capacidad hasta que alcanza la saturación con los iones no deseados.

La capacidad el intercambiador está en forma de lechos, teniendo un tamaño de malla aproximado de 20 – 40 (0.8 – 0.4 mm). Las soluciones se expresan en términos de normalidad; una solución 1 normal contiene un equivalente – gramo de electrolito en un litro de solución. Un lecho de intercambio iónico puede ser considerado como una solución sólida; el intercambiador catiónico típico tiene una normalidad de aproximadamente 2.0, y el intercambiador aniónico de base fuerte una normalidad de aproximadamente 1.3. La capacidad es también expresada como mili equivalentes por mililitro (meq/ml) y kiligramos por pie cúbico (kgr/pie³).

Los intercambiadores clásicos son ciclo sodio y ciclo hidrógeno. El primero utiliza zeolitas, mientras que el segundo ácido halogenados.

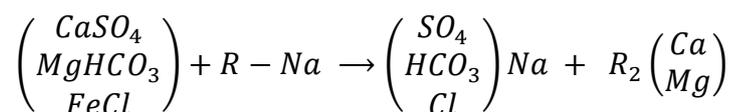
INTERCAMBIO IÓNICO

El intercambio iónico es un tratamiento externo que se realiza al agua, y consiste en la desmineralización o ablandamiento, con el propósito de reducir y/o eliminar la dureza, junto a todas las impurezas del agua.

INTERCAMBIO CATIONICO CICLO SÓDICO (R – Na):

Principio: consiste en hacer para el agua dura a través de zeolita (resina de intercambio catiónico), donde son retenidos los iones, principalmente de calcio, magnesio, y fierro; y en su reemplazo, cede al agua una cantidad equivalente de iones sodio. Las resinas tienen mayor afinidad con los cationes divalentes.

Reacción:

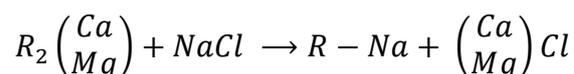


Agua dura

Regeneración:

- ✓ Cuando la resina se agota se debe realizar otro intercambio iónico para devolver el ión sodio.
- ✓ Se realiza la reactivación de la resina, empleando la sal (NaCl), el cual devolverá el ión sodio a la resina, para iniciar un nuevo ciclo de ablandamiento.

Reacción de regeneración:



La dureza se determina con la prueba del jabón, que consiste en tomar una muestra de 25 ml de agua, a la cual se agregan 1 o 2 gotas de solución concentrada de jabón. Si se forma espuma blanca y permanece por 10 minutos, el agua es blanda, y se puede decir que el agua tiene dureza cero (en lo práctico).

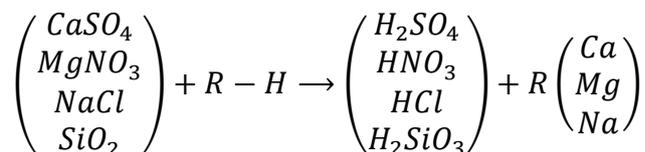
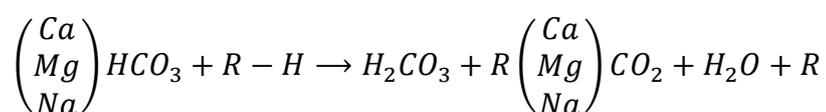
Las resinas:

Pueden ser de origen animal como las zeolitas sódicas (aluminio silicato de sodio), y de tipo orgánico o resinas sintéticas (resinas carbonáceas, obtenidas por sulfonación del carbón; resinas de polietileno sulfonado, obtenidas por la copolimerización del estireno y del difenilbenceno). La resina más utilizada es la resina catiónica ANBERLITE IR-120.

INTERCAMBIO CATIONICO CICLO HIDRÓGENO (R – H)

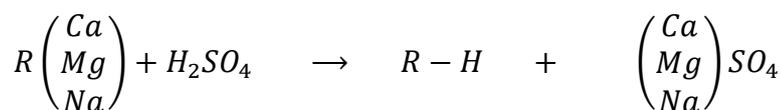
Principio: Es muy similar al de las resinas ciclo sódico; se diferencian porque en este caso el ión movible para el intercambio es el hidrógeno, y la regeneración se realiza con ácido sulfúrico clorhídrico. Es así que se forman con los aniones libres, los respectivos ácidos ionizables fuertes y débiles (H_2SO_4 , HNO_3 y HCl , ácidos fuertes; y, H_2CO_3 y H_2SiO_3 , ácidos débiles). El H_2CO_3 se descompone en CO_2 y H_2O . La elección del regenerante es en función de los costos.

Reacciones:



Se observa que cuando la concentración de sulfatos y cloruros es baja en el agua dura, el agua blanda obtenida es de baja acidez, se puede neutralizar regulando el pH utilizar soda cáustica después de la desgasificación; pero, si está en valores altos, se debe pasar por un ablandador de resina sódica.

Regeneración:



resina agotada

resina reactivada

RESINAS ANIÓNICAS:

Bajo el mismo criterio que en el uso de las resinas cationicas, también se utilizan las resinas aniónicas, que se pueden clasificar en tres grupos:

- ✓ Resinas aniónicas débilmente básicas: utilizadas para neutralizar los ácidos fuertemente ionizables (no elimina los ácidos débilmente ionizados; se regeneran con carbonato de sodio)
- ✓ Resinas aniónicas fuertemente básicas (neutralizan o eliminan los ácidos fuertes y débilmente ionizables; se regeneran con soda cáustica)
- ✓ Resinas aniónicas de basicidad intermedia (se comportamiento semejante a las resinas débilmente básicas, pero se diferencian en que el regenerante será la soda cáustica, y requiere de instalar adjunto otro equipo con resina aniónica fuertemente básica, la que debe regenerar primero, luego la intermedia).

Por lo que, el proceso de desmineralización combinando tanto las resinas catiónicas como las aniónicas, eliminará todo el contenido de sales presentes en el agua, obteniéndose de esta manera agua químicamente pura, que se utilizará para los distintos laboratorios, o para abastecer calderos de presiones moderadas a altas.

Límites recomendados para alcalinidad y pH para aguas tratadas:

Los estándares sugieren los siguientes requerimientos para aguas tratadas químicamente, por ejemplo, tratamiento con cal, zeolitas y otros métodos de intercambio iónico o cualquier otro método de tratamiento químico, se deben reunir los siguientes requisitos:

- a. La alcalinidad a la fenolftaleína calculada como CaCO_3 no deberá ser mayor de 15 ppm (0.4 veces la alcalinidad total). Esto limita el pH permisible a 10.6 a 25°C.
- b. La alcalinidad del carbonato normal no deberá exceder de 120 ppm, puesto que la alcalinidad normal es función de la concentración de iones de hidrógeno y de la alcalinidad total, este requisito puede llenarse manteniendo la alcalinidad total dentro de los límites sugeridos.

2.2.1.5. NEUTRALIZACIÓN

Las reacciones ácido – base son consideradas las más prevalentes de los procesos químicos utilizados en el acondicionamiento del agua, los mismos que, afortunadamente, tienen bajos costos, o al menos, costos manejables.

Esos químicos residuales, además, pueden ser utilizados para neutralización en tratamiento de desechos

El progreso de una neutralización puede ser medido por el pH. Sin embargo, esta medición puede estar condicionada por la capacidad de buffer de agua para controlar la neutralización. Por ejemplo, es mucho más sencillo neutralizar un agua ácida conteniendo ácido clorhídrico a un pH de 7.5 con una solución de carbonato de sodio que con soda cáustica.

2.2.1.7 . CONTROL DE LA ACTIVIDAD MICROBIANA

Muchas de las reacciones de oxidación - reducción que ocurren en el agua son biológicamente mediadas, y en muchos casos, los efectos de los microorganismos deben ser reducidos para que el agua tenga seguridad para los usuarios. La actividad de los lodos presentes en el agua se debe a la carga microbiana, sin embargo, muchos de esos organismos son necesarios para el tratamiento de las aguas residuales, donde se necesitan reacciones de tipo fermentativo, y se constituyen en enzimas que ayudan al proceso de purificación del agua.

En el caso del agua de río, con presencia de carga orgánica, se debe someter a un tratamiento y esterilización, para lo cual se recomienda el uso de algunos biocidas sin efectos residuales, para prevenir el riesgo de contaminación del agua con residuos hospitalarios, o emisiones y efluentes urbanos, que en muchos casos van a los cuerpos de agua naturales, manantiales o ríos.

Para realizar un adecuado tratamiento, se deben realizar los análisis y así se puede tomar la acción correspondiente, porque que ello nos permite identificar que organismos están presentes, y cuál es su población.

Entre los organismos que pueden causar problemas están:

- ✓ Bacterias
- ✓ Hongos
- ✓ Algas
- ✓ Protozoos
- ✓ Altas formas de vida.

Entre los reactivos utilizados se encuentran:

- ✓ Los organosulfurados
- ✓ Fenoles clorinados
- ✓ Biocidas catiónicos
- ✓ Organometálicos

Las estrategias utilizadas varían de acuerdo a la naturaleza y población de los componentes.

El tratamiento químico tiene por objeto la purificación bacteriológica del agua, la cual se realiza mediante agentes desinfectantes energéticos: Cloro, Ozono, rayos ultravioletas, etc., ya que la cloramina formada da sabor al agua:



La adición de sulfato de cobre o permanganato potásico a los depósitos evita la proliferación de plantas microscópicas, que darían mal olor y color al agua.

Tabla 1
Estándares de agua de beber, U.S.A.

Componente	Límite recomendado, mg/l	Límite por mandato federal, mg/l
Sulfonato alquilbenceno (ABS)	0.5	---
Arsénico (As)	0.001	0.05
Bario (Ba)	---	1.0
Cadmio (Cd)	---	0.01
Extracto de cloroformo de carbón (CCE)	0.2	---
Cloro (Cl)	250	---
Cromo (Cr)	---	0.05

Cromo total (Cr)	1.0	---
Cobre (Cu)	0.01	---
Cianuro (CN)	0.6 – 0.9*	1.4 – 2.4 *
Flúor (F)	0.3	---
Hierro (Fe)	---	0.05
Plomo (Pb)	0.05	---
Manganeso (Mn)	45	45
Nitrato (NO ₃)	0.001	---
Fenoles	---	0.01
Plata (Ag)	---	0.05
Sulfato (SO ₄)	250	---
Sólidos totales disueltos (STD)	500	---
Zinc (Zn)	5	---
Mercurio (Hg)	---	0.002
Turbidez (NTU)		1 NTU promedio mensual 5 NTU promedio de dos días consecutivos (5 NTU promedio mensual, puede aplicarse a la opción de estado)
Radiactividad (natural)	---	Alfa grueso 15 pCi/l

Fuente: The Nalco Water Standard, (1979, p. 35-2)

De acuerdo a ello, los parámetros a tomar en cuenta en el diseño de una planta de tratamiento de agua potable son exactamente los publicados por DIGESA – MINSA, vigentes (anexos 1, 2 y 3), Reglamento de calidad del agua para consumo humano.

Características del agua cruda

Las características del agua cruda varían ampliamente de acuerdo a su fuente, siendo las mayores diferencias entre las aguas superficiales y las aguas profundas o de pozo, agua blanda y agua dura. Esas características hacen que el agua necesite diferente tipo de tratamiento, como el control de algas, la turbidez, la remoción, reblandecimiento, estabilización de aguas, y desinfección. Las aguas altamente contaminadas adicionalmente requieren tratamiento para remover orgánicos. Ciertas aguas tienen inorgánicos indeseables, constituyentes también.

Generalmente, los suministros de agua dentro de una determinada región geológica son similares, y ha habido una tendencia a las aguas superficiales debido a su

disponibilidad y a minimizar el riesgo de hundimiento de la tierra debido a la extracción incontrolada de las aguas subterráneas.

Las aguas con una turbidez constante son mejores para tratar que aquellas con turbidez variable. La presencia de color en muchas aguas de baja alcalinidad requiere de un tratamiento especial. El control de la corrosión será tan importante como el monitoreo de la calidad, a objeto de hallar los estándares de calidad.

En algunos casos, los requerimientos de seguridad en el agua pueden necesitar un cambio de las fuentes de abastecimiento. Naturalmente, en el tratamiento de agua segura, puede requerir de varios proveedores en una extensa zona para compensar los gastos económicos.

Esquemas típicos de tratamiento de agua potable. El agua necesita caracterizarse, para los procedimientos y operaciones físico químicas.

Tabla 2:
Tratamiento de impurezas para aguas superficiales

Tratamiento típico	Superficie					
	Turbidez	Basura y olor	Dureza	Color	Hierro/Manganeso	Algas
Pre aireación	X				X	
Solo filtración (con o sin químicos)		X			X	X
Intercambio iónico	X		X		X	
Ablandamiento y precipitación en una o dos etapas	X		X	X	X	X
Clarificación química y filtración		X	X		X	X
Oxidación		X		X	X	X
Clorinación		X		X	X	X
Adsorción		X		X		
Fosfatos		X		X		
Zinc fosfatos				X		

Fuente: The Nalco water handbook (1979)

Tabla 3:

Tratamiento típico de impurezas en aguas subterráneas

Tratamiento típico	Subterránea		
	Dureza	Hierro/Manganeso	H ₂ S
Pre aireación		X	X
Solo filtración (con o sin químicos)		X	
Intercambio iónico	X	X	
Ablandamiento y precipitación en una o dos etapas	X	X	
Clarificación química y filtración	X	X	
Oxidación		X	
Clorinación		X	X
Adsorción			X
Fosfatos			
Zinc fosfatos			

Fuente: The Nalco water handbook (1979)

Tabla 4:

Tratamiento de las impurezas de las aguas superficiales o subterráneas

Tratamiento típico	Superficie o subterránea				
	Bacteria/Virus	Metales pesados	Orgánicos	Corrosión	Depósitos
Pre aireación					
Solo filtración (con o sin químicos)					
Intercambio iónico					
Ablandamiento y precipitación en una o dos etapas					
Clarificación química y filtración					
Oxidación	X	X	X		
Clorinación	X	X	X		
Adsorción			X		
Fosfatos				X	X
Zinc fosfatos				X	

Fuente: The Nalco water handbook (1979)

El tratamiento para obtención de agua potable de río

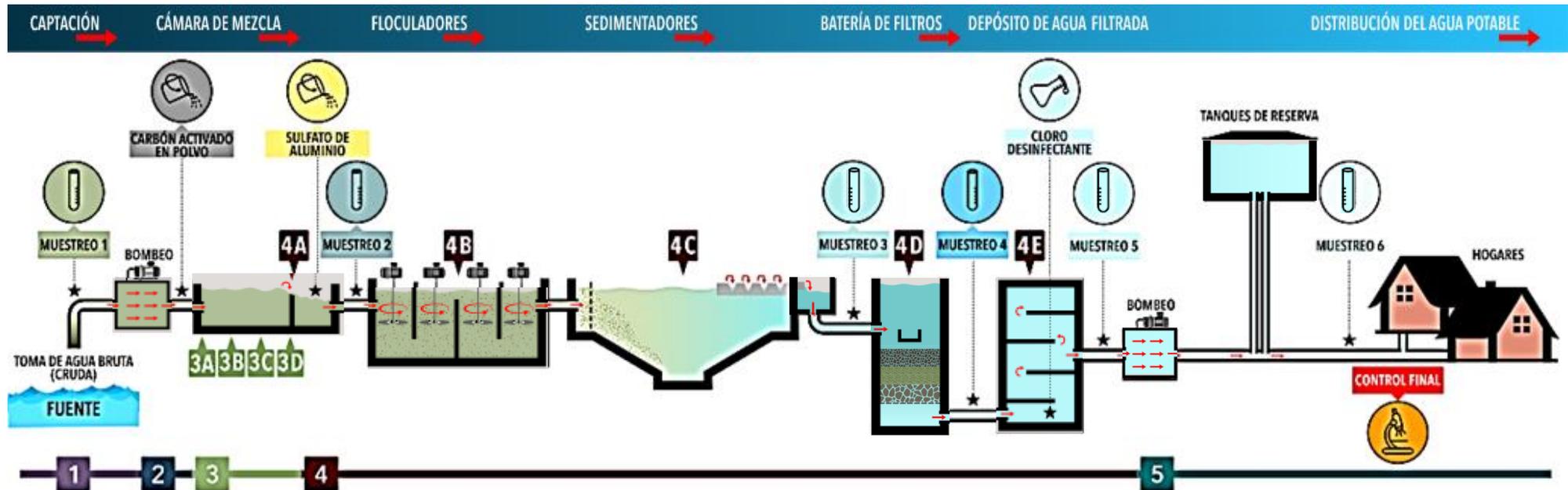


Figura 4:

Etapas del proceso de tratamiento del agua potable del río Autiki.

Referencia: <http://www.ose.com.uy/agua/etapas-del-proceso-de-potabilizacion>

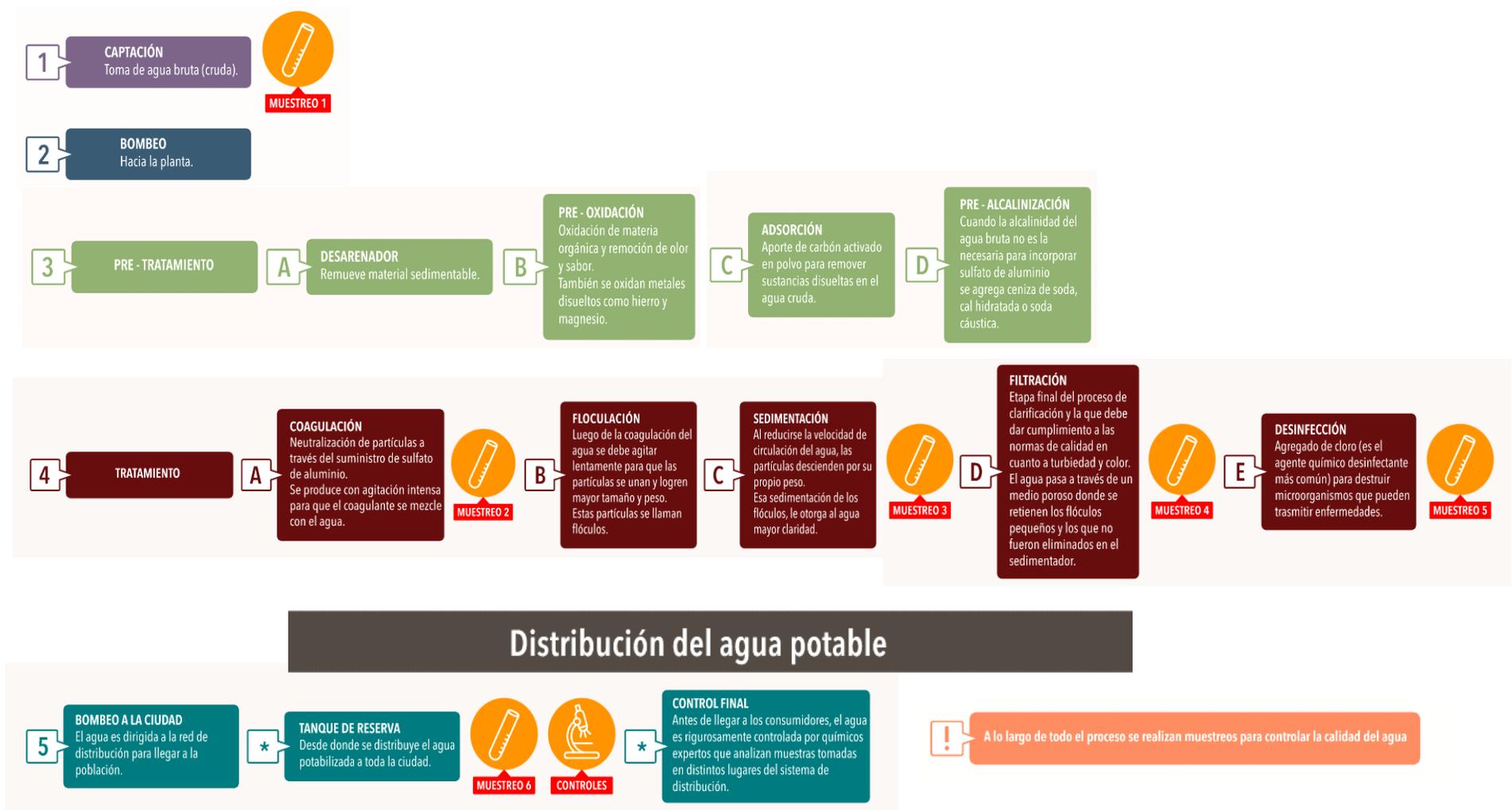


Figura 5:
Etapas del proceso de tratamiento del agua potable del río Autiki.
Referencia: <http://www.ose.com.uy/agua/etapas-del-proceso-de-potabilizacion>

2.2.2. Características medias del agua del río Autiki

2.2.2.1 Parámetros físico químicos y microbiológicos

Los Parámetros físicos, químicos y microbiológicos a tomar en cuenta son:

Parámetro	Unidades o detección	LMP
Físico:		
✓ Color	✓ UCV	20
✓ Conductividad	✓ $\mu\text{S}/\text{cm}$	1320
✓ Olor	✓ Organoléptica	---
✓ Temperatura	✓ $^{\circ}\text{C}$	---
✓ Turbiedad	✓ NTU	1.77
Químicos:		
✓ Dureza Ca^{++} y Mg^{++}	✓ mg/L	85
✓ Alcalinidad	✓ Índice de Langhelier	---
✓ Acidez, pH	✓ pHmeter	8.09
✓ Compuestos orgánicos volátiles	✓ mg/L	---
✓ Compuestos orgánicos no volátiles	✓ mg/L	---
Microbiológicos:		
✓ Coliformes totales	✓ NMP/100 ml	$36 * 10^2$
✓ Coliformes termotolerantes	✓ NPM/100 ml	790
✓ Bacterias heterotróficas	✓ NPM/ml	---

2.2.2.2 Seguridad sanitaria

La seguridad sanitaria está en función a las normas sanitarias establecidas por el Ministerio de Salud, acordes con las recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud (OMS), y que se basan en el cumplimiento de todos los protocolos y en especial

del programa de entrenamiento en salud pública del MINSA y considerando que se debe de cumplir con:

- ✓ Tratamiento químico integral de las aguas de consumo humano.
- ✓ Cuando se trata de control de la calidad del agua para consumo directo, se recomienda seguir:
 - a. El método físico de hervir las aguas antes consumirlas.
 - b. Utilizar el método solar y el método SODIS recomendado por la OMS para aguas clarificadas.

2.2.3. Propuesta del proceso de tratamiento de agua para el río Autiki

2.2.3.1. Capacidad de la planta

De acuerdo al censo nacional de 2019, el distrito de Pichanaki tiene una población de 69,456 habitantes, incluyendo sus anexos.

La OMS recomienda que cada persona debe consumir 100 litros diarios de agua. En el Perú, se estima que un poblador peruano, en promedio puede consumir hasta 163 litros por día, dependiendo del lugar y condiciones de vida poblacional. Para los cálculos de tamaño de planta, se va a determinar en base a lo recomendado por la OMS.

La capacidad de la planta de tratamiento de agua en Pichanaki, provincia de Chanchamayo, Departamento de Junín, se estima en:

$$V_{Total} = 69456 \text{ persona} * \frac{100 \frac{l}{\text{dia} - \text{persona}}}{1000 \frac{l}{m^3}} * 365 \frac{\text{dias}}{\text{año}} = 2535144 \frac{m^3}{\text{año}}$$

La capacidad de la Planta de tratamiento de agua para Pichanaki debe ser de $253,5144 \frac{m^3}{\text{año}}$

2.2.3.2. Ubicación

La ubicación de la Planta debe ser en las proximidades del río Autiki, en zona alta y libre de riesgos de avenidas en época estacional de lluvias. Debe cumplirse con la autorización del INDECI (Instituto Nacional de Defensa Civil), y licencia de la sección de Obras civiles de la Municipalidad distrital de Pichanaki.

Plano de ubicación del centro poblado San Juan Centro Autiki, y los demás centros poblados que se podría abastecer agua potable en caso se llegue a ejecutar el proyecto y una ampliación del mismo.

- ✓ COORDENADA NORTE: 878819.00 m S
- ✓ COORDINADA ESTE: 520545 m E
- ✓ ZONA: 18L

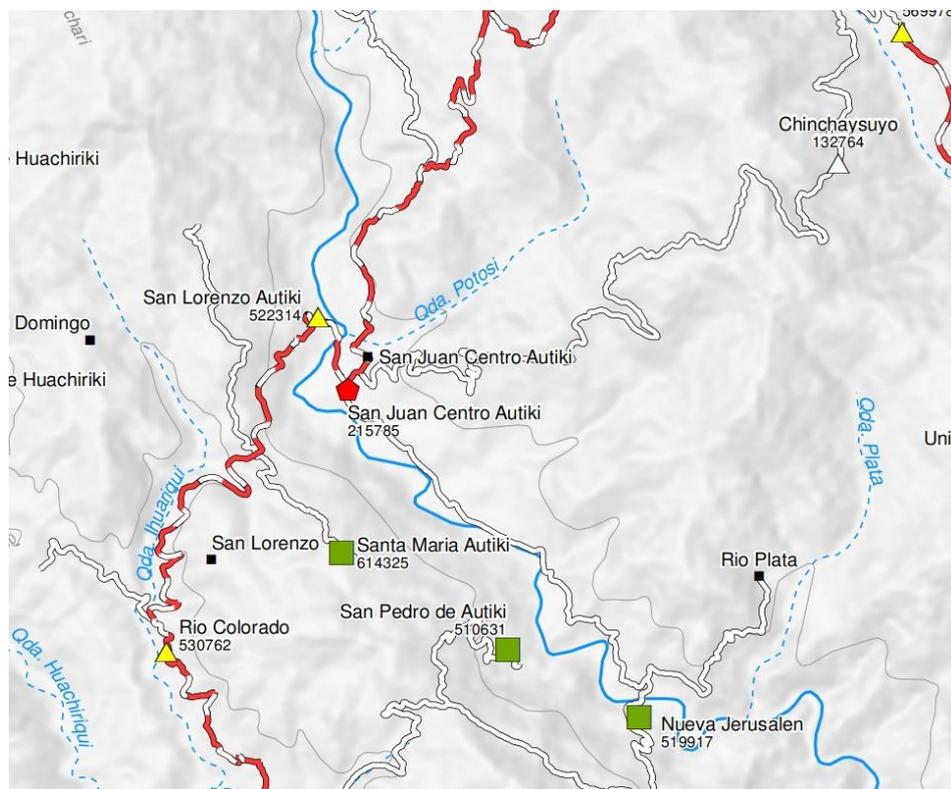


Figura 5:
Plano de ubicación del centro poblado San Juan Centro Autiki
Fuente: <https://googlemap.com>

Ubicación del Río Autiki de donde se realizaría la captación de agua.

- NORTE: 8801461.47 m S
- ESTE: 520179.07 m E
- ZONA: 18 L
- ALTITUD: 1000 msnm

Kilómetros de distancia desde el centro poblado San Juan Centro Autiki y la captación de agua del Río Autiki propuesta en el proyecto.

- 3.44 km

2.2.3.3. Áreas de operaciones y área de servicios

Ubicación de la planta de tratamiento de agua potable en el Centro Poblado

San Juan Centro Autiki:

- NORTE: 8799599.33 m S
- ESTE: 500416.46 m E
- ZONA: 18 L
- ALTITUD: 960 msnm

Ubicación del reservorio de agua potable para la distribución al Centro

Poblado San Juan Centro Autiki:

- NORTE: 8798890.26 m S
- ESTE: 520542.72 m E
- ZONA: 18 L
- ALTITUD: 923 msnm

Ubicación del Centro Poblado San Juan Centro Autiki Earth Google

Punto más elevado del Centro poblado.

- ALTITUD: 921 m s. n. m.

Punto más bajo del Centro poblado.

- ALTITUD: 893 m s. n. m.

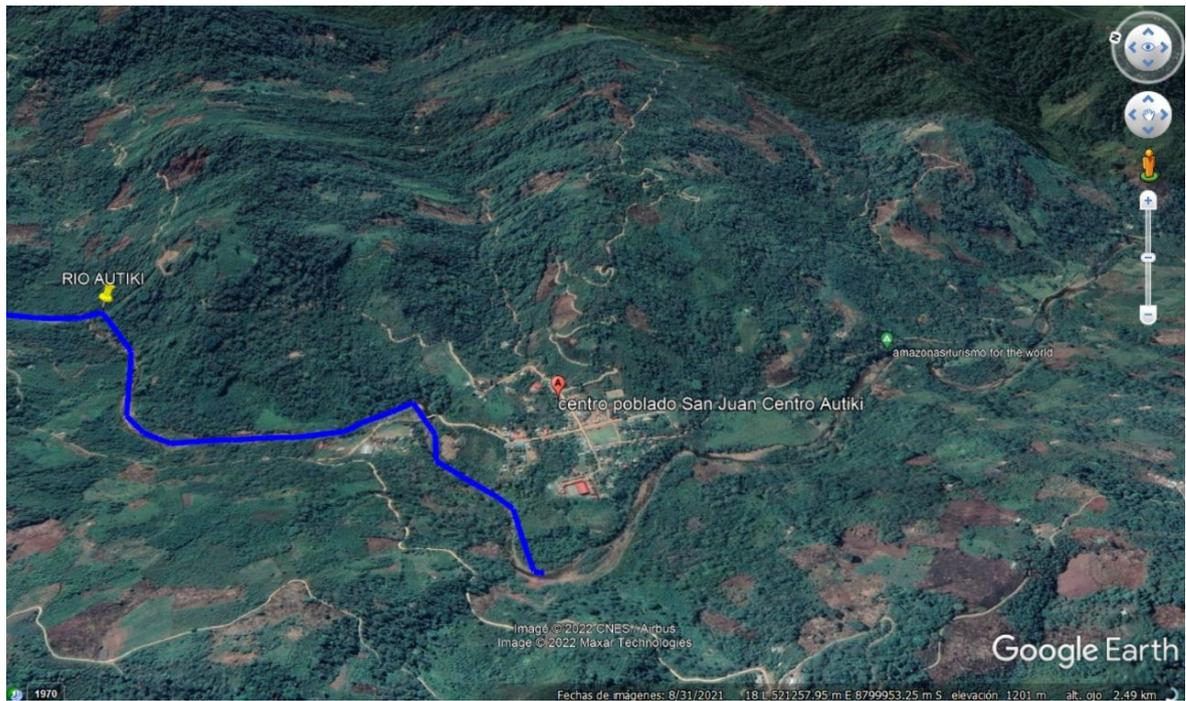


Figura 6:
El río Autiki
Fuente: <https://www.earthgocle.com>



Figura 7:
Ubicación de la bocatoma para la Planta de Agua del río Autiki
Fuente: <https://www.earthgocle.com>

De acuerdo a los criterios de Diseño de Planta, el área de operaciones ocupa el 50% del área total disponible de la Instalación, el 20% corresponde a servicios y edificios, quedando el 30% para expansión futura.

2.2.4. Legislación

- ✓ Ley N° 30045, Ley de modernización de los servicios de saneamiento, 2013.
- ✓ D. S. 006 – 2015 – Vivienda, Reglamento de la Ley N° 30045, Ley de modernización de los servicios de saneamiento
- ✓ Ley N° 29325 – 2019 Ley del sistema nacional de evaluación y fiscalización ambiental.

2.3. Bases filosóficas

Uno de los aspectos fundamentales, que constituyen parte del pensamiento innovador y creativo, radica en el aporte para la solución de los problemas humanos, lo que da razón de ser los trabajos de tesis, como el presente. El aporte que brindará esta investigación será muy valioso, considerando que el cuidado de la salud y la vida, va vinculado a una forma de pensar filosófica, pues es un anhelo de los seres humanos, vivir en armonía, paz y prosperidad, para la dignificación del ser humano y la protección de la naturaleza. Ello se ha constituido como una forma de vida, una forma de pensar, y una forma de actuar.

2.4. Definición de términos básicos

NTU, (Nephelometric Turbidity Unit), unidad nefelométrica de turbidez, utilizada para medir la turbidez de un fluido líquido ocasionada por sólidos suspendidos, utilizando como patrón formacina (solución de hidracina y hexametilentetramina

para formar el patrón de turbidez de 400 NTU), utilizando un turbidímetro o nefelómetro que mide la intensidad de la luz dispersada a 90 grados cuando un rayo de luz pasa a través de una muestra de agua. Las unidades de NTU se cuantifican de acuerdo a la siguiente relación: 1 mg/L o PPM = 3 NTU, por ejemplo, si se tiene SS de 300 mg/L es equivalente a 900 NTU (<https://www.tecnoconverting.es/articulos-tecnicos/que-es-la-ntu/>)

Ablandamiento de agua. La reducción o eliminación de iones de calcio y magnesio, que son la causa principal de la dureza en el agua. (<https://www.tecnoconverting.es/articulos-tecnicos/que-es-la-ntu/>)

Ablandamiento con cal. Proceso utilizado en plantas municipales para la reducción parcial de la dureza del agua. El método consiste en añadir cal apagada [Ca(OH)₂] a una fuente de agua dura, para reducir la concentración de dureza por la precipitación de carbonatos. (<https://www.tecnoconverting.es/articulos-tecnicos/que-es-la-ntu/>)

Acondicionamiento de agua. Prácticamente cualquier forma de tratamiento de agua diseñado para mejorar la calidad del agua, mediante neutralización, inhibición o eliminación de sustancias indeseables. (The NALCO Water Handbook, 1979, p. 35.1)

Agua cruda: Agua no tratada de pozos, de fuentes superficiales o cualquier agua antes de que llegue a un dispositivo o proceso de tratamiento de agua. (The NALCO Water Handbook, 1979, p. 35.1)

Agua dura: Agua con una dureza total de un grano por galón o más, como equivalente de carbonato de calcio. (The NALCO Water Handbook, 1979, p. 35.1)

Agua potable: Es el agua que se considera segura y apta para el consumo humano, con fines culinarios y domésticos. Este cumple con las especificaciones de calidad

establecidos en la versión oficial vigente de la Norma vigente. (Guías para la calidad del agua de consumo humano, ONU, 2018)

Alcalinidad: La capacidad cuantitativa del agua para neutralizar un ácido; es decir, la medida de cuánto ácido se puede agregar a un líquido sin causar un cambio significativo en el pH. En la industria del agua, la alcalinidad se expresa en mg / l de carbonato de calcio equivalente. Hay tres tipos de alcalinidad: carbonato, bicarbonato y alcalinidad de hidróxido. La alcalinidad total es la suma de los tres tipos de alcalinidad. (The NALCO Water Handbook, 1979, p. 35.1)

Bacterias: Microorganismos unicelulares que típicamente se reproducen por división celular, la mayoría son no fotosintéticas. Los diferentes tipos de organismos bacterianos regularmente se encuentran en el agua potable. La mayoría del agua tratada municipal está esencialmente libre de bacterias debido a la adición de cloro. Estos tipos de microorganismos tienen un tamaño físico de 0.02 a 2 micras y pueden eliminarse de manera efectiva mediante filtración (microfiltración) o luz ultravioleta. (Guías para la calidad del agua de consumo humano, ONU, 2018)

Coagulante: Es una sal metálica o un polímero que pueden ser, catiónicos (cargadas positivamente), aniónicos (cargadas negativamente), o no iónico (carga neutra). En tratamiento de agua se utiliza para lograr remover contaminantes, facilita su precipitación, para en caso de ser necesaria su posterior floculación y su eliminación por flotación, filtración o decantación. (The NALCO Water Handbook, 1979, p. 35.1)

Coloide: Partículas sólidas muy finamente divididas más grandes que moléculas, pero lo suficientemente pequeñas como para que no se asienten en una solución; intermedio entre una partícula disuelta y un sólido suspendido. Típicamente entre 0.1 y 0.001 micras de diámetro, generalmente requiere coagulación antes de la filtración. (The NALCO Water Handbook, 1979, p. 35.1)

Desinfección: Un tratamiento de agua que inactiva, destruye o reduce bacterias patógenas, virus y otros microorganismos con el propósito de obtener un agua microbiológicamente segura para consumo humano. Una desinfección eficaz debe de reducir la población de microorganismos en un rango del 99.9 a 99.9999 %. (The NALCO Water Handbook, 1979, p. 35.1)

Desionización: La reducción de los minerales y sales disueltas (tanto orgánicas como inorgánicas) de una solución mediante un procedimiento de intercambio iónico de dos fases. Primero, los iones cargados positivamente se intercambian mediante una resina catiónica por una cantidad equivalente de iones de hidrógeno. Después, los iones cargados negativamente se intercambian mediante una resina aniónica por una cantidad equivalente de iones hidróxido. Los iones de hidrógeno e hidróxido introducidos en este proceso se unen para formar moléculas de agua. Este proceso también se conoce como desmineralización. (NALCO, 1979, p. 35.1)

Desmineralización: La reducción de sólidos inorgánicos disueltos (sales) de una solución. Típicamente logrado por ósmosis inversa, destilación o electrodiálisis. (NALCO, 1979, p. 35.1)

2.5. Hipótesis de investigación

2.5.1. Hipótesis general

- El diseño del proceso de tratamiento del agua del río Autiki hará posible abastecer de agua potable al distrito de Pichanaki, provincia de Chanchamayo, año 2021.

2.5.2. Hipótesis específica

- El análisis físico química del agua del río Autiki, permitirá su caracterización, distrito de Pichanaki, provincia de Chanchamayo, año 2021.
- El diseño de las operaciones unitarias fundamentales hará posible el tratamiento del agua del río Autiki, distrito de Pichanaki, provincia de Chanchamayo, año 2021.

- La selección técnica del lugar permitirá la instalación de una planta de tratamiento de las aguas del río Autiki, distrito de Pichanaki, provincia de Chanchamayo, año 2021.

2.5.3. Operacionalización de las variables

En la siguiente tabla, se muestra la matriz de operacionalización de las variables, para descomponer y/o desagregar las variables del problema de investigación, de lo general a lo particular:

Tabla 6 Operacionalización de las variables

“Diseño del proceso de Potabilización de agua del río Autiki, distrito de Pichanaki, 2021”

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicadores	Valor final
<u>Variable Independiente</u>					
El diseño del proceso de tratamiento del agua del río Autiki	“El proceso de tratamiento del agua de río es esencialmente el método de purificación por etapas del agua del río Autiki”	El diseño del proceso de tratamiento del agua de río: “Se expresa como un conjunto de pasos para transformar el agua cruda del río Autiki en agua apta para el consumo humano”	1.1 Física 1.2 Química	• Caudal • Dureza	• Lt/min • mg/l
<u>Variable dependiente</u>					
Abastecer de agua potable al distrito de Pichanaki	“El agua tratada apta para consumo humano y para todo uso doméstico, incluida la higiene personal (MINSA, INS, 2016, http://bvs.minsa.gob.pe/local/MINSA/4516.pdf).	Las aguas potables: “Son las aguas seguras que han sido liberadas de agentes patógenos, mediante la desinfección y almacenamiento adecuado en el punto de consumo por parte de los usuarios o beneficiarios”	2.1 Concentración de la carga orgánica y bacteriana del medio	• Concentración de carga bacteriana • Estándar de calidad vigente	• $\mu\text{fc}/\text{m}^3$ • Cumple/no cumple

Nota: Elaboración propia.

(*): unidades formadoras de colonias

CAPITULO III – METODOLOGÍA

3.1 Diseño metodológico

3.1.1 Tipo de investigación

La presente investigación corresponde a un tipo

- a) **Descriptivo:** Los datos serán recopilados, en el lugar de la instalación de la actual planta de tratamiento.
- b) **Prospectivo:** se espera viabilizar el proyecto de Instalación de una PTAP, aplicando un instrumento (cuestionario).
- c) **Transversal:** El análisis de calidad del agua potable será una referencia para el diseño de las operaciones.

3.1.2 Nivel de investigación

El nivel corresponde a descriptivo y correlacional.

El nivel descriptivo está orientados al estudio de personas individuales, sus comunidades, los procesos, objetos u otros fenómenos (Hernandez Sampieri, 2018).

En el nivel correlacional se medirá el grado de relación existente entre las dos variables, lo que permite que la hipótesis sea sometida a prueba, mediante el coeficiente de Cronbach.

3.1.3 Diseño

El diseño corresponde a uno no experimental descriptivo transversal. El diseño correlacional permite asociar las variables mediante un patrón predecible para una determinada variable.

M ----- O

M: muestra.

O: observación de la variable.

3.1.4 Enfoque

De acuerdo al criterio de algunos autores, y a la naturaleza de los datos obtenidos:

- a. La investigación cuantitativa busca medir y cuantificar las variables.
- b. La investigación cualitativa presenta una perspectiva interpretativa.

En el estudio se trabajará con un *enfoque cuantitativo*, en la medición de los parámetros del agua de río, en el Distrito de Pichanaki, Provincia de Chanchamayo, Departamento de Junín.

3.2 Población y muestra (NO aplicable)

3.2.1 Población

No es aplicable, por cuanto la población “es el conjunto de todos los elementos (unidades de análisis) que pertenecen al ámbito espacial donde se desarrolló el trabajo de investigación” (Carrasco, 2017).

3.2.2 Muestra

Tampoco es aplicable, porque está definida como “una parte o fragmento representativo de la población” (Carrasco 2017).

Criterio de inclusión

Se realizará el análisis y evaluación de la calidad de agua de río en lo referente a dureza y demás parámetros.

Criterios de exclusión

Ninguno.

3.3 Técnicas de recolección de datos

3.3.1 Técnicas a emplear

Para la presente investigación, se cuenta con información, criterios de diseño, normas de entidades gubernamentales y no gubernamentales, nacionales e internacionales, y también se recolectará mediante medición y análisis datos.

Asimismo, la observación obedece a un criterio científico, es sistemática, controlada y cuenta con mecanismos destinados a evitar errores de subjetividad, confusiones, etc.

3.3.2 Descripción de los instrumentos

No se utilizó ningún un instrumento para recolección de datos: no es aplicable

a) Una propuesta de instalar una PTAP.

Con objeto de conocer los parámetros principales del tratamiento del agua.

3.4 Técnicas para el procesamiento de la información

No aplicable, por cuanto se trata de una propuesta de diseño de una planta de tratamiento de agua potable.

CAPITULO IV – RESULTADOS

4.1 Análisis de resultados

De acuerdo al presente trabajo de investigación, se pudo apreciar que:

Existen las condiciones sociales necesarias para instalar una Planta de tratamiento de agua potable (PTAP), que va a reunir las siguientes características:

- ✓ Capacidad del estanque regulador de la captación: 80000 a 120000 metros cúbicos, y cuyas dimensiones deben ser: Longitud: 150 a 200 metros desde la toma; la profundidad del estanque: 7 a 8 metros.
- ✓ El terreno disponible se muestra en la figura 5, con sus correspondientes coordenadas geodésicas.
- ✓ Zona: 48L
- ✓ Altitud: 921 m s. n. m.



Figura 9

Vista del terreno de la posible ubicación de la atarjea de captación

Fuente: propia

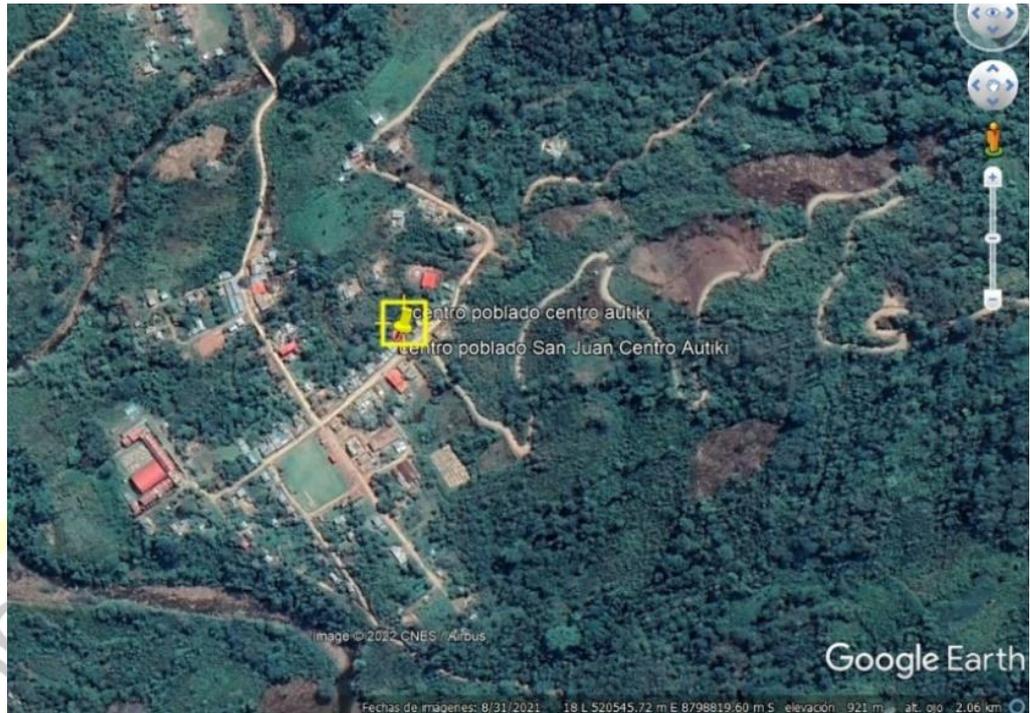


Figura 10:

Vista satelital de la posible ubicación de la Planta de Tratamiento de Agua Potable

Fuente: <https://www.earthgoogle.com>

- ✓ Capacidad estimada de procesamiento de agua para el Distrito de Pichanaki, Centro Poblado San Juan, lugar donde se ubica la mayor parte de la población:

Volumen total: $V_T = 2355144 \text{ m}^3/\text{año}$

- ✓ Población de Pichanaki: 69,456 personas, según censo del INEI (Instituto Nacional de Estadística e Informática).
- ✓ El volumen diario de producción de agua potable será de:

$$V_{diario} = 2355144 \frac{\text{m}^3}{\text{año}} * 1 \frac{\text{año}}{365 \text{ días}} = 6950 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$$

- ✓ Ello equivale a un consumo diario por persona de 100 litros.
- ✓ Este volumen calculado puede abastecer a la creciente población actual de Pichanaki.
- ✓ Si se toma en cuenta que en las grandes ciudades el consumo medio supera los 175 litros/día, hay que considerar un margen de optimización en el gasto

de agua por la población, para lo cual vienen a colación los programas de educación por parte de los organismos municipales, gobierno regional, escuelas, colegios, centros de educación superior, etc., para llegar a esas cifras, que van a garantizar un abastecimiento y la consecuente mejora en las condiciones sanitarias.

4.2. Contratación de la hipótesis

En el análisis de las operaciones necesarias para el tratamiento del agua del río Autiki, distrito de Pichanaki, se pueden considerar los siguientes aspectos:

- ✓ Existe suficiente cantidad de agua para abastecer la atarjea del Autiki, desde la zona de captación de las aguas, que se puede hacer sin necesidad de disponer de sistemas de bombeo.
- ✓ Existe una demanda grande de agua segura en Pichanaki con todos sus centros poblados, principalmente, donde está concentrada la mayor parte de los 69456 habitantes censados al 2017, según el censo del INEI, lo que posibilita que la necesidad social abra la posibilidad de viabilizar el presente proyecto.
- ✓ El consumo estimado por persona es de 100 litros/día, lo cual permite estimar una producción de 2535144 m³/año, lo que lleva a operar con una producción diaria de 6950 m³.
- ✓ Las operaciones necesarias para operar la Planta de Tratamiento de agua potable para Pichanaki incluyen las operaciones de desbaste, floculación, cloración, sedimentación, filtración y servicio de distribución a la población.

Estos argumentos han permitido considerar que la hipótesis es contrastada positivamente, por lo que se puede considerar válida.

Por otro lado, los análisis de composición del agua del río Autiki, permiten definir sus características fisicoquímicas, que, como se puede apreciar, muestran el agua con

algunos problemas de contaminación, sobre todo en la carga bacteriana, y una tendencia alcalina del agua. La carga bacteriana se debe trabajar con mucha atención. Esto permite considerar que la primera hipótesis específica se confirma en lo referente a caracterización del agua.

Las operaciones unitarias propuestas a implementar, corresponden a los procesos típicos, y que las plantas más modernas llevan adelante, y lo que resta es formular el plan de inversiones que corresponde al Gobierno regional y municipio de San Juan. Por lo que, la segunda hipótesis específica es validada en los extremos.

Se propuso un lugar definido para la instalación de la Planta de Tratamiento de Agua Potable para Pichanaki, que reúne los requisitos de cercanía a la fuente (rio Autiki), y espacio suficiente para expandirse con el tiempo, porque de acuerdo a la tasa de crecimiento poblacional (cerca al 1.8%), indica que el requerimiento del líquido elemento tendrá mayor demanda en los próximos 10 años, creciendo de manera proporcional a la tasa de crecimiento demográfico.

CAPÍTULO V – DISCUSIÓN

El problema de carencia de agua segura en el Distrito de Pichanaki, que incluye e centro poblado de más densidad poblacional, San Juan, viene aquejando históricamente a todos los núcleos urbanos de la zona, desde hace muchos años.

De acuerdo a las recomendaciones de la OMS, es necesario implementar para el año 2030 los servicios y derecho al agua segura, que debe considerar atender a todas las comunidades, y toca al Gobierno Central de Perú, dar cobertura presupuestal.

Es de acuerdo a las hipótesis propuestas que se ha podido verificar que es posible llevar a cabo este proyecto, que, naturalmente, debe conllevar un estudio económico, y la correspondiente gestión para el financiamiento.

Se ha diseñado un esquema de producción de agua potable, debido a que en la actualidad, el tratamiento que se le da al agua es mínimo, y pone continuamente en riesgo a la salud poblacional.

Desde el punto de vista de la estimación de resultados, la experiencia mundial en la implementación de Plantas de Tratamiento de Agua Potable, la evaluación de las condiciones geográficas, las características fisicoquímicas de los análisis realizados, muestran la posibilidad de llevar a cabo la propuesta.

Con estos resultados preliminares de análisis de laboratorio, y el monitoreo para extraer los valores de los parámetros, permiten confirmar los datos mostrados en los análisis de laboratorio.

Esta investigación constituye un aporte de tipo científico tecnológico, lo cual justifica el hecho de diseñar una planta para cubrir una necesidad social.

En cuanto a las ventajas de implementar el Diseño de una Planta de Agua Potable, implica la aplicación de nuevos conocimientos, tanto como el empleo de técnicas

innovadoras; y permite plantear nuevas posibilidades industriales, lo que permitirá a futuro la instalación de plantas de vapor, y el surgimiento de muchos puestos de trabajo, para ingenieros, personal técnico, personal administrativo, y operarios manuales, entre otros.

En suma, se espera una nueva etapa de modernidad para el Distrito de Pichanaki, con todos los centros poblados y anexos, en un futuro cercano.



CAPÍTULO VI – CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

- ✓ Es posible, técnicamente, la implementación de una Planta de Tratamiento de Agua Potable en el Distrito de Pichanaki, Provincia de Chanchamayo, con una capacidad de 2'535,144 m³/año, para abastecer con agua segura a los centros poblados de alta densidad poblacional.
- ✓ La ubicación de la Planta de Tratamiento de Agua Potable en el Distrito de Pichanaki, será en las proximidades a la ribera del río Autiki, lo cual debe ser confirmado por el Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI), así como la licencia de funcionamiento por parte de la Municipalidad Distrital de Pichanaki, que incluye al centro poblado de mayor densidad poblacional, San Juan.
- ✓ La capacidad del tanque de retención y acopio debe ser de 120000 m³, de una longitud de 150 metros y una profundidad de 7 – 8 metros.
- ✓ Se realizó la caracterización de las aguas del río Autiki, lo que permite asumir con criterio técnico el tratamiento físico químico y microbiológico, para brindar un agua de calidad segura.
- ✓ Se han diseñado las operaciones fundamentales para la moderna Planta de Tratamiento de Agua Potable, con las aguas del río Autiki.

6.2. Recomendaciones

- ✓ Gestionar e implementar la Planta de Tratamiento de Agua Potable en el Distrito de Pichanaki, con una capacidad de 2'535,144m³/año, para abastecer con agua segura a los centros poblados de San Juan y conexos.
- ✓ Incorporar en la cartera de Proyectos OPI del Ministerio de Economía, a objeto de financiarla y construirla con recursos del Estado.

- ✓ Conformar, por parte del Gobierno Regional de Junín, y el Municipio Distrital de Pichanaki, la comisión técnica para la construcción de la Planta de Tratamiento de Agua Potable.
- ✓ Invitar a un cabildo abierto a la Comunidad del Distrito de Pichanaki para informar de la presentación del presente proyecto, y para ello, es necesario el apoyo ciudadano.



CAPITULO VII – REFERENCIAS

7.1.Fuentes documentales

- Arízaga M., J. A., (2016), “*Evaluación de la planta de tratamiento de agua potable de la ciudad de Vinces*”, Universidad de Guayaquil, Ecuador.
- Hernández T., E. J. y Corredor B., C.A., (2017), “*Diseño y construcción de una planta modelo de tratamiento para la potabilización de agua, se dispondrá en el laboratorio de aguas de la universidad Católica de Colombia*”, Universidad Católica de Colombia, Colombia.
- Cárdenas P., Claudia M., (2014), “*Diseño de una planta de tratamiento de agua potable: caso de estudio un municipio de Santander*”, Universidad Industrial de Santander, EIQ, Bucaramanga, Colombia.
- Normas legales, MVCS, (2021), “*Modificación de la norma técnica G.040, definiciones del reglamento nacional de edificaciones*”, Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento, Perú.
- Orellana, J.A., (2005), “*Texto de Ingeniería Sanitaria*”, capítulo 06, Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional de Rosario (UTN. FFRO), Argentina.
- Quispe C., Juan G., (2019), “*Diseño y análisis de plantas potabilizadores de agua para consumo humano, en el centro poblado de Balsapata – 2017*”, Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú.
- Sánchez V., Ingridt D., (2017), “*Evaluación y mejoramiento de la planta de tratamiento de agua potable Hernán Perochena – Mollendo*, Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa.
- Ordinola S., E., (2019), “*Diseño de la planta de tratamiento de agua potable para tres centros poblados del distrito de Ignacio Escudero*”, Facultad de Ingeniería, Universidad de Piura

World Health Organization, (2018), “*Guías para la calidad del agua de consumo humano*”, cuarta edición, ISBN978-92-4-354995-8.

Zonificación Ecológica y Económica de la Región Junín, ZEE, (2015), “*Memoria descriptiva del estudio hidrobiológico del departamento de Junín a escala 1:100000*”, Comisión técnica regional de Junín.

Organización Panamericana de la Salud, OPS, (1998), “*La salud en las américas*”, Publicación científica N° 569.

7.2.Fuentes bibliográficas

The NALCO Water Handbook (1979), Nalco Chemical Company, McGraw Hill book company, N. Y., USA.

Carrasco, S. (2017). *Metodología de la Investigación Científica: pautas metodológicas para diseñar y elaborar el proyecto de investigación* (2ª ed., 13ª reimpr.). Lima, Perú: San Marcos E.I.R.L.

Hernández-Sampieri, R., & Mendoza, C. P. (2018). *Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. México: McGraw-Hill Interamericana editores S.A.

7.3.Fuentes Hemerográficas

Dirección General de Salud Ambiental. (2011a). DS N° 031-2010-SA. *Reglamento de la Calidad del Agua para consumo humano*. Lima. <https://bit.ly/3fWtCJq>

7.4.Fuentes electrónicas

https://hogaresjuvenilescampesinos.org/gallery/diccionario_ambiental.pdf

<https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/11885/Publicaciones-3.-Texto-de-consulta-M%C3%B3dulo-3.pdf>

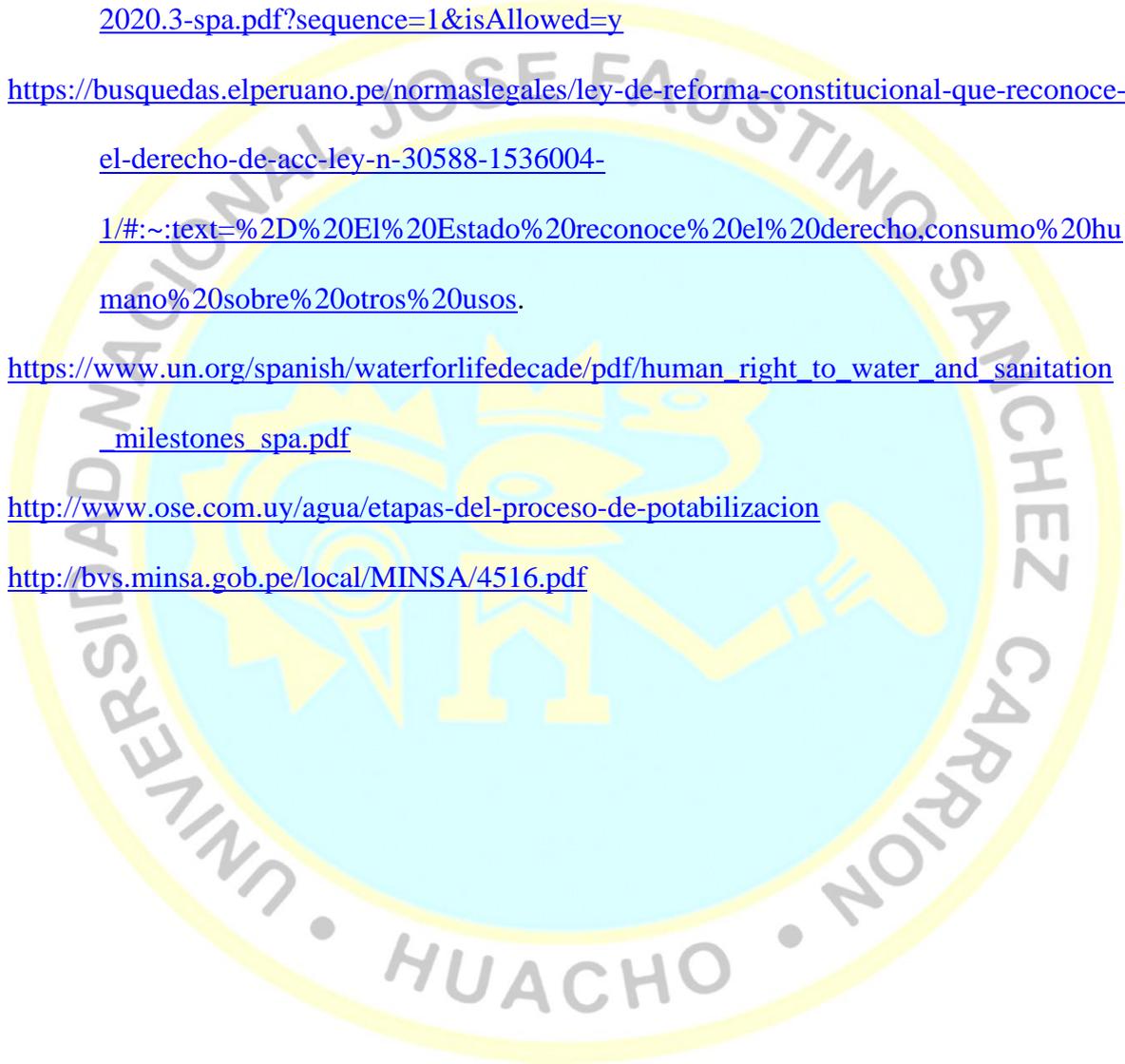
https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/331929/WHO-2019-nCoV-IPC_WASH-2020.3-spa.pdf?sequence=1&isAllowed=y

<https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/ley-de-reforma-constitucional-que-reconoce-el-derecho-de-acc-ley-n-30588-1536004-1/#:~:text=%2D%20El%20Estado%20reconoce%20el%20derecho,consumo%20humano%20sobre%20otros%20usos.>

https://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/pdf/human_right_to_water_and_sanitation_milestones_spa.pdf

<http://www.ose.com.uy/agua/etapas-del-proceso-de-potabilizacion>

<http://bvs.minsa.gob.pe/local/MINSA/4516.pdf>





ANEXO 1

LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICOS

Parámetros	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Bacterias Coliformes Totales.	UFC/100 mL a 35°C	0 (*)
2. E. Coli	UFC/100 mL a 44,5°C	0 (*)
3. Bacterias Coliformes Termotolerantes o Fecales.	UFC/100 mL a 44,5°C	0 (*)
4. Bacterias Heterotróficas	UFC/mL a 35°C	500
5. Huevos y larvas de Helmintos, quistes y ooquistes de protozoarios patógenos.	Nº org/L	0
6. Virus	UFC / mL	0
7. Organismos de vida libre, como algas, protozoarios, copépodos, rotíferos, nemátodos en todos sus estadios evolutivos	Nº org/L	0

UFC = Unidad formadora de colonias

(*) En caso de analizar por la técnica del NMP por tubos múltiples = < 1,8 /100 ml

ANEXO 2

LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE PARÁMETROS DE CALIDAD ORGANOLÉPTICA

Parámetros	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Olor	---	Aceptable
2. Sabor	---	Aceptable
3. Color	UCV escala Pt/Co	15
4. Turbiedad	UNT	5
5. pH	Valor de pH	6,5 a 8,5
6. Conductividad (25°C)	$\mu\text{mho/cm}$	1 500
7. Sólidos totales disueltos	mg L^{-1}	1 000
8. Cloruros	$\text{mg Cl}^{-} \text{ L}^{-1}$	250
9. Sulfatos	$\text{mg SO}_4^{-} \text{ L}^{-1}$	250
10. Dureza total	$\text{mg CaCO}_3 \text{ L}^{-1}$	500
11. Amoniaco	mg N L^{-1}	1,5
12. Hierro	mg Fe L^{-1}	0,3
13. Manganeseo	mg Mn L^{-1}	0,4
14. Aluminio	mg Al L^{-1}	0,2
15. Cobre	mg Cu L^{-1}	2,0
16. Zinc	mg Zn L^{-1}	3,0
17. Sodio	mg Na L^{-1}	200

UCV = Unidad de color verdadero

UNT = Unidad nefelométrica de turbiedad

Activar
Ve a Confi

HUACHO

ANEXO 3

LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE PARÁMETROS QUÍMICOS INORGÁNICOS Y ORGÁNICOS

Parámetros Inorgánicos	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Antimonio	mg Sb L ⁻¹	0,020
2. Arsénico (nota 1)	mg As L ⁻¹	0,010
3. Bario	mg Ba L ⁻¹	0,700
4. Boro	mg B L ⁻¹	1,500
5. Cadmio	mg Cd L ⁻¹	0,003
6. Cianuro	mg CN ⁻ L ⁻¹	0,070
7. Cloro (nota 2)	mg L ⁻¹	5
8. Clorito	mg L ⁻¹	0,7
9. Clorato	mg L ⁻¹	0,7
10. Cromo total	mg Cr L ⁻¹	0,050
11. Flúor	mg F L ⁻¹	1,000
12. Mercurio	mg Hg L ⁻¹	0,001
13. Níquel	mg Ni L ⁻¹	0,020
14. Nitratos	mg NO ₃ L ⁻¹	50,00
15. Nitritos	mg NO ₂ L ⁻¹	3,00 Exposición corta 0,20 Exposición larga
16. Plomo	mg Pb L ⁻¹	0,010
17. Selenio	mg Se L ⁻¹	0,010
18. Molibdeno	mg Mo L ⁻¹	0,07
19. Uranio	mg U L ⁻¹	0,015

Parámetros Orgánicos	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Trihalometanos totales (nota 3)		1,00
2. Hidrocarburo disuelto o emulsionado; aceite mineral	mgL ⁻¹	0,01
3. Aceites y grasas	mgL ⁻¹	0,5
4. Alacloro	mgL ⁻¹	0,020
5. Aldicarb	mgL ⁻¹	0,010
6. Aldrín y dieldrín	mgL ⁻¹	0,00003
7. Benceno	mgL ⁻¹	0,010
8. Clordano (total de isómeros)	mgL ⁻¹	0,0002
9. DDT (total de isómeros)	mgL ⁻¹	0,001
10. Endrín	mgL ⁻¹	0,0006
11. Gamma HCH (lindano)	mgL ⁻¹	0,002
12. Hexaclorobenceno	mgL ⁻¹	0,001
13. Heptacloro y heptacloroepóxido	mgL ⁻¹	0,00003
14. Metoxicloro	mgL ⁻¹	0,020
15. Pentaclorofenol	mgL ⁻¹	0,009
16. 2,4-D	mgL ⁻¹	0,030
17. Acrilamida	mgL ⁻¹	0,0005
18. Epiclorhidrina	mgL ⁻¹	0,0004
19. Cloruro de vinilo	mgL ⁻¹	0,0003
20. Benzopireno	mgL ⁻¹	0,0007
21. 1,2-dicloroetano	mgL ⁻¹	0,03
22. Tetracloroetano	mgL ⁻¹	0,04

...// Continuación

Parámetros Orgánicos	Unidad de medida	Límite máximo permisible
23. Monocloramina	mgL ⁻¹	3
24. Tricloroeteno	mgL ⁻¹	0,07
25. Tetracloruro de carbono	mgL ⁻¹	0,004
26. Ftalato de di (2-etilhexilo)	mgL ⁻¹	0,008
27. 1,2- Diclorobenceno	mgL ⁻¹	1
28. 1,4- Diclorobenceno	mgL ⁻¹	0,3
29. 1,1- Dicloroeteno	mgL ⁻¹	0,03
30. 1,2- Dicloroeteno	mgL ⁻¹	0,05
31. Diclorometano	mgL ⁻¹	0,02
32. Ácido edético (EDTA)	mgL ⁻¹	0,6
33. Etilbenceno	mgL ⁻¹	0,3
34. Hexaclorobutadieno	mgL ⁻¹	0,0006
35. Acido Nítrilotriacético	mgL ⁻¹	0,2
36. Estireno	mgL ⁻¹	0,02
37. Tolueno	mgL ⁻¹	0,7
38. Xileno	mgL ⁻¹	0,5
39. Atrazina	mgL ⁻¹	0,002
40. Carbofurano	mgL ⁻¹	0,007
41. Clorotaluron	mgL ⁻¹	0,03
42. Cianazina	mgL ⁻¹	0,0006
43. 2,4- DB	mgL ⁻¹	0,09
44. 1,2- Dibromo-3- Cloropropano	mgL ⁻¹	0,001
45. 1,2- Dibromoetano	mgL ⁻¹	0,0004
46. 1,2- Dicloropropano (1,2- DCP)	mgL ⁻¹	0,04
47. 1,3- Dicloropropeno	mgL ⁻¹	0,02
48. Dicloroprop	mgL ⁻¹	0,1
49. Dimetato	mgL ⁻¹	0,006
50. Fenoprop	mgL ⁻¹	0,009
51. Isoproturon	mgL ⁻¹	0,009
52. MCPA	mgL ⁻¹	0,002
53. Mecoprop	mgL ⁻¹	0,01
54. Metolacloro	mgL ⁻¹	0,01
55. Molinato	mgL ⁻¹	0,006
56. Pendimetalina	mgL ⁻¹	0,02
57. Simazina	mgL ⁻¹	0,002
58. 2,4,5- T	mgL ⁻¹	0,009
59. Terbutilazina	mgL ⁻¹	0,007
60. Trifluralina	mgL ⁻¹	0,02
61. Cloropirifos	mgL ⁻¹	0,03
62. Pirproxifeno	mgL ⁻¹	0,3
63. Microcistin-LR	mgL ⁻¹	0,001

..// Continuación

Parámetros Orgánicos	Unidad de medida	Límite máximo permisible
64. Bromato	mgL ⁻¹	0,01
65. Bromodiclorometano	mgL ⁻¹	0,06
66. Bromoformo	mgL ⁻¹	0,1
67. Hidrato de cloral (tricloroacetaldehído)	mgL ⁻¹	0,01
68. Cloroformo	mgL ⁻¹	0,2
69. Cloruro de cianógeno (como CN)	mgL ⁻¹	0,07
70. Dibromoacetónitrilo	mgL ⁻¹	0,1
71. Dibromoclorometano	mgL ⁻¹	0,05
72. Dicloroacetato	mgL ⁻¹	0,02
73. Dicloroacetónitrilo	mgL ⁻¹	0,9
74. Formaldehído	mgL ⁻¹	0,02
75. Monocloroacetato	mgL ⁻¹	0,2
76. Tricloroacetato	mgL ⁻¹	0,2
77. 2,4,6- Triclorofenol		

Nota 1: En caso de los sistemas existentes se establecerá en los Planes de Adecuación Sanitaria el plazo para lograr el límite máximo permisible para el arsénico de 0,010 mgL⁻¹.

Nota 2: Para una desinfección eficaz en las redes de distribución la concentración residual libre de cloro no debe ser menor de 0,5 mgL⁻¹.

Nota 3: La suma de los cocientes de la concentración de cada uno de los parámetros (Cloroformo, Dibromoclorometano, Bromodiclorometano y Bromoformo) con respecto a sus límites máximos permisibles no deberá exceder el valor de 1,00 de acuerdo con la siguiente fórmula:

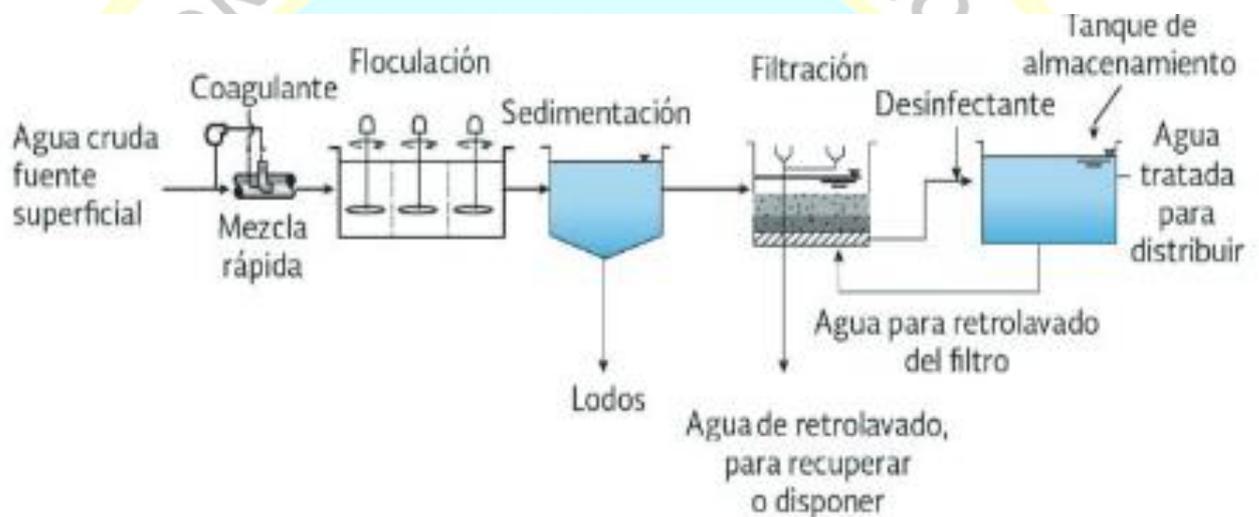
$$\frac{C_{\text{cloroformo}}}{LMP_{\text{cloroformo}}} + \frac{C_{\text{Dibromoclorometano}}}{LMP_{\text{Dibromoclorometano}}} + \frac{C_{\text{Bromodiclorometano}}}{LMP_{\text{Bromodiclorometano}}} + \frac{C_{\text{Bromoformo}}}{LMP_{\text{Bromoformo}}} \leq 1$$

donde, C: concentración en mg/L, y LMP: límite máximo permisible en mg/L

Activar
Ve a Confi

Fuente: Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano, DIGESA – MINSA, p. 40 – 42

Anexo 4: DIAGRAMA DE FLUJO DE PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE



Fuente: <file:///C:/Users/user/AppData/Local/Temp/inveseci-art.-7-evaluacin-de-la-planta-de-tratamiento.pdf>

1.1 Matriz de consistencia

Tabla 1 “Diseño del proceso de potabilización del agua del río Autiki, distrito de Pichanaki, 2021”

Problema	Objetivo	Hipótesis	Variables	Dimensión	Indicadores	Valor final	Métodos y técnicas
GENERAL ¿Es posible diseñar el proceso del tratamiento de las aguas del río Autiki, Distrito de Pichanaki, provincia de Chanchamayo, ¿2021?	GENERAL Diseñar el proceso de tratamiento de las aguas del río Autiki, distrito de Pichanaki, provincia de Chanchamayo, 2021.	GENERAL El diseño del proceso de tratamiento del agua del río Autiki hará posible abastecer de agua potable al distrito de Pichanaki, provincia de Chanchamayo, año 2021.	V.I. El diseño del proceso de tratamiento del agua del río Autiki	2.1 Física	• Caudal	• Lt /min	TIPO DE INVESTIGACIÓN Observacional. Prospectivo Transversal Descriptivo
ESPECÍFICOS ¿Es asequible la caracterización físico-química de las aguas del río Autiki, que abastecen al distrito de Pichanaki, provincia de Chanchamayo, 2021? ¿Es posible el diseño de las operaciones fundamentales para el tratamiento del agua del río Autiki, distrito de Pichanaki, provincia de Chanchamayo, 2021? ¿Es factible la selección del lugar de instalación de una planta de tratamiento de las aguas del río Autiki, distrito de Pichanaki, provincia de Chanchamayo, 2021?	ESPECÍFICOS Caracterizar por análisis físico químico las aguas del río Autiki que abastece al distrito de Pichanaki, provincia de Chanchamayo, 2021. Diseñar las operaciones fundamentales para el tratamiento del agua del río Autiki, distrito de Pichanaki, provincia de Chanchamayo, 2021. Seleccionar el lugar de instalación de una planta de tratamiento de las aguas del río Autiki, distrito de Pichanaki, provincia de Chanchamayo, 2021.	ESPECÍFICAS El análisis físico química del agua del río Autiki, permitirá su caracterización, distrito de Pichanaki, provincia de Chanchamayo, año 2021. El diseño de las operaciones unitarias fundamentales hará posible el tratamiento del agua del río Autiki, distrito de Pichanaki, provincia de Chanchamayo, año 2021. La selección técnica del lugar permitirá la instalación de una planta de tratamiento de las aguas del río Autiki, distrito de Pichanaki, provincia de Chanchamayo, año 2021.	Variable dependiente Abastecer de agua potable al distrito de Pichanaki	2.2 Química	• Dureza total	• mg/l	POBLACIÓN Y MUESTRA No aplicable Muestra. No aplicable
				3.1 Concentración de la carga orgánica y bacteriana del sustrato (agua)	• Concentración de carga bacteriana • Comparación con la norma	• $\mu\text{fc}/\text{m}^3$	DISEÑO No experimental descriptivo transversal TÉCNICAS E INSTRUMENTOS No aplicable

Elaboración propia.

ANEXO 5

Análisis I de calidad del agua del río Autiki



Environmental Quality Analytical Services S.A.
Tecnología al Servicio de la Protección y Saneamiento Ambiental

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO
POR EL ORGANISMO PERUANO DE
ACREDITACION INACAL - DA CON
REGISTRO N° LE-030



INFORME DE ENSAYO N° A0597/18

Solicitante : RED DE SALUD PICHANAQUI
Dirección : Av. 1 de Mayo N° 1510, Bajo Pichanaki- Chanchamayo - Junín

Procedencia : C.P. SAN JUAN CENTRO AUTIKI
Distrito: Pichanaquí - **Provincia:** Chanchamayo
Departamento: Junín

Matriz de la Muestra : Agua Superficial

Fecha de Muestreo : 21 - Junio - 2 018
Responsable del Muestreo : Personal Técnico - Empresa Solicitante
Fecha y Hora de Recepción : 22 - Junio - 2 018 / 07:30 h
Fecha de Ejecución del Ensayo : 22 al 28 - Junio - 2 018

Código Interno: L0597/18

PARÁMETROS	0597 - 1 ^(a)	Expresado en:	MÉTODOS DE ENSAYO
	Captación Shamishani ^(b) (10:30 h)		
Cianuro Total	< 0,005	mg CN/L	APHA 4500-CN C,E
Cloro Residual	0,01	mg/L	APHA 4500 CI G(***)
Cloruros	1	mg Cl/L	APHA 4500CI C
Dureza Total	14	Mg CaCo ₃ /L	APHA 2340 C
Ph	7,05	Unidad de pH	APHA 4500-H B (***)
Metales Totales			
Antimonio (Sb)	< 0,01	mg/L	APHA 3114 B
Molibdeno (Mo)	< 0,002	mg/L	EPA 200.7
Plomo (Pb)	< 0,01	mg/L	APHA 3111 B
Uranio (U)	<0,007	mg/L	EPA 200.7

^(a) Código de Laboratorio

^(b) Código del Solicitante y hora de muestreo

REFERENCIA DE MÉTODOS ANALÍTICOS-

- STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTE WATER, 22nd, Edic. APHA AWWA, WEF 2012.
- US ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, EPA 354.1, 1971.

ESTADO Y CONDICIÓN DE LA MUESTRA.-

- La muestra cumple con los requisitos de calidad para ser analizada.

Lima, 28 de Junio de 2 018.

EQUAS SA
Ing. Eusebio Victor Córdor Evaristo
Gerente General



Prohibida su reproducción parcial o total sin la autorización del Gerente General - EQUAS S.A.

Los resultados obtenidos se refieren solamente a las muestras ensayadas.
Los resultados de los ensayos obtenidos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
El laboratorio mantendrá en custodia por 30 días, la muestra dirimiendo para los ensayos de metales, la solicitud de dirimencia ante la comisión debe realizarse diez días útiles antes de su vencimiento.

Código: F70-P-LAB.02
Revisión: 00
Fecha: 27-12-2015

Dirección de Laboratorio: Mz.l Lote 74, Urb.Naranjito - Puente Piedra, alt. del Km.28,5 de la Pan. Norte
Teléfonos: 548-4976 / 349-4050 e_mail: info@equas.com.pe

Página 1 de 2

Anexo 6

Análisis III de calidad del agua del río Autiki



Environmental Quality Analytical Services S.A.
Tecnología al Servicio de la Protección y Saneamiento Ambiental

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO
POR EL ORGANISMO PERUANO DE
ACREDITACIÓN INACAL - DA CON
REGISTRO N° LE - 030



14

INFORME DE ENSAYO N° A0597/18

Solicitante : RED DE SALUD PICHANAQUI
Dirección : Av. 1 de Mayo N° 1510, Bajo Pichanaki- Chanchamayo - Junín

Procedencia : C.P. SAN JUAN CENTRO AUTIKI
Distrito: Pichanaqui - **Provincia:** Chanchamayo
Departamento: Junín

Matriz de la Muestra : Agua Superficial

Fecha de Muestreo : 21 - Junio - 2 018
Responsable del Muestreo : Personal Técnico - Empresa Solicitante
Fecha y Hora de Recepción : 22 - Junio - 2 018 / 07:30 h
Fecha de Ejecución del Ensayo : 22 al 28 - Junio - 2 018

Código Interno: L0597/18

PARÁMETROS	0597 - 1 ^(a)	Expresado en:	MÉTODOS DE ENSAYO
	Captación Shamishani ^(b) (10:30 h)		
Metas Totales			
Aluminio (Al)	<0,105	mg/L	APHA 3111 D
Arsénico (As)	< 0,001	mg/L	APHA 3114 C
Bario (Ba)	<0,19	mg/L	APHA 3111 D
Cadmio (Cd)	< 0,003	mg/L	APHA 3111 B
Cobre (Cu)	<0,007	mg/L	APHA 3111 B
Cromo (Cr)	< 0,011	mg/L	APHA 3111 B
Hierro (Fe)	<0,012	mg/L	APHA 3111 B
Manganeso (Mn)	<0,004	mg/L	APHA 3111 B
Mercurio (Hg)	0,0006	mg/L	APHA 3112 B
Sodio (Na)	<0,178	mg/L	APHA 3112 B
Zinc (Zn)	<0,006	mg/L	APHA 3112 B
Níquel(Ni)	< 0,008	mg/L	APHA 3111 B
Selenio (Se)	< 0,001	mg/L	APHA 3114 C

(^a) Código de Laboratorio

(^b) Código del Solicitante y hora de muestreo

REFERENCIA DE MÉTODOS ANALÍTICOS -

STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTE WATER, 22nd, Edic. APHA AWWA, WEF 2012.

ESTADO Y CONDICIÓN DE LA MUESTRA -

La muestra cumple con los requisitos de calidad para ser analizada.

Lima, 28 de Junio de 2 018.

EQUAS S.A.
Ing. Eusebio Victor Córdor Evaristo
Gerente General



Prohibida su reproducción parcial o total sin la autorización del Gerente General - EQUAS S.A.

Los resultados obtenidos se refieren solamente a las muestras ensayadas.

Los resultados de los ensayos obtenidos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

El laboratorio mantendrá en custodia por 30 días, la muestra dirimiendo para los ensayos de metales, la solicitud de dirimencia ante la comisión de debe realizarse diez días útiles antes de su vencimiento.

Código: FT9-P-LAB 02
Revisión: 00
Fecha: 27-12-2013

Dirección de Laboratorio: Mz I Lote 74, Urb. Naranjito - Puente Piedra, alt. del Km.28,5 de la Pan. Norte
Teléfonos: 548-4976 / 349-4050 e_mail: info@equas.com.pe

Página 2 de 2

Anexo 7

Análisis IV de calidad del agua del río Autiki


Environmental Quality Analytical Services S.A.
Tecnología al servicio de la Protección y Saneamiento Ambiental


INFORME DE ENSAYO N° N0597/18

Solicitante : RED DE SALUD PICHANAQUI
Dirección : Av. 1 de Mayo N° 1510, Bajo Pichanaki- Chanchamayo - Junín

Procedencia : C.P. SAN JUAN CENTRO AUTIKI
Distrito: Pichanaqui - **Provincia:** Chanchamayo
Departamento: Junín

Matriz de la Muestra : Agua Superficial

Fecha de Muestreo : 21 - Junio - 2 018
 Responsable del Muestreo : Personal Técnico - Empresa Solicitante
 Fecha y Hora de Recepción : 22 - Junio - 2 018 / 07:30 h
 Fecha de Ejecución del Ensayo : 22 al 28 - Junio - 2 018

Código Interno: L0597/18

PARÁMETROS	0597 - 1 ^(a)		Expresado en:	MÉTODOS DE ENSAYO
	Captación Shamishami ^(b) (10:30 h)			
Boro(B)	< 0,02		mg/L	APHA 4500-B C
Fúor	0,235		mg F/L	APHA 4500-F D
Conductividad Eléctrica	170,40		µmos/cm	APHA 2510-B
Color Verdadero	<1,0		UC	APHA 2120-C
Nitratos	0,278		Mg N-NO ₃ -/L	APHA 4500- NO3 B
Nitritos	<0,003		Mg N-NO ₂ /L	EPA354-1
Sulfatos	2		Mg SO ₄ 2- /L	APHA 4500- SO4 -E
Turbidez	0,65		NTU	APHA 2130 B
Microbiológicos				
Coliformes Totales	540		NMP/100 mL	APHA 9221 B (*)
Coliformes Termotolerantes	240		NMP/100 mL	APHA 9221 E (Item 1)(*)
Huevos de Helmintos	<1		Huevo/L	The modified Baillenger method
Organismos de Vida Libre	604		Organismos/L	APHA 10900 A,B

(*) Código de Laboratorio (*) Código del Solicitante y hora de muestreo

REFERENCIA DE MÉTODOS ANALÍTICOS.-
 STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTE WATER, 22nd, Edic. APHA AWWA, WEF 2012.
 ANALYSIS OF WASTEWATER FOR USE IN AGRICULTURE: A LABORATORY MANUAL OF PARASITOLOGICAL AND BACTERIOLOGICAL TECHNIQUE - OMS 1996.

ESTADO Y CONDICIÓN DE LA MUESTRA.-
 La muestra cumple con los requisitos de calidad para ser analizada.

Lima, 28 de Junio de 2 018.



Ing. Eusebio Victor Córdor Evaristo
Gerente General



Prohibida su reproducción parcial o total sin la autorización del Gerente General - EQUAS S.A.
 Los resultados obtenidos se refieren solamente a las muestras ensayadas.
 Los resultados de los ensayos obtenidos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
 El laboratorio mantendrá en custodia por 30 días, la muestra dirimente para los ensayos de metales, la solicitud de dirimencia ante la comisión debe realizarse diez días útiles antes de su vencimiento.

Código: F79-P.LAB.02 Dirección de Laboratorio: Mz.I Lote 74, Urb.Naranjito - Puente Piedra, alt. del Km.28,5 de la Pan. Norte
 Revisión: 00 Teléfonos: 549-4976 / 349-4050 e_mail: info@equas.com.pe
 Fecha: 27-12-2 013 Página 1 de 1

Anexo 8

Análisis V de calidad del agua del río Autiki



Environmental Quality Analytical Services S.A.
Tecnología al Servicio de la Protección y Saneamiento Ambiental

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO
POR EL ORGANISMO PERUANO DE
ACREDITACIÓN INACAL - DA CON
REGISTRO N° LE-030



131

INFORME DE ENSAYO N° A1167/18

Solicitante : RED DE SALUD - PICHANAQUI
Dirección : Av. 1 Mayo N°1510, Bajo Pichanaqui - Junin

Procedencia : C.P. SAN JUAN CENTRO AUTIKI
Distrito: Pichanaki – **Provincia:** Chanchamayo
Departamento: Junín

Matriz de la Muestra : Agua Superficial

Fecha de Muestreo : 02 - Noviembre - 2 018
Responsable del Muestreo : Personal Técnico - Empresa Solicitante

Fecha y Hora de Recepción : 03 - Noviembre - 2 018/ 09:00 h
Fecha de Ejecución del Ensayo: 03 al 12 Noviembre - 2 018

Código Interno: L1167/18

PARÁMETROS	1167 - 1 ^(a)	Expresado en:	MÉTODOS DE ENSAYO
	C.P. San Juan Centro Autiki ^(b) (11:55 h)		
Metales Totales			
Aluminio (Al)	0,673	mg/L	APHA 3111 D
Arsénico (As)	0,002	mg/L	APHA 3114 C
Bario (Ba)	< 0,19	mg/L	APHA 3111 D
Cadmio (Cd)	0,006	mg/L	APHA 3111 B
Cobre (Cu)	0,016	mg/L	APHA 3111 B
Cromo (Cr)	< 0,011	mg/L	APHA 3111 B
Hierro (Fe)	0,122	mg/L	APHA 3111 B
Manganeso (Mn)	< 0,004	mg/L	APHA 3111 B
Mercurio (Hg)	0,0017	mg/L	APHA 3112 B
Sodio (Na)	9,718	mg/L	APHA 3111 B
Zinc (Zn)	0,030	mg/L	APHA 3111 B

(^a) Código de Laboratorio

(^b) Código del Solicitante y hora de muestreo

REFERENCIA DE MÉTODOS ANALÍTICOS.-

STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER, 22nd, Edic. APHA AWWA, WEF 2012.

ESTADO Y CONDICIÓN DE LA MUESTRA.-

La muestra cumple con los requisitos de calidad para ser analizada.

Lima, 12 de Noviembre de 2 018.

EQUAS S.A.
Ing. Eusebio Víctor Condor Evaristo
Gerente General



Prohibida su reproducción parcial o total sin la autorización del Gerente General – EQUAS S.A.

Los resultados obtenidos se refieren solamente a las muestras ensayadas.
Los resultados de los ensayos obtenidos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
El laboratorio mantendrá en custodia por 30 días, la muestra dirimida para los ensayos de metales, la solicitud de dirimencia ante la comisión debe realizarse diez días útiles antes de su vencimiento.

Código: F73-PLAB 02
Revisión: 01
Fecha: 30-04-2018

Dirección de Laboratorio: Mz.I Lote 74, Urb.Naranjito – Puente Piedra, alt. del Km.28,5 de la Pan. Norte
Teléfonos: 548-4976 / 343-4050 e_mail: info@equas.com.pe

Página 2 de 2

Anexo 9

Análisis VI de calidad del agua del río Autiki



Environmental Quality Analytical Services S.A.
Tecnología al Servicio de la Protección y Saneamiento Ambiental



130

INFORME DE ENSAYO N° N1167/18

Solicitante : RED DE SALUD - PICHANAKI
Dirección : Av. 1 Mayo N°1510, Bajo Pichanaqui - Junin

Procedencia : C.P. SAN JUAN CENTRO AUTIKI
Distrito: Pichanaki – **Provincia:** Chanchamayo
Departamento: Junin

Matriz de la Muestra : Agua Superficial

Fecha de Muestreo : 02 - Noviembre - 2 018
Responsable del Muestreo : Personal Técnico - Empresa Solicitante

Fecha y Hora de Recepción : 03 - Noviembre - 2 018/ 09:00 h
Fecha de Ejecución del Ensayo: 03 al 12 Noviembre - 2 018

Código Interno: L1167/18

PARÁMETROS	1167 - 1 ^(a)	Expresado en:	MÉTODOS DE ENSAYO
	C.P. San Juan Centro Autiki ^(b) (11:55 h)		
Cloro Residual	0,10	mg/L	APHA 4500-Cl G (***)
Cloruros	2	mg Cl/L	APHA 4500-Cl C
Dureza Total	86	mg CaCO ₃ /L	APHA 2340 C
pH	8,09	Unidad de pH	APHA 4500-H ⁺ B (***)
Metales Totales:			
Antimonio (Sb)	< 0,01	mg/L	APHA 3114 B
Molibdeno (Mo)	< 0,002	mg/L	EPA 200.7
Plomo (Pb)	< 0,01	mg/L	APHA 3111 B

(^a) Código de Laboratorio

(^b) Código del Solicitante y hora de muestreo

REFERENCIA DE MÉTODOS ANALÍTICOS.-

- STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER, 22nd, Edic. APHA AWWA, WEF 2012.
- EPA Method 200.7, Rev.4.4, EMMC Version. Determination of Metals and trace Elements in Water and Wates by Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectrometry, 1994. (elementos validados Mo, U).

ESTADO Y CONDICIÓN DE LA MUESTRA.-

- (***) Los resultados de Cloro Residual y pH son referenciales, porque no cumplen con los requisitos de control de calidad. Se efectuó los análisis a solicitud del cliente.

Lima, 12 de Noviembre de 2 018.

EQUAS S.A.
Ing. Eusebio Víctor Condor Evaristo
Gerente General



Prohibida su reproducción parcial o total sin la autorización del Gerente General - EQUAS S.A.
Los resultados obtenidos se refieren solamente a las muestras ensayadas.

Los resultados de los ensayos obtenidos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
El laboratorio mantendrá en custodia por 30 días, la muestra dirimente para los ensayos de metales, la solicitud de dirimencia ante la comisión debe realizarse diez días útiles antes de su vencimiento.

Código: F79-P-LAB 02 Dirección de Laboratorio: Mz. I Lote 74, Urb. Naranjito - Puente Piedra, alt. del Km. 28,5 de la Pan. Norte
Revisión: 01 Teléfonos: 548-4976 / 349-4050 e_mail: info@equas.com.pe
Fecha: 30-04-2019 Página 1 de 1

Anexo 10

Análisis VII de calidad del agua del río Autiki



Environmental Quality Analytical Services S.A.
Tecnología al Servicio de la Protección y Saneamiento Ambiental

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO
POR EL ORGANISMO PERUANO DE
ACREDITACIÓN INACAL - DA CON
REGISTRO N° LE - 030



INFORME DE ENSAYO N° A1167/18

Solicitante : RED DE SALUD - PICHANAKI
Dirección : Av. 1 Mayo N°1510, Bajo Pichanaqui - Junín

Procedencia : C.P. SAN JUAN CENTRO AUTIKI
Distrito: Pichanaki – **Provincia:** Chanchamayo
Departamento: Junín

Matriz de la Muestra : Agua Superficial

Fecha de Muestreo : 02 - Noviembre - 2 018
Responsable del Muestreo : Personal Técnico - Empresa Solicitante

Fecha y Hora de Recepción : 03 - Noviembre - 2 018/ 09:00 h
Fecha de Ejecución del Ensayo: 03 al 12 Noviembre - 2 018

Código Interno: L1167/18

PARÁMETROS	1167 - 1 ^(*)	Expresado en:	MÉTODOS DE ENSAYO
	C.P. San Juan Centro Autiki ^(*) (11:55 h)		
Boro (B)	< 0,02	mg B/L	APHA 4500-B C
Conductividad Eléctrica	172,60	µmhos/cm	APHA 2510 B
Color Verdadero	12,9	UC	APHA 2120 C
Nitratos	1,429	mg N-NO ₃ /L	APHA 4500-NO ₃ B
Nitritos	0,003	mg N-NO ₂ /L	EPA 354.1
Sulfatos	4	mg SO ₄ ²⁻ /L	APHA 4500-SO ₄ ²⁻ E
Turbidez	1,77	NTU	APHA 2130 B
Microbiológicos			
Coliformes Totales (NMP)	35 x 10 ²	NMP/100 mL	APHA 9221 B
Coliformes Termotolerantes (NMP)	790	NMP/100 mL	APHA 9221 E (Item 1)

(*) Código de Laboratorio
UC: Unidad de Color

(*) Código del Solicitante y hora de muestreo

NTU: Unidad Nefelométrica de Turbidez

REFERENCIA DE MÉTODOS ANALÍTICOS -

- STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER, 22nd, Edic. APHA AWWA, WEF 2012.
- US ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, EPA 354.1.1971

ESTADO Y CONDICIÓN DE LA MUESTRA -

- La muestra cumple con los requisitos de calidad para ser analizada.

Lima, 12 de Noviembre de 2 018.

EQUAS S.A.

Ing. Eusebio Víctor Góndor Evaristo
Gerente General



Prohibida su reproducción parcial o total sin la autorización del Gerente General - EQUAS S.A.

Los resultados obtenidos se refieren solamente a las muestras ensayadas.
Los resultados de los ensayos obtenidos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
El laboratorio mantendrá en custodia por 30 días, la muestra únicamente para los ensayos de metales, la solicitud de dinamicidad ante la comisión debe realizarse diez días hábiles antes de su vencimiento.

Código: F79-PLAB.02
Revisión: 01
Fecha: 30-04-2019

Dirección de Laboratorio: Mz I Lote 74, Urb. Naranjito - Puente Piedra, alt. del Km. 28,5 de la Pan. Norte
Teléfonos: 548-4976 / 349-4050 e_mail: info@equas.com.pe

Página 1 de 2

Anexo 11

Mediciones de campo



Anexo 11

Trabajo de Laboratorio

