



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Título

Análisis del coagulante natural opuntia ficus con fines de implementación de una planta potabilizadora de agua en Chalhuanca, Apurímac, 2016.

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

AUTOR:

TORRES CONTRERAS, VICO

ASESOR:

Dr. Muñoz Paucarmayta Abel Alberto

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Diseño de Obras hidráulicas y Saneamiento

LIMA-PERU

2017

PÁGINA DEL JURADO	VIII
DEDICATORIA	IX
AGRADECIMIENTO	X
I. INTRODUCCIÓN.....	XIII
1.1 Realidad problemática	14
1.2 Trabajos previos	14
1.2.1 Antecedentes nacionales	15
1.2.2 Antecedentes internacionales.....	17
1.3 TEORIAS RELACIONADAS AL TEMA	20
1.3.1 Calidad del agua	20
1.3.1.1 Calidad microbiológica del agua.....	20
1.3.1.2 Indicadores microbiológicos.....	21
1.3.1.3 Calidad química del agua.....	22
1.3.1.4 Indicadores químicos del agua	23
1.3.1.5 Calidad física del agua	25
1.3.1.6 Indicadores físicos del agua.....	25
1.3.2 Implementación de una planta de tratamiento de agua potable basado en un análisis de coagulantes.....	26
1.3.2.1 Bases de diseño	27
1.3.2.2 Población actual	28
1.3.3 Análisis del coagulante natural opuntia ficus.....	33
1.3.3.1 Opuntia ficus	33
1.3.3.2 Origen.....	33
1.3.3.3 Descripción y taxonomía	33
1.3.3.4 Composición química	34
1.3.4 Estudio de impacto ambiental	34
1.4 Formulación del problema	35
1.4.1 Problema general	35
1.4.2 Problemas específicos	35
1.5 Justificación de estudio	35
1.5.1 Justificación practica	35
1.5.2 Justificación social.....	35
1.5.3 Justificación técnica.....	36

1.5.4	Justificación académica.....	36
1.6	Hipótesis.....	36
1.7	Objetivo.....	36
1.7.1	Objetivo general.....	36
1.7.2	Objetivos específicos.....	36
1.8	Marco conceptual	37
II	METODO.....	38
2.1	Diseño de la investigación.....	39
2.1.1	Método.....	39
2.1.2	Tipo de estudio.....	39
2.1.3	Nivel de estudio.....	39
2.1.4	Diseño de investigación.....	39
2.1.5	Alcance	39
2.2	Variable operacionalización	40
2.2.1	Variables.....	40
2.2.2	Operacionalización de variables.....	40
2.3	Población y muestra.....	41
2.3.1	Población.....	41
2.3.2	Muestra	41
2.3.3	Muestreo.....	41
2.4	Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.....	41
2.4.1	Técnicas de recolección de datos.....	41
2.4.2	Instrumentación de la investigación	42
2.4.3	Validez	43
2.4.4	Confiabilidad	43
2.5	Método de análisis.....	43
2.6	Aspectos éticos.....	43
III	ANALISIS Y RESULTADOS	44
3.1	Descripción de la zona de estudio.....	45
3.1.1	Ubicación geográfica	45
3.1.2	Geomorfología	45
3.1.3	Clima.....	45
3.1.4	Precipitación fluvial.....	45

3.1.5	Actividad económica predominante	46
3.1.6	Vías de acceso	46
3.1.7	Servicio público existente.....	47
3.1.8	Recursos hídricos.....	48
3.2	Coagulación	49
3.2.1	Coloide.....	49
3.2.2	Propiedades de los coloides.....	49
3.2.2.1	Propiedad cinética.....	49
3.2.2.2	Propiedad óptica: efecto Tyndall-Faraday	50
3.2.2.3	Propiedad superficie: Adsorción	50
3.2.2.4	Propiedad electrocinética: Electroforesis	50
3.2.3	Estabilidad e inestabilidad de coloides	51
3.2.4	La doble capa eléctrica	51
3.2.5	Mecanismo de coagulación.....	51
3.2.6	Mecanismo de coagulación predominante.....	52
3.2.7	Coagulación por adsorción.....	52
3.2.8	Coagulación por barrido.....	53
3.2.9	Factores que influyen en el proceso de coagulación	54
3.2.10	Influencia de la concentración del coagulante	54
3.2.10.1	Calidad del agua cruda	54
3.2.10.2	Alta concentración de coloides y alcalinidad baja	55
3.2.10.3	Alta concentración de coloides y alcalinidad alta	55
3.2.10.4	Baja concentración de coloides y alcalinidad alta.....	55
3.2.10.5	Baja concentración de coloides y alcalinidad baja	55
3.2.10.6	Temperatura.....	55
3.3	Floculación	56
3.3.1	Mecanismo de Floculación.....	56
3.3.2	Factores que influyen en la floculación.....	57
3.3.2.1	Tiempo de floculación	57
3.3.2.2	Gradiente de velocidad	58
3.3.3	Variables químicas.....	59
3.3.3.1	Dosis optima.....	59
3.3.3.2	PH óptimo.....	62

3.3.3.3	Concentración óptima.....	62
3.4	Descripción del sistema existente.....	63
3.5	Propuesta del tren de tratamiento	66
3.6	Diseño preliminar	69
3.7	Coagulante opuntia ficus.....	69
3.7.1	Procedimiento y caracterización.....	69
3.7.2	Obtención del opuntia ficus	69
3.7.3	Evaluación del coagulante en polvo.....	73
3.7.4	Evaluación del coagulante como baba	73
3.8	Determinación de la eficiencia del coagulante como baba	74
3.8.1	Evaluación de la reducción de color.....	75
3.8.2	Evaluación de la remoción de turbidez	79
IV	DISCUCIONES.....	85
V	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	89
5.1	Conclusiones.....	90
5.2	Recomendaciones	91
VI	REFERENCIAS BIBLIOGRAFIACA	92
6.1	Referencias.....	93
VII	ANEXOS.....	95
7.1	Matriz de consistencia	
7.2	Instrumento de investigación validado.....	
7.3	Análisis estadísticos.....	
7.4	Certificados de laboratorio	
7.5	Planos existentes.....	
7.6	Registro fotográfico.....	

Lista de Tablas

Tabla 1.1 Características Bacteriológicas de agua reservorio comunita	22
Tabla 1.2 Características Físico químicas del agua de los riachuelos de pincahuacho y chaccarahua	24
Tabla 1.3: Relación de cantidad de habitantes con su consumo de agua(Dotación)	27
Tabla 1.4 Características estadísticas de la población Aymaraes-Chalhuanca	28
Tabla 1.5 Descripción taxonómica del opuntia ficus	33
Tabla 3.1 Vías de acceso a Chalhuanca	46
Tabla 3.2 Morbilidad hospital Chalhuanca.....	48
Tabla 3.3. Tamaño de las pencas.....	72
Tabla 3.4 Resultado de prueba de jarras con sulfato de aluminio para una turbidez de 84 NTU y 41 UC iniciales.	76
Tabla 3.5 Resultado de prueba de jarras con sulfato de aluminio más ayudante de coagulación penca de tuna para una turbidez inicial de 84 NTU y color de 41 UC	77
Tabla 3.6 Resultado de prueba de jarras con sulfato de aluminio para una turbidez de 41.5 NTU y 22 UC iniciales.	78
Tabla 3.7 Resultado de prueba de jarras con sulfato de aluminio más ayudante de coagulación penca de tuna para una turbidez inicial de 41.5 NTU y color de 22 UC.....	79
Tabla 3.8 Resultado de prueba de jarras con sulfato de aluminio para una turbidez de 84 NTU y 41 UC iniciales.	80
Tabla 3.9 Resultado de prueba de jarras con sulfato de aluminio más ayudante de coagulación penca de tuna para una turbidez inicial de 84 NTU y color de 41 UC	81
Tabla 3.10 Resultado de prueba de jarras con sulfato de aluminio para una turbidez de 41.5 NTU y 22 UC iniciales.	83
Tabla 3.11 Resultado de prueba de jarras con sulfato de aluminio más ayudante de coagulación penca de tuna para una turbidez inicial de 41.5 NTU y color de 22 UC.....	84

Lista de Figuras

Figura 1.1 Composición química de opuntia ficus	34
Figura 2.1 Instrumento de toma de muestra	42
Figura 3.1 coagulación por adsorción	53
Figura 3.2 potencial z en la coagulación por adsorción.....	53
Figura 3.3 coagulación por barrido o arrastre de partículas.....	54
Figura 3.4 efecto del periodo de floculación en la sedimentación	58
Figura 3.5 Representación esquemática de la coagulación observada en los ensayos de jarras usando sales de aluminio (III) a un PH constante	60
Figura 3.6 el área representa la concentración del coloide.	61
Figura 3.7 Diagrama de tratamiento existente	65
Figura 3.8 Propuesta de implementación de tratamiento.....	68
Figura 3.9 Diagrama de flujo para obtener el coagulante en polvo	70
Figura 3.10 Diagrama de flujo para obtener la baba de nopal	71
Figura 3.11 pesado de la penca sin espinas	72
Figura 3.12 Diagrama de flujo de la prueba de jarras.....	73
Figura 3.13 Diagrama de flujo de la prueba de jarras como ayudante de coagulación.....	74
Figura 3.14 Valor de clarificado respecto a la dosis de sulfato de aluminio	76
Figura 3.15 Variación del color en función a la dosis del sulfato de aluminio más la dosis de penca de tuna.....	77
Figura 3.16 Variación del color en función al sulfato de aluminio	78
Figura 3.17 Resultado de la variación del color respecto al sulfato de aluminio más penca de tuna(84NTU)	79
Figura 3.18 Gráfica de la variación de turbiedad respecto a la dosis de sulfato de aluminio.	81
Figura 3.19 Gráfica de la variación de turbidez respecto a la dosis de sulfato de aluminio más penca de tuna	82
Figura 3.20 Gráfica de la variación de turbiedad respecto a la dosis sulfato de aluminio para una turbiedad inicial de 41.5 NTU.....	83
Figura 3.21 Grafica de la variación de turbidez respecto a la dosis de sulfato de aluminio más penca de tuna(41.5NTU)	84

PÁGINA DEL JURADO

.....
Presidente

.....
Secretario

.....
Vocal

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mi familia, de manera especial a mis padres que a lo largo del transcurrir de mi vida me han inculcado valores y me han brindado su apoyo incondicional.

AGRADECIMIENTO

A toda mi familia mis amigos por todo el apoyo y animo que me han brindado en los momentos más difíciles por los que me tocó vivir y brindarme todo el apoyo y animo constante para poder superarme tanto personalmente como profesional, también a todos los docentes que he tenido a lo largo de los años en los distintos semestres por sus concejos, apoyos y enseñanzas.

RESUMEN

El presente trabajo consta de una propuesta de implementación de una planta de tratamiento de agua potable utilizando el coagulante natural opuntia ficus en la remoción de turbidez y color de las aguas de los riachuelos de ancoajayo, Jayo, Pincahuacho, e incluso en el río Chalhuanca; con el fin de brindar de un servicio eficiente con buena calidad, debido a que el servicio actual es de mala calidad generando casos de enfermedades. La presente investigación se plantea la utilización de la baba de nopal obtenida de la penca de tuna (opuntia ficus indica) como ayudante de coagulación del sulfato de aluminio tipo A, por ser una planta que abunda en el territorio de la cordillera de los andes especialmente en territorio chalhuanquino, con un método de obtención bien simple y nada costoso al alcance de todo ciudadano y personal profesional.

Mediante la investigación experimental se evaluó la capacidad que tiene la baba de nopal obtenida a partir de la penca de tuna (opuntia ficus indica) para la remoción de turbidez y color tomando en cuenta el PH, presentes en el agua cruda del riachuelo de Chalhuanca

Los datos recopilados durante el procedimiento de la prueba de jarras realizada en el laboratorio de la empresa R- chemical en la ciudad de Lima, nos sirvió para demostrar que la baba de nopal extraída de la penca de tuna (opuntia ficus indica) trabaja muy bien como ayudante de coagulación del sulfato de aluminio tipo A. Los valores obtenidos en dichos ensayos son muy cercanos a los parámetros mínimos permisibles según el reglamento de calidad de agua para el consumo humano

ABSTRAC

The present work consists of a proposal for the implementation of a drinking water treatment plant using the natural (*opuntia ficus indica*) coagulant in the removal of turbidity and color from the waters of the Anccoajayo, Jayo, Pincahuacho and even the Chalhuanca rivers; In order to provide an efficient service with good quality, because the current service is of poor quality generating cases of illness. The present research proposes the use of nopal baba obtained from the opossum (*opuntia ficus indica*) as a coagulation aid for aluminum sulphate type A, because it is a plant that abounds in the territory of the Andes mountain range in the territory of Chalhuanca, with a very simple and inexpensive procurement method available to all citizens and professional staff.

Experimental research evaluated the ability of the nopal slime obtained from the *opuntia ficus indica* for the removal of turbidity and color taking into account the PH, present in the raw water of the Chalhuanca stream

The data collected during the jar test procedure carried out in the laboratory of the company R-chemical in the city of Lima, served to demonstrate that the nopal slime extracted from the opossum (*opuntia ficus indica*) works very well as a coagulation aid for aluminum sulphate type A. The values obtained in these tests are very close to the minimum parameters permissible according to the regulation of water quality for human consumption.

I. INTRODUCCIÓN

1.1 Realidad problemática

Calidad la insuficiente cobertura de instalaciones domiciliarias de agua potable. También se observa un bajo nivel de educación sanitaria en la población.

El problema de la salud pública, la poca capacidad de abastecimiento y carencia de controles de calidad del servicio de agua potable en el distrito de Chalhuanca, me llevo a sugerir la propuesta de una planta de tratamiento no convencional de aguas superficiales para mejorar los niveles de calidad de vida, y el índice de desarrollo humano.

En la actualidad el distrito de Chalhuanca, cuenta con agua entubada proveniente de riachuelos, la cual usan para el consumo humano, siendo esta carente de controles de calidad y poca capacidad de abastecimiento.

A pesar que el agua de riachuelos ofrece cierta garantía, el problema es el crecimiento de la población, la misma que se ve afectada por que la cantidad de agua que se espera consumir no es la suficiente, Del mismo modo el consumo del agua en estas condiciones viene generando diversos males estomacales en la población en mayor incidencia de los niños que en algunos casos ha generado la muerte.

Por este motivo, en la presente investigación se planteará como solución un sistema de tratamiento que consta de prefiltro, pretratamiento, coagulación y la cloración, considerado como fuente de captación los riachuelos; siempre en cuando tengan un caudal regular. El tratamiento de dichas aguas surge como una buena alternativa, para el abastecimiento de agua en cantidad suficiente y calidad adecuada.

El presente proyecto tiene la finalidad de contribuir a la concepción de un país más saludable utilizando alternativas sostenibles para implementar sistemas de potabilización para sectores vulnerables

1.2 Trabajos previos

A nivel de estudios realizados específicamente en el tema de tratamiento de aguas para el consumo poblacional, llevados a cabo en nuestro medio existen diversos

estudios del tema hechos por bachilleres de ingeniería civil, industrial y otros que nos sirven como referencia metodológica para así enfocar nuestra investigación. Entre estos estudios tenemos.

1.2.1 Antecedentes nacionales

(Destefano Molero, 2008). Diseño preliminar de una planta de tratamiento de agua para el consumo humano en los distritos de Andahuaylas, San Jerónimo Y Talavera de la Reyna, provincia de Andahuaylas, Región Apurímac. Tesis para optar el título de ingeniero civil en la Pontificia Universidad Católica del Perú.

El fundamental objetivo es alcanzar a la mayoría de habitantes de las localidades del interior con el servicio eficiente de agua potable utilizando plantas simplificadas para la potabilización del agua. El tipo de investigación de este estudio es explicativa y cuantitativa. El estudio de investigación ha tomado como población a las plantas de tratamiento de agua en Prudentopolis y Cañete.

Los resultados encontrados en la investigación son:

En la actualidad los fenómenos que se dan al agregar sustancias químicas en el proceso de potabilización del agua, explican los tratamientos de las plantas potabilizadoras

Al modificar un sistema de tratamiento convencional de manera más eficiente, nos facilita la construcción de plantas simplificadas y un ahorro de dinero, mejorando de esta manera el servicio y la salubridad del agua que muchas veces causa enfermedades a los consumidores al estar contaminada; pero que en otros lugares se superó, y dejó de ser un problema.

(Aroni Contreras, y otros, 2009). Utilización de la solución de harina de haba (vicia faba) como coagulante natural para remover la turbiedad en el tratamiento de agua potable. Tesis para optar el título de ingeniero ambiental en la Universidad nacional de Ingeniería.

La investigación se centró en Evaluar la efectividad de la solución de harina de haba como coagulante primario y ayudante de coagulación para la remoción de turbidez.

Los resultados encontrados son los siguientes.

El costo de tratar un m³ de agua, con la solución de harina de haba como coagulante primario, se incrementa con respecto a tratar la misma muestra de agua con sulfato de aluminio, debido a que obtener la solución de harina de haba es mucho mayor que la dosis optima de sulfato de aluminio.

La utilización de harina de haba como coagulante primario en una muestra de alcalinidad relativamente baja, resultó ser más eficaz, en unas dosis altas como son 320mg/l, 210mg/l de solución.

(Guillen Lujan, y otros, 2014) Mejoramiento del sistema de abastecimiento de agua potable (caso urbanización la esmeralda, distrito pueblo nuevo provincia y departamento de Ica). Tesis para optar el título de ingeniero Civil en la universidad San Martin de Porres.

La finalidad de la presente investigación es el análisis de las estructuras que componen el sistema existente, evaluación y planteamiento de dos alternativas el mejoramiento del sistema existente o propuesta ampliación para si satisfacer la demanda de agua y el bienestar de la población iqueña.

Los resultados que se obtuvieron de dicho estudio son los siguientes. El cálculo del caudal de diseño demuestra que el afluente cumple con la demanda requerida, al realizar un análisis económico del sistema existente y el mejoramiento es más económico la construcción de algunos elementos nuevos.

(Losiio Aricoche, 2012). Sistema de abastecimiento de agua potable para cuatro poblados rurales del distrito de Lancones. Tesis para optar el título profesional de ingeniería civil en la universidad de Piura.

La finalidad del proyecto de investigación fue el aporte técnico, en el planteamiento de criterios de diseño en los sistemas de abastecimiento de agua semejantes en zonas rurales de nuestro ámbito regional, en base a las normas nacionales, experiencias de diseño, construcción, evaluación, y transferencia de sistemas rurales de abastecimiento de agua que en los últimos años ha desarrollado la universidad de Piura. El tipo de investigación es básica en la medida que enfoca la atención a la solución de los problemas concretos utilizando la tecnología solar fotovoltaica.

Como resultado de análisis de la investigación es el planteamiento metodológico para el diseño de los fundamentales elementos que conforman los sistemas de abastecimiento de agua potable en las zonas rurales de la costa norte del Perú, empleando una base tecnológica adecuada para las condiciones climatológicas del lugar los cuales requieren de un mantenimiento sencillo preservando el medio ambiente.

Nos recomienda realizar pruebas y estudios en otras zonas rurales de los sistemas de abastecimiento de agua potable buscando obtener e incrementar los parámetros (variaciones de consumo) y particularidades técnicas los cuales nos facilite el diseño más eficiente, económico de futuros sistemas para cada zona

1.2.2 Antecedentes internacionales

(Cortes Urioste, 2007) Mejoramiento del sistema de abastecimiento de agua potable, mediante el diseño de un tanque semienterrado de cuatro compartimentos para el almacenamiento de 726 metros cúbicos ya la determinación de la calidad de dicho líquido, en el Municipio de Palín, Escuintla. Tesis para conferir el título de ingeniero civil de la universidad San Carlos de Guatemala.

La finalidad del trabajo de investigación es hacer los cálculos respectivos para el diseño de tanque de almacenamiento y hacer los análisis físico y bacteriológico del agua a fin de estar dentro de los parámetros establecidos por el Organismo Mundial de Salud y Normas Nacionales. Guatemaltecas.

Su estudio nos recomienda lo siguiente: el nivel de contaminación en el agua por agentes externos y microorganismos es constante por ellos debemos de monitorear de manera constante, Los consumidores de agua no se percatan con claridad que tipo de agua están consumiendo si es adecuado para su salud; y por último que la construcción de un tanque es vital para el abastecimiento del agua ya que actualmente no se cumple la demanda requerida.

(Martínez García, y otros, 2012). Evaluación del poder coagulante de la tuna (*Opuntia ficus indica*) para la remoción de turbidez y color en aguas crudas. Tesis de grado para obtener el título de ingeniero químico en la universidad de Cartagena. La finalidad del estudio es obtener el coagulante en polvo, de la penca de la tuna y evaluar su efectividad para remoción de turbidez y color en aguas crudas de un canal en Cartagena.

El investigador llego a las siguientes conclusiones:

La caracterización del coagulante en polvo se obtuvo a través de los siguientes procesos unitarios secado, triturado, tamizado y extracción de pigmentos el costo de dicho procedimiento no resulto caro ni complejidad en su desarrollo.

El coagulante natural luego de realizado el análisis no le confirió ningún olor o mal sabor al agua, el análisis demostró que posee una densidad menor a la del agua, un PH ácido y alto grado de carbohidratos del cual afirma que es un polielectrólito.

Los resultados de las corridas en las pruebas de jarras demostraron que el coagulante natural alcanzó una eficiencia del (85.76%) en porcentaje de remoción de turbidez y en color (57.14%) presentes en el agua cruda, utilizando dosis similares a la de los coagulantes metálicos con mayor uso en la actualidad en los tratamientos de agua.

(Alvarado Espejo, 2013) Estudio y diseños del sistema de agua potable de barrio de San Vicente, Parroquia Nambacola, Canton Gonzanamá. Tesis para optar el título

de ingeniero civil de la Universidad Técnica Particular de Loja. La investigación realizada constituyo en la construcción de un sistema de agua potable el cual alcanzara a brindar el servicio a las cincuenta y cinco familias que habitan en San Vicente de Carrión, Gonzanamá provincia de Loja de nuestro hermano país Ecuador.

Los resultados recabados durante la investigación son los siguientes:

- a) El planteamiento de soluciones viables frente a diferentes problemas que aquejan a las comunidades de nuestro país, por medio de la ejecución de este tipo de proyectos favorecen a la formación del futuro ingeniero civil, porque le permite poner en práctica la teoría adquirida en las aulas y laboratorios de estudio alcanzando buen criterio y experiencia profesional.
- b) El proyecto de investigación forma parte fundamental en la ejecución o construcción del sistema de abastecimiento de agua potable para la comunidad de San Vicente, ya que se establecen los criterios y estudios de diseño los cuales cumplen las condiciones de calidad y cantidad garantizadas en cada punto de abastecimiento; de esta manera se garantiza la buena salud a los moradores de esta comunidad.

La recomendación por parte del investigador es que los organismos que forman parte de la construcción del sistema de agua potable cumplan a cabalidad las especificaciones técnicas establecidas en este estudio, con la finalidad de garantizar el buen funcionamiento del sistema, para luego capacitar a los pobladores en temas de higiene, salud, ambiente los cuales mejoran sus condiciones de vida.

1.3 TEORIAS RELACIONADAS AL TEMA

1.3.1 Calidad del agua

El agua es el elemento indispensable para el ser humano y como tal debe cumplir los estándares y parámetros de calidad establecidos por los organismos e instituciones dedicadas al manejo, supervisión y utilización de este recurso. (Caminati Briceño, y otros, 2013)

Brindar un agua con calidad adecuada para el consumo de la población es fundamental para prevenir y evitar propagación de enfermedades gastrointestinales y otras y para ello se establecen límites permisibles (Ramos Olmos, y otros, 2003 pág. 53)

Dentro de ellos tenemos a la (Organización Mundial de la Salud, 2005 pág. 11). Indicándonos que el agua apta para el consumo poblacional no debe causar ningún riesgo significativo, ni presentar sensibilidad cuando es ingerida en todas sus etapas que atraviesa el ser vivo.

Por otro lado (Barrenechea Martel pág. 4). nos dice que debemos de tener en cuenta que “El término calidad de agua es relativo y solo tiene importancia si está relacionado con el uso del recurso”. Con esto nos da a conocer que cada tipo de uso requiere ciertos estándares de calidad en lo referente a las características físicas, químicas y microbiológicas. Por ejemplo, el agua que se utiliza en las piscigranjas para criar peces no va ser apta para el agua utilizada en una panadería para la elaboración de los panes.

1.3.1.1 Calidad microbiológica del agua

(Ramos Olmos, y otros, 2003 pág. 50) nos explican claramente que es de suma preocupación la contaminación microbiana sobre la salud del ser humano que llega muchas veces por el agua y no es captada por nuestros sentidos, causando enfermedades mortales.

Es de nuestro conocimiento que el agua que consume el ser humano debe caracterizarse por ser limpia de bacterias, esta calidad hace que el cuerpo absorbe y les útil para su vivencia, es por ello que (Guevara Pérez, 2015 pág. 395) nos indica que “el índice bacteriológico de la calidad del agua viene a ser el número de organismos, incluyendo Coliformes y bacterias totales”.

En un sistema acuático, la luz solar regula la fotosíntesis y los organismos que tienen la clorofila, como las algas, acumulan energía que utilizan para sus sostenimiento, crecimiento y reproducción.

Los organismos propios de las aguas superficiales están en permanente actividad y ninguno vive aislado. Su existencia depende del medio que los rodea.

Se incrementa por medio del ambiente físico como los organismos con los cuales convive; el cual forma su sistema de vivencia.

Los microorganismos causantes de enfermedades hídricas más comunes en nuestro medio son los siguientes:

El bacilo *Salmonella typhi* (bacteria). Causante de la enfermedad infecciosa de la fiebre tifoidea.

El *Vibrio Cholerae* (bacteria), causante de la enfermedad infecciosa del cólera

Shiguella (bacteria) causante de la disentería bacilar,

Entamoeba Histolytica (parasito), causante de la disentería amebiana.

1.3.1.2 Indicadores microbiológicos

En las zonas rurales específicamente en el distrito de Chalhuanca es muy frecuente la crianza de animales los cuales muchos metros arriba de la captación del agua contaminan el agua con sus excrementos; entonces como bien lo menciona la OMS el mayor riesgo microbiano del agua que comestible está relacionado con los excrementos de los humanos y animales, aunque no descartan otras fuentes de contaminación. Otros riesgos para salud se relacionan con el consumo de contaminada por agentes patógenos como bacterias, parásitos y virus.

Tabla 1.1 Características Bacteriológicas de agua reservorio comunita

Parámetro	Unidad	Resultado	Lugar	Límite máximo permisible
Bacterias Coliformes Termotolerantes	UFC/100ml a 35°C	4.0	Ancocayo	0 (*)
Bacterias Coliformes Totales	UFC/100ml a 45°C	4.0	Ancocayo	0 (*)
Bacterias Coliformes Termotolerantes	UFC/100ml a 35°C	49	Jayo	0 (*)
Bacterias Coliformes Totales	UFC/100ml a 45°C	49	Jayo	0 (*)

Anexo, Análisis Bacteriológico del agua

1.3.1.3 Calidad química del agua

La gran mayoría de productos o compuestos químicos que se encuentran en el agua potable son dañinos para salud de las personas; dichos compuestos químicos afectan cuando se consume de manera continua o cuando estamos expuestos de forma periódica en cortos tiempos. (Organización Mundial de la Salud, 2005 pág. 23)

Para medir y controlar la presencia de los productos químicos en el agua comestible se ha establecido valores de referencia los cuales nos permiten consumir sin estar expuestos a ningún riesgo durante toda una vida; sin embargo, estos valores de referencia varían de acuerdo al lugar de origen de la fuente de agua por consiguiente es recomendable no generalizar y analizar en cada lugar para obtener información más precisa. (Organización Mundial de la Salud, 2005 pág. 23)

1.3.1.4 Indicadores químicos del agua

a) PH y corrosión

Es considerado uno de los parámetros más importantes de la calidad del agua de consumo humano, y debe ser controlado durante todo el sistema de tratamiento cuando el agua presenta un pH > 8 el tratamiento de desinfección es alterado y su carencia produce la corrosión del sistema de fontanería en las instalaciones. (Organización Mundial de la Salud, 2005 pág. 175).

b) Dureza

Un agua dura es aquella que se encuentra de forma natural sin la intervención o alteración de los seres vivos y varían de acuerdo a las condiciones climáticas en cada región o comunidad, actualmente podríamos decir que el servicio de agua entubada que consumen los pobladores de Chalhuanca es agua dura entubada.

la forma de manifestación de la dureza del agua es por la manifestación de calcio y magnesio presentes en los restos de jabón por la necesidad de dejar limpio. (Organización Mundial de la Salud, 2005 pág. 175)

c) Cloruro

(Marín Galvín, 2003 pág. 280) nos explica que uno de los métodos que se basa en la reacción con la precipitación de los iones Cl^- de una disolución valorante de Ag^+ es uno de los métodos volumétricos en el cual se analiza este parámetro que tiene como precipitante al cromo de plata insoluble de color rojo

El cloruro se presenta en el agua como anión cloruro y cationes asociados la OMS nos indica que si se encuentra en concentraciones que oscilan de 250mg/l es tolerable para los consumidores, ya que en concentraciones mayores es captado por los consumidores por la peculiaridad de conferirle un sabor salado al agua bebible. (Comisión Nacional del Agua, 2007 pág. 172)

d) Aluminio

Para garantizar un buen servicio de la agua y con calidad va ser muy importante mantener la presencia del aluminio en concentraciones menores al 0.1mg/l, porque

en concentraciones mayores ocasionará quejas en los consumidores. Su presencia se puede dar de forma natural y en las sales de aluminio que muchas veces son utilizados como coagulantes en el tratamiento del agua.

Tabla 1.2 Características Físico químicas del agua de los riachuelos de pincahuacho y chaccarahua

Parámetros	Unidad	Resultado Ancocayo	Resultado Jayo	Límite máximo permisible
Fluoruros	mg/l	0.06	0.03	1.5
Aluminio	mg/l	0.023	0.022	0.2
Arsénico	mg/l	0.0005	0.0003	0.01
Bario	mg/l	0.04295	0.05263	0.7
Berilio	mg/l	<0.0003	<0.0003	0.012
Boro	mg/l	0.031	0.014	1.5
Cadmio	mg/l	0.00007	0.00029	0.003
Cobre	mg/l	0.0016	0.0218	2
Cromo total	mg/l	<0.0005	<0.0005	0.05
Hierro	mg/l	0.06	0.06	0.3
Manganeso	mg/l	0.00163	0.00417	0.4
Mercurio	mg/l	0.0002	<0.0001	0.001
Molibdeno	mg/l	0.00469	0.00036	0.07
Níquel	mg/l	<0.0005	0.0040	0.02
Plomo	mg/l	0.00195	0.00232	0.01
Selenio	mg/l	<0.001	<0.001	0.01

Uranio	mg/l	0.00025	0.00020	0.015
Zinc	mg/l	0.013	0.042	3
Turbiedad	mg/l	6-100	6-150	5

Anexo: Muestras Certimin

1.3.1.5 Calidad física del agua

(Serrano Alonzo, 2007) nos recomienda que debido a que el agua es una fuente en constante control de calidad, se debe realizar el monitoreo de los indicadores físicos y estos deben cumplir con los norma o parámetros que nos exige DIGESA, OMS.

1.3.1.6 Indicadores físicos del agua

a) Sólidos disueltos totales (SDT)

No se ha establecido ningún valor de referencia para efectos de la salud en cuanto a los SDT. Pero la cualidad de ser grato al paladar del agua con una concentración menor de 600mg/l de SDT se considera buena, no obstante, a concentraciones mayores de 1000mg/l disminuye la palatabilidad. Por otro lado, un exceso de SDT causa daños en los electrodomésticos, incrustaciones, en las tuberías y otros. (Organización Mundial de la Salud, 2005 pág. 176)

b) Sabor olor y aspecto

Es un indicador importante a tener en cuenta en las zonas rurales ya que se acostumbra hechas a los ríos, riachuelos que son fuente de agua a tratar los cuerpos y desechos de los animales muertos que en su degradación causan mal olor, sabor contaminando el agua.

Rafael en su libro Físicoquímica y microbiología de los medios acuáticos tratamiento y control de calidad de aguas nos recomienda que el agua a utilizar para el consumo humano deberá estar exenta de cualquier tipo de olor o sabor y para ello debe estar sometido a un tratamiento (Marín Galvín, 2003 pág. 278)

Los contaminantes químicos naturales, orgánicos, inorgánicos y procesos biológicos de microorganismos acuáticos causan mal olor y sabor del agua (Organización Mundial de la Salud, 2005 pág. 170)

c) Turbiedad

En cuanto a esta característica suele ser muy relevante en la región Apurímac por ser una zona donde se presentan las precipitaciones y producen los huaycos desplazando gran cantidad de lodo a las fuentes de agua; por ello va ser muy importante tener en cuenta dentro del sistema de tratamiento propuesto. Tomando una referencia de valor recomendado por la OMS es de 5 UNT aceptable para consumir. (Organización Mundial de la Salud, 2005 pág. 176)

Controlar esta característica nos garantizara un buen funcionamiento del sistema, de tratamiento sobre todo en los procesos de coagulación, sedimentación y filtración. (Organización Mundial de la Salud, 2005 pág. 176)

d) Temperatura

El distrito de Chalhuanca se encuentra en la región quechua y por ello el agua se mantiene fría durante todo el año a estas temperaturas el agua tiene un sabor agradable sin embargo la alteración de la temperatura alta potencia la proliferación de microorganismos aumentando los problemas de sabor, olor, color, y corrosión. (Organización Mundial de la Salud, 2005 pág. 177)

1.3.2 Implementación de una planta de tratamiento de agua potable basado en un análisis de coagulantes

El tratamiento que se desarrollará en el siguiente proyecto será de acuerdo a la calidad de agua que encontremos allá en las fuentes de abastecimiento. Luego de obtener los resultados de la calidad de agua de la fuente, se establecerá una meta de calidad física, química y microbiológica que se alcanzará en el proyecto con la planta de tratamiento donde se empleará en el sistema de coagulación y floculación

de impurezas mediante coagulantes naturales como la penca de la tuna la cual crece en abundancia en Chalhuanca.

1.3.2.1 Bases de diseño

En la elaboración del proyecto es muy importante la población actual, la población futura y el periodo de diseño para no caer en error de generar una obra sobredimensionada o deficiente el cual represente inversión inadecuada.

Conocido también como población de proyecto se calcula tomando en cuenta la cantidad de población según los tres censos anteriores y la tasa de crecimiento; para realizar el cálculo se conoce los siguientes métodos: aritmético, geométrico, logarítmico, Malthus. Aplicando los anteriores métodos el que más se acerque gráficamente al crecimiento poblacional nos brindara nuestra población de proyecto.

Tabla 1.3: Relación de cantidad de habitantes con su consumo de agua(Dotación)

Cantidad de habitantes	Dotación (l/hab./día)
Hasta 500	60
De 5000 a 1000	De 60 a 80
De 1001 a 5000	De 80 a 100
De 5001 a 1000000	De 100 a 150

Según la Norma de edificaciones OS-100 nos recomienda para climas fríos una dotación de 120 L/hab./día.

- Datos de población:
- Población beneficiada año 0 es de = 4,036 habitantes (Fuente; conteo lotes con habitante)
- Población beneficiada con el tratamiento de agua para un horizonte de 20 años es de = 5,330 habitantes
- Tasa de crecimiento de = 1.40

$$P_f = p_0 * (1 + r)^{tr}$$

Pf: población final.

Po: población inicial

r: tasa de crecimiento.

Tr: horizonte de diseño =20 años (RNE, 2016)

1.3.2.2 Población actual

Este dato será recopilado del INEI. Realizando una comparación con los datos de las acometidas eléctricas que actualmente vienen funcionando del servidor luz del sur en Chalhuanca.

Tabla 1.4 Características estadísticas de la población Aymaraes-Chalhuanca

VARIABLE/ INDICADOR	Provincia/Aymaraes		Distrito/Chalhuanca	
	Cifras Absolutas	%	Cifras Absolutas	%
POBLACIÓN				
Población Censada	29,569	100.0	4,558	100.0
Hombres	15,063	51.0	2,291	50.3
Mujeres	14,496	49.0	2,267	49.7
Población por grandes grupos de edad	29,569	100.0	4,558	100.0
00-14	10,179	34.4	1,558	34.2
15-64	15,922	53.8	2,590	56.8
65 y más	3,468	11.7	410	9.0
Población por área de residencia	29,569	100.0	4,558	100.0
Urbana	12,754	43.2	3,641	79.9
Rural	16,805	56.8	917	20.1
Población adulta mayor (60 y más años)	4,549	15.4	541	11.9
Edad promedio	30.7		29.1	
Razón de dependencia demográfica		85.7		76.0
Índice de envejecimiento		44.7		34.7

Urbana	2.6		2.1	
Rural	3.1		3.3	
EDUCACIÓN				
Asistencia al sistema educativo regular (6 a 24años)	8,198	78.0	1,415	84.0
De 6-11 años	3,937	95.4	634	97.7
De 12 a 16 años	3,252	94.2	528	96.5
De 17 a 24 años	1,009	34.4	253	51.7
Pobl. Con educ. superior (15 a más años)	2,496	12.9	928	30.9
Hombre	1,633	16.5	509	33.2
Mujer	863	9.1	419	28.6
Pobl. Analfabeta (15 y más años)	4,473	23.1	330	11.0
Hombre	994	10.0	65	4.2
Mujer	3,479	36.6	265	18.1
Urbana	1,418	17.0	160	6.7
Rural	3,055	27.7	170	28.6
SALUD				
Población con seguro de salud	16,879	57.1	2,293	50.3
Hombre	8,153	54.1	1,096	47.8
Mujer	8,726	60.2	1,197	52.8
Urbana	6,809	53.3	1,912	52.5
Rural	10,070	59.9	381	41.5
Población con seguro integral de salud	13,322	45.1	1,414	31.0
Urbana	4,954	38.8	1,053	28.9
Rural	8,368	49.8	361	39.4
Población con ESSALUD	2,850	9.6	776	17.0
Urbana	1,595	12.5	757	20.8
Rural	1,255	7.5	19	2.1

ETNIA (Idioma o lengua aprendida en la niñez de la población de 5 y más años)				
Idioma castellano	7,216	27.3	2,345	57.4
Idioma o lengua nativa	19,180	72.5	1,735	42.5
Religión (población de 12 y más años)				
Católica	19,036	87.9	3,004	90.0
Evangélica	1,821	8.4	225	6.7
Participación en la actividad económica (14 y más años)				
Población económicamente activa	9,411		1,700	
Tasa de actividad de la PEA		46.8		54.4
Hombres		69.7		71.2
Mujeres		22.8		37.0
PEA ocupada	9,159	97.3	1,636	96.2
Hombres	6,977	97.3	1,087	95.8
Mujeres	2,182	97.4	549	97.2
PEA según actividad económica	9,159	100.0	1,636	100.0
Agríc. Ganadería, caza y silvicultura	5,463	59.6	526	32.2
Pesca	5	0.1	-	-
Explotación de minas y canteras	930	10.2	24	1.5
Industrias manufactureras	117	1.3	30	1.8
Suministro de electricidad, gas y agua	9	0.1	5	0.3
Construcción	369	4.0	101	6.2
Comercio	552	6.0	227	13.9
Venta, mant. Y rep. Veh.autom. y moto	22	0.2	15	0.9
Hoteles restaurantes	185	2.0	100	601
Intermediación financiera	6	0.1	3	0.2
Activid.inmobil, empres. y alquileres	53	0.6	24	1.5

Admin.púb. y defensa seguro soc. afil	341	3.7	133	8.1
Enseñanza	486	5.3	208	12.7
Servicios sociales de salud	121	1.3	44	2.7
Otras activ. Ser. Común.soc y personal	60	0.7	24	1.5
Hogares privados con servicio domestica	65	0.7	24	1.5
Organiz y órganos extraterritoriales				
Actividad económica no especificada	174	1.9	36	2.2
VIVIENDA				
Viviendas particulares censadas	16,781	99.9	2,029	99.6
Viviendas particulares con ocupantes presentes	8,828	52.6	1,313	64.7
Tipo de vivienda				
Casa independiente	15,464	92.2	1,874	92.4
Departamento edificio	8	0.0	5	0.2
VIVIENDA CON OCUPANTES PRESENTES				
Propias totalmente pagadas	6,900	78.2	714	54.4
Propias pagándolas a plazos	105	1.2	24	1.8
Alquiladas	1,256	14.2	503	38.3
Material predominante en paredes				
Con pared de ladrillo o bloque de cemento	276	3.1	168	12.8
Con paredes de adobe o tapia	8,051	91.2	1,104	84.1
Con paredes de madera	18	0.2	3	0.2
Con paredes de quincha	9	0.1	2	0.2
Con paredes de estera	16	0.2	1	0.1
Con paredes de piedra con barro	438	5.0	34	2.6
Otro	18	0.2	1	0.1
Material predominante en pisos				
Tierra	7,906	89.6	794	60.5

Cemento	791	9.0	437	33.3
Losetas Terrazos	32	0.4	24	1.8
Parquet o madera pulida	33	0.4	27	2.1
Madera entablados	45	0.5	31	2.4
Viviendas con abastecimiento de agua				
Red pública dentro de la vivienda				
Red pública fuera de la vivienda por dentro de la edificación	2,320	26.3	792	60.3
Pilón de uso público	111	1.3	19	1.4
Vivienda con servicio higiénico				
Red pública de desagüe dentro de la vivienda	953	10.8	571	43.5
Red pública de desagüe fuera de la vivienda por dentro de la edificación	381	4.3	274	20.9
Pozo ciego o negro /letrina	1,498	22.1	104	7.9
Vivienda con alumbrado eléctrico				
Red pública	4,735	53.6	1,130	86.1
Hogar				
Hogares de vivienda particulares con ocupantes presentes	8,854	100.0	1,313	100.0
Jefatura de hogar				
Hombre	6,061	68.5	925	70.4
Mujer	2,793	31.5	388	29.6
Equipamiento				
Dispone de radio	4,822	54.5	970	73.9
Dispone de televisor a color	1,804	20.4	622	47.4
Dispone de lavadora de ropa	29	0.3	20	1.5
Dispone de computadora	140	1.6	108	8.2
Dispone de tres o más artefactos y equipos	426	4.8	221	16.8
Servicio de información y comunicación				

Dispone de teléfono fijo	35	0.4	19	1.4
Dispone de telefonía celular	538	6.1	512	39.0

Fuente INEI

1.3.3 Análisis del coagulante natural opuntia ficus

1.3.3.1 Opuntia ficus

La región de Chalhuanca posee un clima templado y la penca de tuna (opuntia ficus) crece de manera natural su uso es de para alimentar a los ganados y para separar los terrenos que comúnmente se conoce como chacras o parcelas. La familia de esta cactácea se encuentra muy bien distribuida a nivel de toda la cordillera de los andes que recorre nuestro territorio peruano, esencialmente en los valles interandinos, presenta frutos que son consumidos de manera natural por los pobladores que son ricos en vitaminas y se pueden hacer derivados como mermeladas, jugos bebibles, y sus tallos se pueden consumir los más tiernos en jugos, pero principalmente son consumidos como forraje para el ganado.

1.3.3.2 Origen

La cueva de Pachamachay es el lugar en el Perú donde se encontraron los primeros restos y semillas cercanos al lago Junín a una altitud de 4200msnm. La antigüedad de dichas semillas era aproximadamente de 11,800 años.

1.3.3.3 Descripción y taxonomía

Tabla 1.5 Descripción taxonómica del opuntia ficus

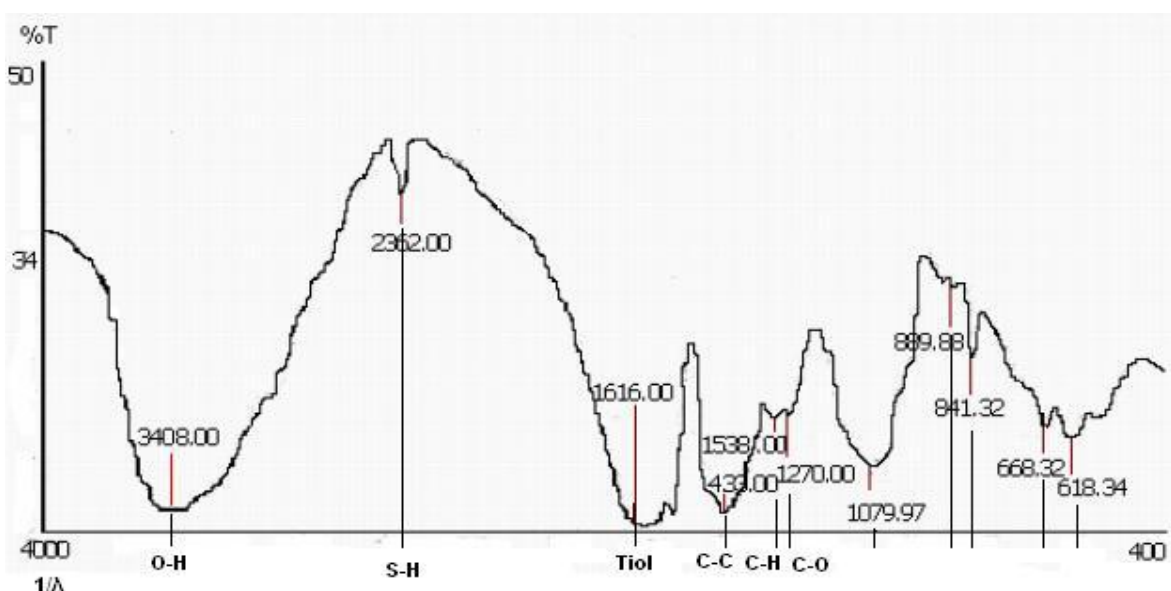
Reyno	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Caryophyllales

Familia	Cactácea
Subfamilia	Opuntioideae
Genero	Opuntia
Especie	ficus-indica

Fuente: (Almendarez de Quezada, 2004)

1.3.3.4 Composición química

Figura 0.1 Composición química de opuntia ficus



Fuente: (Almendarez de Quezada, 2004)

1.3.4 Estudio de impacto ambiental

El buen funcionamiento del sistema de tratamiento se garantizará con la participación de los pobladores a través del mantenimiento.

Disponer de un manual para la operación y mantenimiento en las zonas rurales donde el conocimiento técnico y administrativo es paupérrimo nos garantizara un buen servicio de calidad en todo momento.

Elaborar el manual de operación y mantenimiento busca un fin de plasmar una metodología en lenguaje práctico, entendible por todos y garantice el correcto funcionamiento del proyecto a construir.

1.4 Formulación del problema

1.4.1 Problema general

¿Cómo mejorar la calidad del agua implementando una planta potabilizadora que utilice el coagulante natural de la penca de tuna (opuntia ficus) en Chalhuanca Apurímac, 2016?

1.4.2 Problemas específicos

¿Como Extraer y caracterizar el coagulante en polvo elaborado a partir de la penca de tuna (opuntia ficus) en Chalhuanca Apurímac, 2016?

¿Como determinar la efectividad del coagulante natural opuntia ficus en la implementación de la planta de tratamiento de agua potable en Chalhuanca Apurímac, 2016?

¿De qué manera analizar el efecto social y económico de la implementación de una planta potabilizadora de agua en Chalhuanca Apurímac, 2016?

1.5 Justificación de estudio

1.5.1 Justificación practica

Culminada la investigación los resultados se les facilitaran a las autoridades gubernamentales del distrito de Chalhuanca y a los profesionales competentes del tema para que ellos puedan tomar las decisiones más adecuadas en beneficio del desarrollo de la región y mejora de la calidad de vida de la población.

1.5.2 Justificación social

La presente investigación beneficiara a la población en un mejor servicio de calidad y cantidad de agua potable y de esta manera se prevenían diversas enfermedades causadas por el consumo continuo de agua no tratada e incrementando el índice de desarrollo humano.

1.5.3 Justificación técnica

Es necesario para el desarrollo de alternativas sostenibles para implementar sistemas de potabilización para sectores vulnerables.

1.5.4 Justificación académica

Académicamente el proyecto nos cubre el cumplimiento de créditos para la finalización de la carrera conteniendo todos los conocimientos y capacidades que se ha ido desarrollando y poder incorporar a la aplicabilidad o la resolución de problemáticas de agua actual en Chalhuanca y zonas rurales a nivel del Perú y el Mundo

1.6 Hipótesis

No tiene hipótesis la investigación ya que el objetivo de la investigación no tiene proposiciones.

1.7 Objetivo

1.7.1 Objetivo general

mejorar la calidad del agua implementando una planta potabilizadora que utilice el coagulante natural de la penca de tuna (opuntia ficus) en Chalhuanca Apurímac, 2016.

1.7.2 Objetivos específicos

Extraer y caracterizar el coagulante en polvo elaborado a partir de la penca de tuna (opuntia ficus) en Chalhuanca Apurímac, 2016.

Determinar la efectividad del coagulante natural opuntia ficus en la implementación de la planta de tratamiento de agua potable en Chalhuanca Apurímac, 2016.

Analizar el efecto social y económico de la implementación de una planta potabilizadora de agua en Chalhuanca Apurímac, 2016.

1.8 Marco conceptual

- Agua potable

Agua que es apta para el consumo humano sin causar daños ni malestares. (RNE, 2016)

- Sedimentación

Sistema de tratamiento en el que se remueven las partículas discretas por accionadas por la fuerza gravitacional. (RNE, 2016)

- Adsorción

Proceso en el que se da la Fijación de sustancias gaseosas, líquidas o moléculas libres, conocido también como proceso fisicoquímico.

- Afluente

El recorrido del agua que ingresa a una unidad del sistema de tratamiento, inicia el proceso o total del conjunto de tratamiento. (RNE, 2016)

- Bolas de lodo

Se presenta por causa de un lavado defectuoso o incompleto, y viene a ser la aglomeración de granos de arena y un lodo en un lecho filtrante. (RNE, 2016)

- Coagulación

Se da dentro del sistema de tratamiento para desestabilizar o anular la carga eléctrica de las partículas presentes en una suspensión, producido por la acción de una sustancia coagulante que llevara posteriormente a la aglomeración en el floculador. (RNE, 2016)

II METODO

2.1 Diseño de la investigación

2.1.1 Método

2.1.2 Tipo de estudio

De acuerdo al fin que persigue la investigación corresponde a una investigación básica

2.1.3 Nivel de estudio

El nivel de investigación que se aplicara en el presente estudio es un nivel explicativo. Por qué está dirigido a los pobladores del distrito de Chalhuanca en mejorar el servicio del agua analizando la fuente de sus características físicas, químicas, microbiológicas y explicando cada procedimiento necesario acorde con el nivel socioeconómico de los consumidores de forma bien estructurada. (Hernández Sampieri, y otros, 2010 págs. 83,84).

2.1.4 Diseño de investigación

El diseño de la investigación es de tipo no experimental, ya que trabaja con hechos ocurridos en la realidad, observando a la población en su ambiente natural, tomando muestras que serán analizadas en los laboratorios, luego los resultados serán explicados planteando la solución de los problemas encontrados. (Valderrama Mendoza, 2013)

(Hernández Sampieri, y otros, 2010). El diseño de la investigación que se aplicara en el presente estudio es un diseño no experimental de corte transversal, por que observamos situaciones reales sin manipulación deliberada de ninguna de las variables y la toma de datos se realizará una sola vez.

2.1.5 Alcance

Responde a las causas que originan un mal servicio de agua potable, las analizaremos detenidamente tomando muestras en los laboratorios y de acuerdo a los resultados explicaremos en qué condiciones se encuentra para así plantear la

solución más adecuada de manera ordenada, beneficiando a todos los pobladores del distrito de Chalhuanca.

2.2 Variable operacionalización

2.2.1 Variables

Calidad de agua

(ANEAS, 2008) Las aguas superficiales son los cuerpos de agua que se percibe con los sentidos y se encuentra en la superficie terrestre como ríos, lagunas, lagos, embalses; sin embargo, cuando nos referimos a la calidad del agua es un término abstracto, ya que su sentido práctico adquiere al asociarlo a un determinado uso, para lo cual se establecen parámetros o valores que deben cumplir. La investigación específicamente se refiere a calidad del agua en un nivel de servicio público donde estudiaremos y analizaremos las fuentes de abastecimiento a la planta de tratamiento y el agua suministrada a la población de Chalhuanca con respecto a los parámetros establecidos por los organismos encargados de la salud como es el caso de DIGESA.

Planta de tratamiento de agua potable basado en coagulante natural opuntia ficus

Los planteamientos tecnológicos o conjunto de estructuras y sistemas de ingeniería que se llevan a cabo con la finalidad de brindar un servicio de agua apta para el consumo humano son diversos (Comisión Nacional Del Agua, 2007). La presente investigación busca realizar un análisis de la fuente de abastecimiento para luego plantear un sistema integrado con el fin de alcanzar el efecto en el agua que cumpla los parámetros establecidos de salubridad por las instituciones nacionales e internacionales como son OMS, DIGESA, etc. Mediante el tratamiento de coagulación y floculación utilizando como coagulante natural a la penca de la tuna.

2.2.2 Operacionalización de variables

2.3 Población y muestra

2.3.1 Población

Es el conjunto de elementos, seres o cosas que tienen características comunes y cumplen una serie de especificaciones. (Hernández Sampieri, y otros, 2010)

La investigación de estudio cuenta con las plantas de tratamiento existentes en la región Apurímac como son la planta de tratamiento de Abancay administrada por la empresa EMUSAP, y la planta de tratamiento en Andahuaylas administrada por EMSAP CHANCA

2.3.2 Muestra

“Es un subgrupo de la población de interés sobre el cual se recolectarán datos, y que tiene que definirse o delimitarse de antemano con precisión, de este deberá ser representativo a dicha población”. (Hernández Sampieri, y otros, 2010 pág. 173)

Se realizará un muestre no probabilístico intencional obteniendo una muestra del tamaño de una unidad que corresponde a la planta de tratamiento no convencional del distrito de Chalhuanca.

2.3.3 Muestreo

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

2.4.1 Técnicas de recolección de datos

Las distintas maneras o formas de aplicar los procedimientos e instrumentos para obtener información. (Valderrama Mendoza, 2013)

La implementación del plan consta en ir a la zona para evaluar la caracterización hidrológica de las cuencas, análisis de los caudales de los ríos y riachuelos más cercano, acompañadas de reuniones con los especialistas de la municipalidad, llegando a elegir la cuenca se procederá a realizar el análisis físico-químicos y microbiológicos para evaluar la calidad del agua de dicha cuenca.

2.4.2 Instrumentación de la investigación

Figura 2.1 Instrumento de toma de muestra

Análisis del agua					
Solicitante					
Localidad		Muestreador			
Distrito		Fecha de muestreo		Hora de muestreo	
Provincia		Fecha de recepción		Hora de recepción	
Región		Fecha de análisis		Hora de análisis	
Características físico químicas del afluente					
Parámetro	Unidad	Resultado	Método		
Alcalinidad	MgCaCO ₃ /L		Volumétrico		
Color	U.C		Colorimétrico		
Nitratos	Mg/L		Colorimétrico		
PH			Electrodo		
Sólidos disueltos	Mg/L		Gravimétrico		
Turbiedad	Mg/L		Turbidímetro		
Características bacteriológicas de agua del afluente					
Coliforme Fecal	NMP/100ml		Tubos múltiples		
Coliforme total	NMP/100ml		Tubos múltiples		
(*) los análisis se han efectuado tomando en cuenta los métodos normalizados para el análisis de agua potable residual APHA-AWWA-WPCF 19 edición					

RESULTADO PRUEBA DE JARRAS						
N° de jarras	1	2	3	4	5	6
Dosis de sulfato de aluminio mg/l						
Turbiedad (NTU)						
PH						
Color (UC)						

Fuente: Elaboración propia

2.4.3 Validez

Tomando en cuenta las variables de la investigación la validación de la calidad del agua lo garantizará el laboratorio que mediante sus instrumentos nos indicara que contaminantes contiene el agua superficial así mismo se deberá hacer un aforo para garantizar que la fuente tenga una caudal de abastecimiento al sistema constante durante todas las estaciones del año.

2.4.4 Confiabilidad

2.5 Método de análisis

El análisis se dará por gráficos porcentuales del funcionamiento en el proceso del ensayo de jarras, tomando el control de los parámetros de turbidez y color del agua de Chalhuanca.

2.6 Aspectos éticos

La presente investigación se realizará en un marco de respeto a la cultura, y, a las organizaciones sociales. Enfocada en respetar las relaciones interpersonales de los pobladores del distrito de Chalhuanca, y que la formulación del problema de la investigación se resuelva con la participación consiente y vigilante, de tal manera que el resultado sea de beneficio mutuo.

Se respetará las ideas de los autores que incluimos en nuestra investigación; así como la toma de muestras, estudios de laboratorio, validez de instrumentación y otros, se trabajará con fuentes, o instituciones confiables.

III ANALISIS Y RESULTADOS

3.1 Descripción de la zona de estudio

3.1.1 Ubicación geográfica

El distrito de Chalhuanca se encuentra ubicado en la provincia de Aymaraes, región de Apurímac entre las coordenadas geográficas 14° 17' 42'' latitud sur y 73° 14' 35'' longitud oeste de la cordillera de los Andes, a una altitud de 2911m.s.n.m. Su emplazamiento se define paralelo al río Chalhuanca.

COORDENADAS UTM

Coordenadas X : 689502.50

Coordenadas Y : 8418891.75

3.1.2 Geomorfología

El relieve de la región está conformado por una extensa altiplanicie interrumpida en ciertos sectores por cadena de cerros y valles profundos. El drenaje pertenece a la cuenca del Atlántico de su principal el río Chalhuanca

3.1.3 Clima

El clima es frío y templado, con dos estaciones bien definidas, una que va desde el mes de diciembre hasta el mes de abril, donde se presentan las precipitaciones, con sensación de frío moderado durante todo el día y con apariciones solares esporádicas y, la otra se presenta desde el mes de mayo hasta el mes de noviembre con un clima seco, donde las precipitaciones son mínimas. Por lo tanto, el clima en la zona, es variado porque presenta temperaturas que fluctúan desde los 5°C a 21°C en promedio, siendo la temperatura media anual de 16°C.

3.1.4 Precipitación fluvial

En la Localidad de Chalhuanca y el distrito se observa durante la época de lluvias que el caudal de los ríos aumenta considerablemente, formando grandes huaycos, produciendo continuos derrumbes y deslizamientos en las carreteras de las zonas tornándolas resbaladizas y peligrosas al tránsito regular. Las lluvias empiezan en el mes de octubre a noviembre y son intensas entre los meses de enero y febrero alcanzando su plenitud en el mes de febrero.

Así mismo de acuerdo a los datos proporcionados por la estación de Uripa, se infiere que la precipitación pluvial de la zona alta es de 958.5 mm y en las partes bajas es de 581.8 mm. La precipitación media anual de la provincia es de 600.5 mm. La humedad relativa fluctúa entre 20 y 60 %.

3.1.5 Actividad económica predominante

Las actividades económicas predominantes son la agricultura o explotación agropecuaria extensiva y la ganadería carente de asistencia técnica, en la producción del campo de cultivo lo realizan haciendo uso de herramientas tradicionales presentes en el lugar y no maximizan la productividad a corto plazo.

La geografía accidentada que presenta el territorio por la presencia de la cordillera de los andes hace que en épocas de lluvia los suelos se encuentren expuestos a la acción erosiva por medio de huaycos que dañan las parcelas, chacras, carreteras, canales de conducción, etc. Ya que no existe muchos medios o técnicas de conservación de suelos.

El clima que posee la región es rico en producción de maíz, papa en sus variedades, olluco, trigo, cebada, quinua, haba, frejoles, etc., en cuanto a la ganadería predomina generalmente la crianza de ganado vacuno, caballar, porcino, y ovino.

3.1.6 Vías de acceso

El distrito en estudio tiene acceso desde la capital a través de:

Tabla 3.1 Vías de acceso a Chalhuanca

LOCALIDAD DE PARTIDA	LOCALIDAD DE LLEGADA	ESTADO DE VIA	TIPO DE VIA	DISTANCIA KM	TIEMPO HR.
Lima	Chalhuanca	Bueno	Asfalto	790.00	13.00
Abancay	Chalhuanca	Bueno	Asfalto	120.00	2.00
Cusco	Chalhuanca	Bueno	Asfalto	312.00	6.00

Fuente: elaboración propia octubre 2016

3.1.7 Servicio público existente

El distrito cuenta con servicios educativos de niveles: inicial, primaria, secundaria, superior.

El Hospital de Chalhuanca Dr. Nolasco Alfredo Román Acuña ubicada en la comunidad de Chuquina, inaugurada el 26/06/2017. Anteriormente contaba con la posta médica N3 de Chalhuanca donde, esta entidad tiene una capacidad de 50 camas, el nivel de atención es integral, brindándose traslado o referencias en casos muy graves al hospital regional de Abancay.

Las atenciones están orientadas a grupos etéreos o ciclos de vida, que son los siguientes:

- Área del Niño: En el cual se orientan los programas de infecciones respiratorias agudas (IRAs) y enfermedades diarreicas agudas (EDAs) fundamentalmente.
- Área del Adolescente: Área dedicada a la difusión de programas información, prevención y planificación familiar.
- Área del Adulto: De acuerdo a la demanda actual, esta área está destinada básicamente a los servicios de carácter materno-perinatal, asimismo, la difusión de programas de planificación familiar.
- Área del Adulto Mayor: Área dedicada al control de enfermedades como hipertensión arterial, enfermedades infecciosas, enfermedades crónicas degenerativas, etc.

Análisis de los efectos del consumo de agua:

Efectos: La incidencia de enfermedades diarreicas, trae consigo incremento de la tasa de morbilidad infantil, así como incremento en los gastos por salud de la población, que finalmente conlleva al deterioro de la calidad de vida de la población de Chalhuanca.

Tabla 3.2 Morbilidad hospital Chalhuanca

Morbilidad	Casos	%	%Acum
Enfermedades de las vías respiratorias superiores	459	28.94%	28.94%
Enfermedades infecciosas intestinales	412	25.98%	54.92%
Otras enfermedades infecciosas intestinales y secuelas	135	8.51%	63.43%
Deficiencias en la nutrición	121	7.63%	71.06%
Enfermedades de otras partes del apto. Digestivo.	99	6.24%	77.30%
Otras enfermedades del aparato respiratorio	89	5.61%	82.91%
Enfermedades del sistema osteomuscular y del tejido conjuntivo	76	4.79%	87.70%
Enfermedades del aparato urinario	69	4.35%	92.06%
Afecciones dentales y periodontales	66	4.16%	96.22%
Enfermedades de la piel y del tejido subcutáneo	49	3.09%	99.31%
Otros	11	0.69%	100%
Total.	1586	100%	

Fuente: posta medica de Chalhuanca.

De acuerdo a la tabla mostrada se puede diferir que le servicio de agua potable y alcantarillado se brinda agua entubada sin un control adecuado de calidad, afectando a la población y sobre todo a los niños.

3.1.8 Recursos hídricos

Actualmente el valle de Chalhuanca lo riegan principalmente el rio del mismo nombre y riachuelos, en cuanto al servicio de agua potable viene a ser agua entubada de los riachuelos de anccoajayo, pincahuacho y chaccarahua al cual se le realiza un tratamiento básico la desinfección

La población de Chalhuanca, Chuquinga y Pairaca, cuentan con sistemas simples de abastecimiento de agua potable el cual es su captación, el reservorio donde se realiza la cloración y luego la distribución a los usuarios, el servicio se encuentra en pésimo estado, y no cumple con los parámetros establecidos por el DIGESA; esta situación negativa trasciende en el incremento de enfermedades diarreicas, parasitosis, dérmicas y constante presencia de enfermedades gastrointestinales.

3.2 Coagulación

3.2.1 Coloide

Generalmente las partículas coloidales tienen un diámetro entre 1-1000 micrómetros, el comportamiento de ellos lo define su origen y naturaleza. Su presencia en el agua forma la turbiedad.

El tamaño de los coloides se encuentra dentro de partículas en solución verdadera y las que se encuentran suspendidas.

En la potabilización de agua es usual hablar de coloides que tienen afinidad con el agua (hidrófilos), y los que no (hidrófobos); sin embargo, la presencia de los coloides hidrófobos como son las arcillas y óxidos metales particulares son importantes en la clarificación del agua, ya que son termodinámicamente inestables.

Mientras los coloides hidrofílicos por su afinidad forman soluciones estables, y dentro de ellos podemos hallar varios polímeros naturales y sintéticos también proteínas, almidones y ácidos nucleicos, etc. (Aroni Contreras, y otros, 2009)

3.2.2 Propiedades de los coloides

Principalmente los coloides están definidos por sus propiedades cinético, óptico, y electro cinético en el agua.

3.2.2.1 Propiedad cinética

Las propiedades cinéticas definen el comportamiento de las partículas coloidales referidas al movimiento en el agua.

Siendo el agua una masa en constante movimiento y por ende en esta fase los coloides presentan un movimiento constante e irregular denominado movimiento browniano; por otro lado, el movimiento mediante los cuales tiende a ocupar todas las partes en el líquido, es denominado comúnmente como difusión; la velocidad de difusión es menor que la velocidad media de las partículas en el movimiento browniano.

3.2.2.2 Propiedad óptica: efecto Tyndall-Faraday

La propiedad que producen los coloides cuando la luz atraviesa una suspensión coloidal que está ligada proporcionalmente al tamaño de partículas es denominada efecto Tyndall Faraday.

La propiedad del efecto Tyndall Faraday es utilizada para determinar el grado de turbidez del agua; sin embargo, esta propiedad es independiente del número de partículas y la cantidad.

3.2.2.3 Propiedad superficie: Adsorción

“Las partículas coloidales se caracterizan por tener una gran superficie específica, definida como la relación entre el área superficial y la masa. La gran superficie específica da a los coloides una gran capacidad de adsorción y, por lo tanto, no resulta práctico sedimentar las partículas coloidales sin tratamiento químico previo.” (Aroni Contreras, y otros, 2009)

3.2.2.4 Propiedad electrocinética: Electroforesis

La comprensión de la estabilidad de los coloides y la comprensión de la coagulación las define la propiedad electrocinética que consiste en someter a una corriente directa dentro de una solución coloidal; donde se observa absorción más por parte de los electrodos positivo que negativo, quedando demostrado que posee carga eléctrica. De ello podemos diferir que los coloides son eléctricamente negativo por su afinidad al electrodo positivo en dicho fenómeno.

La polaridad del coloide se mide en una celda de electroforesis y se denomina potencial zeta, su unidad de medición es en voltios, normalmente el valor oscila

entre 30-40 voltios para el colide estable y si se logra disminuir a un valor de 15-20 voltios, se dará la coagulación y por ende la sedimentación de los mismos

3.2.3 Estabilidad e inestabilidad de coloides

Es algo inherente la desestabilización o estabilización de las suspensiones coloidales.

Los factores de los cuales depende la estabilización o desestabilización son los siguientes:

- La fuerza de gravedad es un factor, pero de poca trascendencia ya que no altera de manera sustancial.
- El factor de permite que las partículas se contacten y sea parte de la desestabilización se denomina movimiento browniano.
- Y una de las más importantes propuestas por el químico holandés Johanes Diderick van der Waals. Es un factor muy importante, ya que se categorizó como el medio de atracción principal de las partículas coloidales. (Aguilar, y otros, 2002 pág. 36)

3.2.4 La doble capa eléctrica

Los coloides son eléctricamente negativos y atraen a los iones positivos en la región interfaz, que por ende estos iones atraen a lo iones negativos formando de esta manera la capa difusa que vendría a ser la doble capa.

La primera capa que se forma por la atracción de iones positivos es también conocida como capa de Stern, a partir de la cual se forma la capa difusa. (Aguilar, y otros, 2002 pág. 37)

3.2.5 Mecanismo de coagulación

La comprensión de la doble capa de los coloides explica el tratamiento de las aguas mediante la adición de coagulantes, los cuales son las sales de aluminio o hierro

comúnmente, que primordialmente alteran la fuerza iónica de los coloides; para de esta manera separarlos del agua y llevarse a cabo la coagulación formar los floc.

3.2.6 Mecanismo de coagulación predominante

El mecanismo de coagulación se lleva a cabo generalmente por medio de los siguientes procesos:

- Adsorción. Proceso por el cual se atraen las partículas hidrolíticas en el coloide por medio de un agente externo formando los floc ya que se neutraliza su carga negativa
- Barrido. En este caso se da muchas veces por la gran presencia de colides que repentinamente se unen y por el peso propio de los mismos precipitan.

3.2.7 Coagulación por adsorción

La adición de sustancias químicas universales como las sales de aluminio y hierro al agua dentro de los parámetros establecidos de PH, Alcalinidad, etc. Genera la formación de sustancias hidrolizadas siguientes: Al^{3+} , $Al(OH)^{2+}$, $Al(OH)^{4+}$, $Al(OH)_4$, y estas sustancias forman representativamente al sistema.

Cuando las especies hidrolizadas se adhieren con los del grupo silanol($=SiOH$) y el colide desestabilizan y permiten la estabilización de flóculos. (figura 3.1)

Este mecanismo es denominado neutralización de carga (también se le llama desestabilización – adsorción).

La concentración de coloides en el agua facilita la atracción de los mismos incrementando la fuerza de atracción y disminuyendo la energía de que se utiliza para desestabilizarlas. Del mismo modo ocurre con su potencial zeta. (figura 3.2)

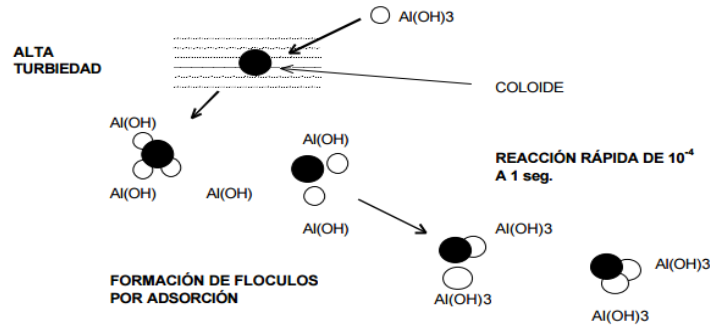


Figura 3.1 coagulación por adsorción

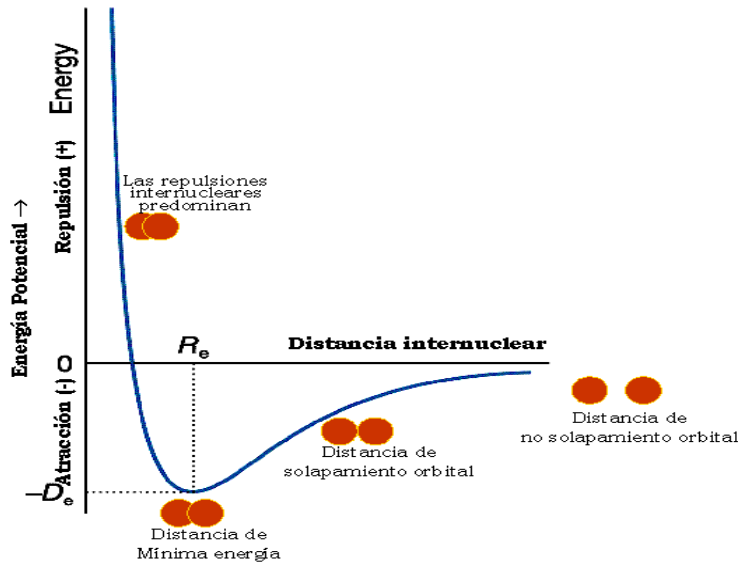


Figura 3.2 potencial z en la coagulación por adsorción

3.2.8 Coagulación por barrido

Este proceso de coagulación podríamos nombrarle de arrastre ya que requiere de buena cantidad de sales o coagulantes para formar los floc. Y arrastrar de esta manera físicamente a las partículas suspendidas, esquemáticamente lo apreciamos en la figura 3.3. podríamos afirmar que este proceso es dependiente de la cantidad de químico o coagulante natural que se le infiera al agua.

Debido a que las partículas se encuentran más separadas, las fuerzas de atracción son pequeñas, lo cual demanda mayor cantidad de coagulante y energía para desestabilizarse, lo que incrementa la potencial zeta y el tiempo de reacción que puede llegar hasta / segundos (figura 2). (Aguilar, y otros, 2002 pág. 38)

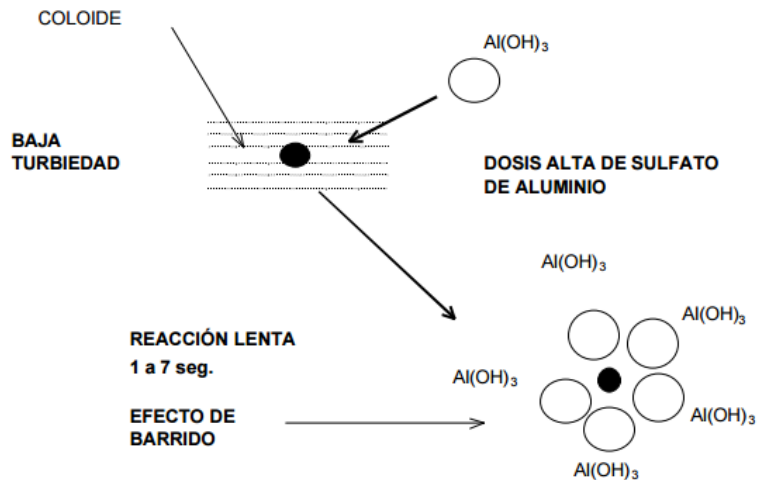


Figura 3.3 coagulación por barrido o arrastre de partículas

3.2.9 Factores que influyen en el proceso de coagulación

3.2.10 Influencia de la concentración del coagulante

La concentración de la solución de coagulante en la eficiencia del proceso de tratamiento es un tema de discusión, incluso se ha sugerido limitar la concentración mínima a valores de un orden de 0.5% en las estaciones de tratamiento. Sin embargo, dicha sugerencia contradice el procedimiento convencional en la realización de ensayos de laboratorio, donde se utiliza solución de coagulante en concentraciones de 0.1% y 0.2%, correspondiente al volumen de frascos de 1 y 2 litros respectivamente

3.2.10.1 Calidad del agua cruda

Para llevar a cabo el proceso de coagulación con mayor eficiencia, el agua cruda influye de manera relevante con sus características de, concentración de coloides o turbiedad, la alcalinidad, el pH, el tamaño de las partículas, y la temperatura.

Se presenta cuatro situaciones diferentes, dependiendo de las variaciones del coloide en el agua.

3.2.10.2 Alta concentración de coloides y alcalinidad baja

A estas condiciones el tratamiento es fácil, porque solo se determina un parámetro químico: la dosis óptima del coagulante, el proceso de desestabilización se realiza por medio de la adsorción de especies hidrolíticas con carga positiva, ya que se producen instantáneamente con niveles de pH ácidos.

3.2.10.3 Alta concentración de coloides y alcalinidad alta

Para este sistema, el proceso de desestabilización se da por medio de adsorción y neutralización de la carga con niveles de PH neutros o ácidos. La neutralización de la carga es más fácil, debido a que el PH permanece generalmente en la región neutral, donde los polímeros de hidróxidos metálicos no tienen carga muy alta.

3.2.10.4 Baja concentración de coloides y alcalinidad alta

Para este sistema el proceso de desestabilización y coagulación se llevará a cabo con una dosis de coagulantes relativamente alta, como alternativa se puede agregar arcilla o bentonita, para aumentar la concentración coloidal y el contacto entre las partículas y se dará una desestabilización mediante adsorción y neutralización de la carga.

3.2.10.5 Baja concentración de coloides y alcalinidad baja

Con estos parámetros la coagulación es más difícil. La coagulación a manera de captura se dificulta, ya que el PH es menor al agregar el coagulante y no se da la formación de hidróxidos, asimismo la coagulación por medio de adsorción también es dificultosa, debido a la baja concentración del coloide que no permite el contacto interparticular. Para poder facilitar la coagulación en este caso se debe agregar bentonita o arcilla y/o alcalinidad adicional.

3.2.10.6 Temperatura

La diversidad de temperaturas en nuestro territorio nos obliga a tomar en cuenta sobre todo si baja a una temperatura extrema de congelación.

Cahil y Fitz Patrick estudiaron la influencia de este parámetro en un grupo de Chicago y establecieron dos marcadas regiones de variabilidad muy marcadas, una entre 0 y 10°C y la siguiente entre 10 y 40°C.

Cuando el agua oscilaba entre los 0-10°C descubrieron que la viscosidad y el PH predomina en las características de coagulación. Por ende, es dificultoso que se lleve a cabo la coagulación; una explicación que se plantearon es por medio del ordenamiento de su estructura o aumento de límites de hidrogeno, fenómeno que impide desestabilizar al desaparecer el movimiento browniano.

3.3 Floculación

La floculación se da por medio de la inclusión de coagulantes para desestabilizar su estructura de los coloides y formar los llamados floc de un buen peso y puedan sedimentar de manera eficiente

3.3.1 Mecanismo de Floculación

Normalmente la floculación se analiza como un proceso causado por la colisión entre partículas.

En el proceso de floculación intervienen de forma secuencial, tres mecanismos de transporte:

- La floculación pericinética o browniana que se debe a la energía térmica del fluido.
- La floculación ortocinética o gradiente de velocidad, que se produce en la masa del fluido en movimiento.
- La sedimentación diferencial, que se debe a las partículas grandes, que al precipitarse colisionan con las más pequeñas que van descendiendo lentamente y ambas se aglomeran.

Como ya se explicó, en el proceso de floculación se realizan mecanismos secuenciales de transporte de tal forma que al dispersarse el coagulante en la masa del agua y desestabilizar las partículas coloidales de tamaño menor de un micrómetro empiecen a aglutinarse. El movimiento browniano actúa dentro de este rango del tamaño de partículas y forma el microflóculo inicial, recién cuando se alcanza el tamaño de un micrómetro empieza a actuar la floculación ortocinética, promoviendo un desarrollo mayor del microflóculo. Este mecanismo ha sido estudiado en lugares donde la temperatura baja alrededor de cero grados, rango

dentro del cual el movimiento browniano se anula y por consiguiente, también lo hace la floculación pericinética. En este caso se comprobó que la floculación ortocinética es totalmente ineficiente y no tiene importancia alguna sobre partículas tan pequeñas.

Bratby encontró que si los gradientes de velocidad en el agua son mayores de 5 s^{-1} y las partículas tienen un diámetro mayor de un micrómetro, el efecto de floculación pericinética es despreciable.

Por otro lado, el proceso de floculación pericinética solo es sumamente lento. Se precisan alrededor de 200 días para reducir a la mitad un contenido de 10.000 virus/7ml en una muestra de agua

Por lo tanto, la aglomeración de las partículas es el resultado de la actuación de los tres mecanismos de transporte mencionados más arriba. (Aroni Contreras, y otros, 2009)

3.3.2 Factores que influyen en la floculación

Para un buen desempeño tanto de la coagulación como la floculación existen parámetros establecidos que aseguran su buen desarrollo como son la alcalinidad el PH la turbiedad.

Químicamente las características del agua tienen que ser estudiadas de acuerdo a la zona porque su variación influye en el equilibrio fisicoquímico del sistema, por ejemplo, existen iones que forman cadenas de polímeros de hidróxido al interactuar los polímeros con los coloides afectando el tiempo y desarrollo de la coagulación y floculación. Si trabajamos con las sales de aluminio la presencia de iones SO_4^{2-} afecta de manera influyente en la formación de los flóculos. (Aguilar, y otros, 2002 pág. 36)

3.3.2.1 Tiempo de floculación

Este parámetro es muy importante ya que su determinación se determina por medio del ensayo o prueba de jarras bajo determinados parámetros de medición como son la turbiedad, el PH, Alcalinidad, dureza del agua, etc. según estudios hechos realizados podemos afirmar que oscila entre 20-40 minutos, usualmente para el

sulfato de aluminio es de 37 minutos. Su presencia del agua en el floculador debe ser el que resulte en la prueba de jarras ya que su presencia de más o menos alterara el buen desempeño presentados resultados inferiores al previsto.

En un diseño del tanque de floculación se deben aproximar el tiempo real al tiempo nominal obtenido en la prueba de jarras. Por ejemplo, en tanques de floculación con pantallas deflectoras a mayor número de compartimentos se tendrá menores cortocircuitos de agua.

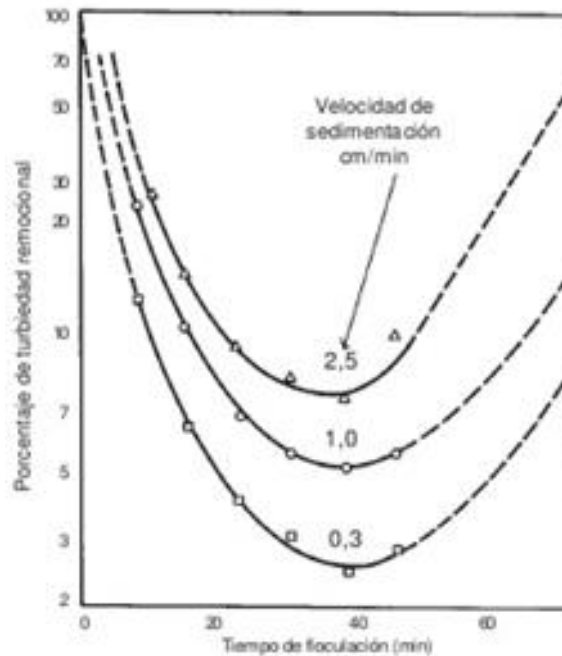


Figura 3.4 efecto del periodo de floculación en la sedimentación

3.3.2.2 Gradiente de velocidad

El parámetro de la gradiente de velocidad se presenta en la floculación ortocinética, caracterizando el factor de proporcionalidad a la velocidad de aglomeración de las partículas. La gradiente de velocidad y la velocidad de aglomeración de las partículas son directamente proporcionales. Por otro lado, cuando los flóculos aumentan de tamaño se presenta las fuerzas de cizallamiento hidrodinámico, inducidas por la gradiente de velocidad.

La resistencia de los flóculos depende de una serie de factores:

- a) De su tamaño, forma y compactación.

- b) Del tamaño, forma y naturaleza de las macropartículas.
- c) Del número y forma de los ligamentos que unen a las partículas.

Tekippe y Ham desarrollaron un estudio teórico-práctico donde determinaron en los diferentes compartimentos del floculador la influencia de la variación del gradiente de la velocidad.

Los datos de estos ensayos permiten concluir que es necesario graduar el gradiente de velocidad en forma decreciente, evitando tramos intermedios con altos gradientes, que es el caso más desfavorable.

Los valores recomendados de gradiente de velocidad para la floculación se encuentran dentro de un rango de 100 a 20 s⁻¹, es recomendable por lo general realizar una compartimentalización con gradientes escalonados de manera decreciente.

Influencia de la variación del caudal.

En un floculador hidráulico influye de manera sensible las variaciones del caudal; al disminuir el caudal, el tiempo de retención crece y el gradiente de velocidad disminuye. Al aumentar el caudal, el tiempo de retención baja, y hay un incremento del gradiente de velocidad.

En un floculador mecánico, frente a las variaciones de caudal solo el tiempo de residencia aumenta o disminuye de acuerdo a la variación del caudal.

3.3.3 Variables químicas

3.3.3.1 Dosis optima

Es la cantidad de coagulante determinado para llevarse a cabo la formación de los floc (tamaño y peso adecuado) por medio de la desestabilización de las partículas coloidales para que pueda sedimentar de manera óptima. (Arboleda, pag.165).

Para la eficiencia del proceso de desestabilización este valor se define y explica de mejor manera en la figura 3.5 en la cual se presenta cuatro curvas de variación de la turbiedad residual en función de la dosificación de coagulante con pH constante.

Estas curvas están basadas en aguas naturales tratadas con sales de aluminio o hierro (III), que contienen grandes concentraciones de materia coloidal

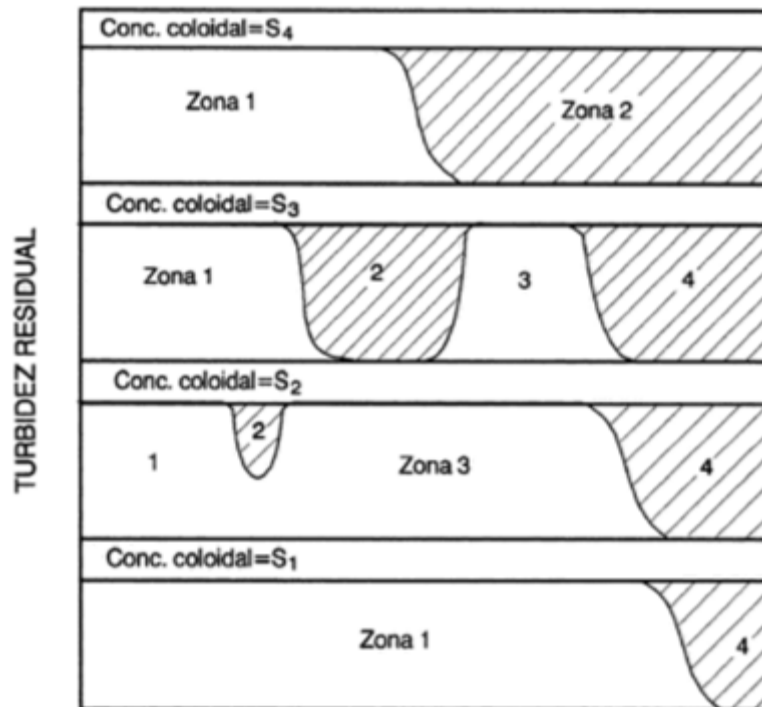


Figura 3.5 Representación esquemática de la coagulación observada en los ensayos de jarras usando sales de aluminio (III) a un PH constante

Según el gráfico apreciamos cuatro zonas marcadas por las curvas y son:

La zona 1 no se da por completo la desestabilización por que las dosis de coagulante no fueron las necesarias.

La zona 2 En esta zona se ejemplifica gráficamente que las dosis fueron necesarias y se lleva a cabo la desestabilización con la precipitación del floculo.

La zona 3, muestra los caos en que las dosis altas reestabilizar dispersiones, pero con parámetros específicos como el PH; etc.

La zona 4, Generalmente se da para aguas un poco claras y es necesario la inclusión de abundante coagulante y la coagulación se da por el proceso de barrido. (coagulación por barrido) (Aguilar, y otros, 2002 pág. 37)

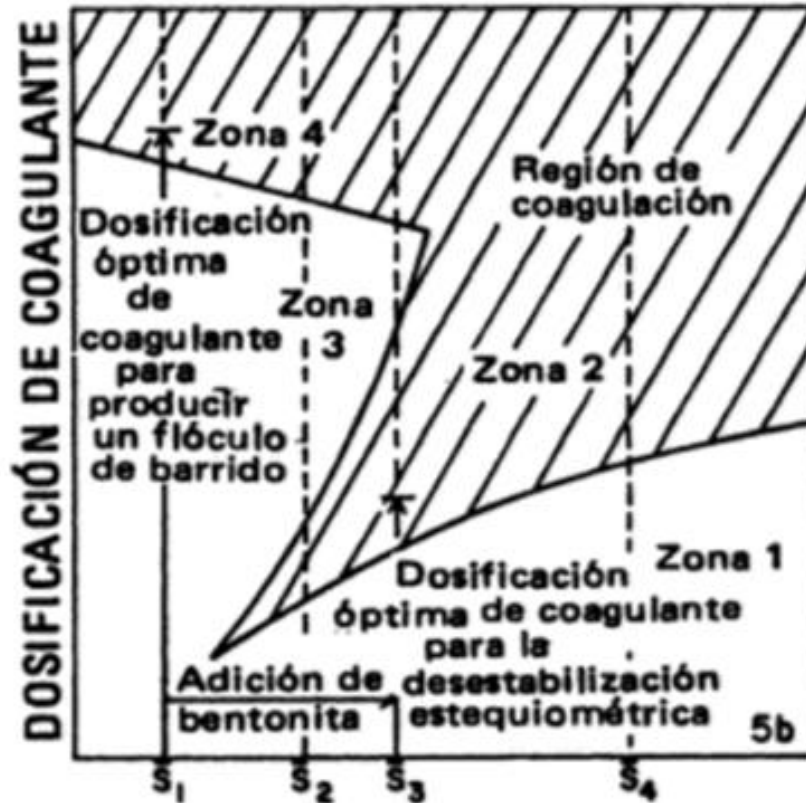


Figura 3.6 el área representa la concentración del coloide.

La figura 3.6 nos ejemplifica la reacción entre la dosis de coagulante y la concentración coloidal (m²/l) con pH constante.

La poca acumulación de coloide que se aprecia en el (S1) requieren bastante coagulante por ende el proceso de coagulación es por barrido.

La imagen nos muestra que en las zonas (S1, S2) hay mayor presencia de coloides, por ende

En la parte (s1, s2) donde el coloide se encuentra más concentrado, se requiere menores dosis de coagulante que en el caso s1.

En el grafico que está limitado por la parte (S2;S3) es un área que requiere de una cantidad equilibrada de coagulante.

En la transición de s2 a s4 se nota el incremento de las concentraciones lo que llevara a incrementar la del coagulante

De forma globalizada la dosis química demandada está en función del mecanismo de desestabilización. Para casos de baja turbiedad, y se requiere un floculo de hidróxido voluminoso, a medida que la concentración del coloide incrementa, la dosis demandada generalmente baja.

En el caso que la desestabilización se realice por medio de adsorción, la dosis demandada tiende a ser baja y se incrementa la concentración de partículas coloidales.

Para las aguas de baja turbiedad, como se indica en el gráfico, hay una técnica utilizada ya de manera general, la adición de partículas de arcilla; como, por ejemplo, la bentonita, la cual ayuda en incrementar o juntar las partículas coloidales y de esta manera pasar a la zona 2 donde se lleva a cabo la coagulación por medio de adsorción y no de captura; demandando menor cantidad de coagulante.

Podemos apreciar en la zona 3 que al incrementar la concentración de coloides disminuye la reestabilización. Esta concentración se presenta o amerita siempre en cuando se realice la reestabilización con sobredosis. (Walter, y otros, 2003 pág. 78)

3.3.3.2 PH óptimo

Este factor es muy relevante en la coagulación. De manera general el pH óptimo para remover color oscila de (4-6) y para remover turbiedad oscila de (6,5-8,5). Y en cuanto a los coagulantes férricos tienen un rango de valores de pH más altos en comparación con las sales de aluminio.

3.3.3.3 Concentración óptima

La proporción de volumen y coagulante es muy marcada; ocasionando la dificultad de poder realizar una aplicación uniforme del coagulante al agua para una coagulación eficiente. La residencia del problema es que el volumen de la masa del agua es mucho mayor en comparación con la cantidad de dosis de coagulante. Una

dosis media de sulfato de aluminio de 30mg/l a una concentración de 10% representa dispersar un volumen de solución de apenas 300ml, que es equivalente a un cubo de 7cm de arista en un metro cúbico de agua. Por lo tanto, la dispersión será efectiva incrementando el volumen de solución y dilución; ya que el coagulante entrará de manera más rápida en contacto con las partículas coloidales y por consiguiente tendremos una mayor remoción de turbiedad.

Llevar a cabo los ensayos de prueba de jarras con el agua que se va a tratar podrá indicar la mejor concentración de la solución de coagulante que se debe utilizar, incluso en cada estación climática; de ahí la importancia de llevar un control por medio de este ensayo.

3.4 Descripción del sistema existente

Localidad de Chalhuanca

El sistema tradicional del sistema de agua potable de la Provincia de Aymaraes es el siguiente su captación-almacenamiento-desinfección y distribución La localidad de Chuquina, Chalhuanca y Pairaca en la actualidad cuentan con un sistema de agua para consumo, que comprende de las siguientes características cinco captaciones y estas son: Pincahuacho una captación, Chichilla dos captaciones, Occo occo Alto, Occo occo Bajo, estas dos últimas que abastece a la directamente a la localidad de Chalhuanca.

Su abastecimiento es de varias fuentes de riachuelos ya que la geografía que presenta la región por la presencia de la cordillera de los andes es accidentada y con fuertes desniveles de altitud compuesta por sucesión de montañas o cerros entre los cuales discurren los riachuelos.

La calidad de esta agua se ve afectada por las variaciones estacionales típicas de la región sierra, es decir notable incremento de turbiedad, color y sólidos suspendidos en el cuerpo de agua debido a las lluvias en la cabecera del riachuelo.

Sistema de abastecimiento.

El abastecimiento consta de tres líneas de conducción con tubería de PVC de 3", colocado en manera superficial

La localidad cuenta con cinco reservorios de concreto armado de los cuales dos reservorios ubicados en Chiuchilla de 30 m³, un reservorio en el lugar de cementerio 30 m³, un reservorio en Ccayllaranto.30 m³ y reservorio de caja real de 180m³

De manera más específica estos reservorios tales como Chiuchilla, reservorio Cementerio, y reservorio de Ccayllaranto abastecen directamente a los cuatro sectores de la localidad de Chalhuanca tales como. Canchuillca, Camani, Huasaccata y Ccollana.

La red de distribución es con tubería PVC SAP de 1 1/2" ,2" , 3" y 4", la gran mayoría de este sistema se encuentra (dicha construcción lo realizo INADE, por lo que se requiere solo la intervención con el proyecto en Las zonas que cuentan en la actualidad de la localidad de Chalhuanca cuentan con Cuatro zonas, tales como, Camani, Canchuillca, Ccollana y Huasaccata.

La red de distribución se sectorizo se sectorizo en 04 zonas.

Localidad de Pairaca

En la localidad de Pairaca existe una Captación en el Manante "Marcahuaycco", que se encuentran en buen estado solo falta cambio de accesorios y tarrajeo interno y externo. Esta captación abastece a toda la localidad de Pairaca.

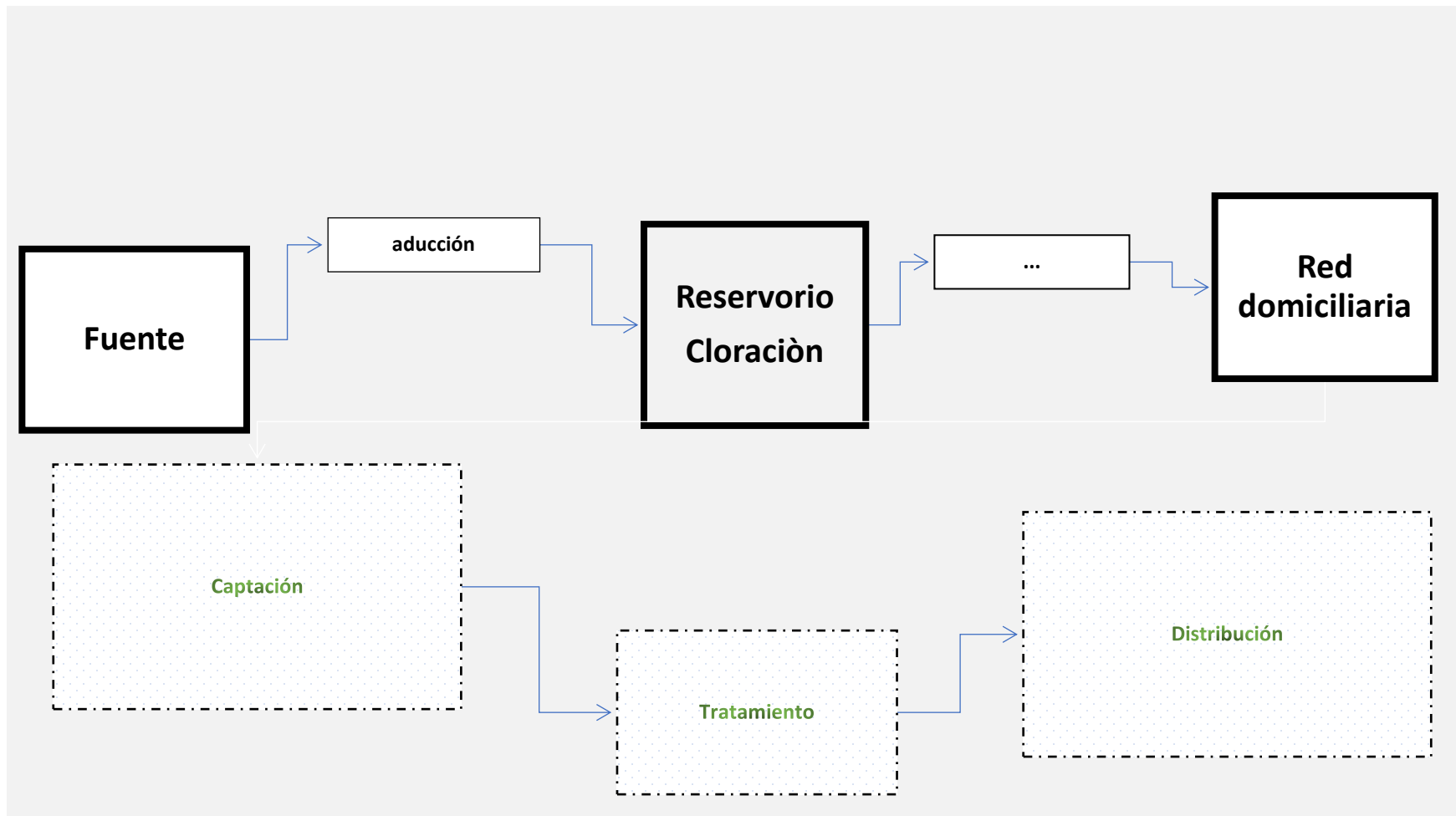
La localidad de Pairaca cuenta con una línea de conducción con tubería de PVC de 1 1/2" está colocado en Forma superficial,

La localidad de Pairaca cuenta con una estructura de almacenamiento de concreto armado, uno de 100 m³

En la localidad de Pairaca existe 01 línea de aducción, que abastece directamente desde Reservorio hacia la red de distribución.

La localidad de Pairaca cuenta con una red de distribución es con tubería PVC SAP de 1 1/2" ,2" Cabe mencionar que la localidad de Pairaca cuenta con dos barrios, tales como, Pairaca y Urubamba.

Figura 3.7 Diagrama de tratamiento existente



3.5 Propuesta del tren de tratamiento

La propuesta que planteamos es de acoplarme al sistema existente y mejorar el sistema con una Planta de tratamiento de filtro lento mejorada de agua potable de la localidad de Chuquina Chalhuanca y Pairaca; produciéndose agua apta para el consumo humano de acuerdo a las recomendaciones del Ministerio de Salud Y la Organización Panamericana de Salud (OPS/OMS), y usar el mismo sistema de distribución.

El principal factor a trabajar es remover las turbidez u color del agua que en los periodos estacionales de verano donde las precipitaciones alcanzan su máximo de 960mm. y forman los huaycos, los cuales trasladan masas de tierra, lodo. Asimismo, se contemplará el proceso de desinfección por cloración y el funcionamiento hidráulico de las unidades.

CRITERIOS DE SELECCIÓN DEL PROCESO

Turbiedad: la turbiedad promedio es de 2 NTU, pero se estima que en épocas de lluvia llega hasta 110 NTU. El sistema de filtración lenta de carga variable es muy eficiente, (Canépa de Vargas) para turbideces bajas y frente a que en épocas de lluvia fuerte es alto la turbidez del agua a ello mejoraremos el sistema con un sistema de floculación con la ayuda de la penca de tuna (opuntia ficus)

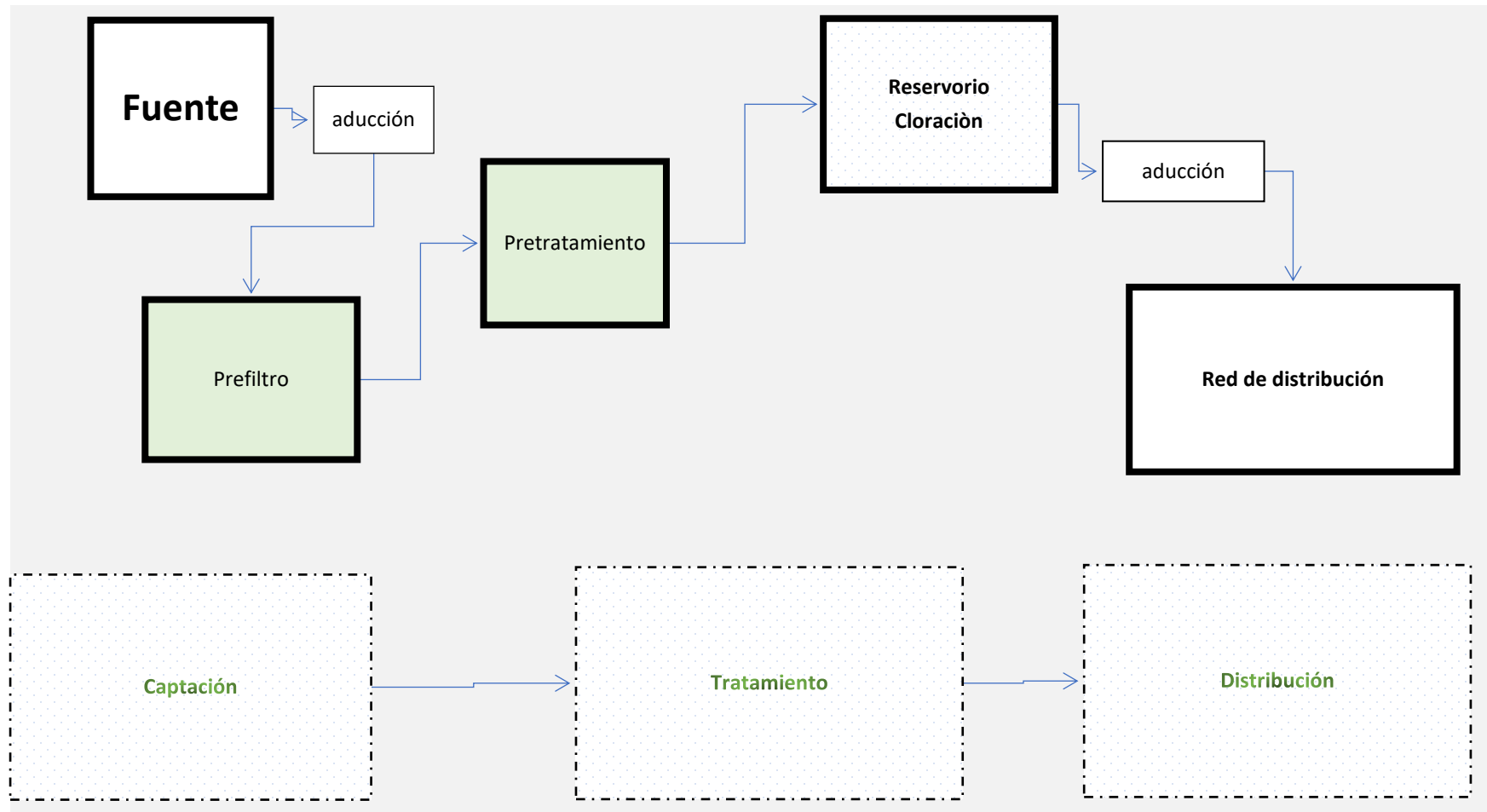
Capacidad de operación. El sistema de tratamiento de agua potable estará a cargo de la municipalidad de Chalhuanca la misma que deberá contar con un operario permanente para la operación y mantenimiento de las unidades. La necesidad de contar con un solo personal el cual puede ser un poblador; al que se le brinde una capacitación de manejo, ya que el sistema planteado no requiere de mucha atención y el mantenimiento es relativamente mínimo.

Tipo de ámbito. El proyecto se desarrolla en un ámbito del tipo rural donde apreciamos vías de acceso entre comunidades sin asfaltar, cuentan con servicios básicos de luz, agua y desagüe)

Sin embargo, puede ser extensible a diseñar una sola planta de tratamiento utilizando el agua del rio Chalhuanca, a ser utilizado en muchas zonas de nuestra

región donde apliquen la etapa de coagulación y floculación con coagulantes naturales, obtenidos del entorno de la localidad, en este caso utilizamos la penca de la tuna.

Figura 3.8 Propuesta de implementación de tratamiento.



3.6 Diseño preliminar

El caudal requerido es como sigue:

- Población de diseño 5330 hab.
- Dotación 120 l/hab./día
- Consumo per cápita 166 l/hab./día
- Qdiseño 16 l/seg.
- Qm 7.4 l/seg.

El caudal Qdiseño > Qm correcto

3.7 Coagulante opuntia ficus

3.7.1 Procedimiento y caracterización

Con el fin de llegar a analizar el coagulante natural se realizó una serie de procedimientos que describiremos a continuación:

Caracterización del coagulante en polvo: el proceso de extracción más adecuado se utilizó guiándome de la tesis de (Martínez Garcia, y otros, 2012 pág. 53) por considerarse el más adecuado que se muestra mediante un gráfico de cadena en la figura N° 3.9

Evaluación del poder coagulante: la efectividad del coagulante natural (Opuntia ficus) para remoción de turbidez extraído de la penca de la tuna es demostrando mediante la prueba de jarras basándose en experiencia del laboratorio e información de trabajos previos

La segunda caracterización del coagulante fue la extracción de la baba de nopal de la siguiente manera se rebano la penca de tuna en pequeños trozos y se colocó en un recipiente de agua caliente, para luego extraer la baba y utilizarla como coagulante. Describimos mejor en el grafico N° 3.10

3.7.2 Obtención del opuntia ficus

Dentro del proceso de potabilización de las aguas, clarificar el agua es una de las etapas más importantes, ya que permite la remoción de materiales en suspensión, tales como arcilla, limo y lodos. El nopal es un polímero natural que tiene propiedades coagulantes y floculantes

Procedimos a tomar la muestra del campo en el distrito de Chalhuanca y luego separamos la corteza de la penca de la tuna eliminándola, quedando la parte sólida y gelatinosa los cuales fueron secados en una estufa a 50-65°C durante dos días aproximadamente, luego se realizó la molienda o pulverización en equipo con hidrogeno líquido, posteriormente fue tamizado hasta obtener una granulometría menor de las 500 μm y luego purificadas y limpieza de pigmentos con equipo Soxhlet y luego almacenar para su utilización.

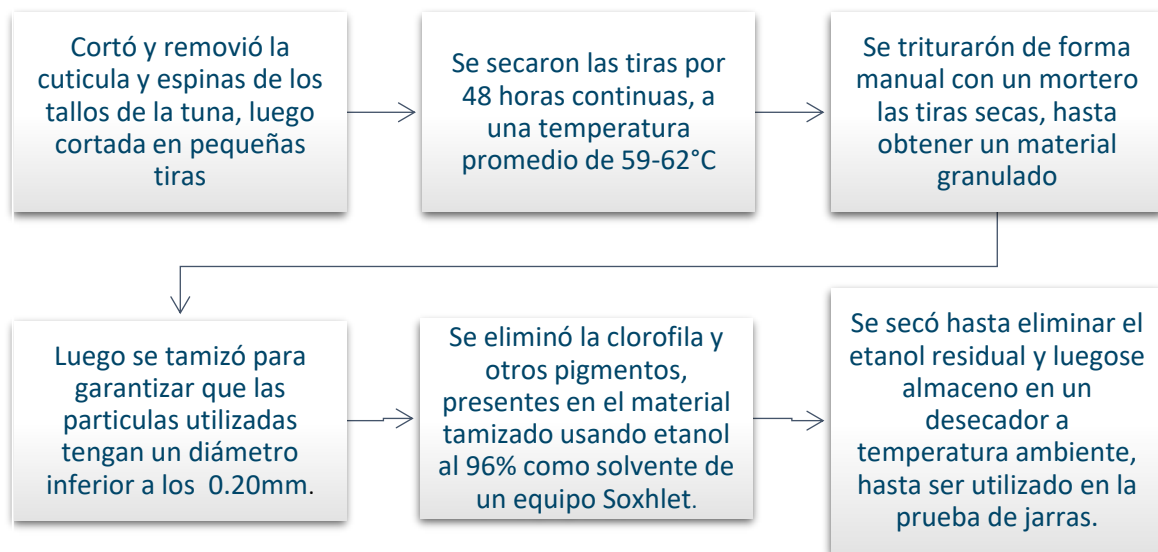


Figura 3.9 Diagrama de flujo para obtener el coagulante en polvo

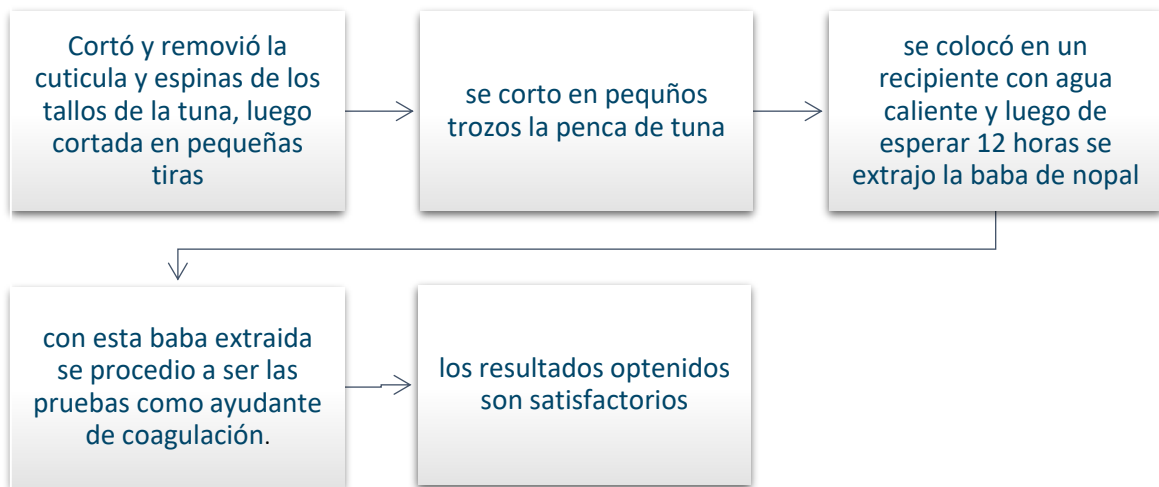


Figura 3.10 Diagrama de flujo para obtener la baba de nopal

La caracterización del coagulante en polvo se llevó a cabo en el laboratorio Labicer de la facultad de ingeniería química de la Universidad Nacional de Ingeniería el informe original se encuentra en el informe técnico 0963

Y la caracterización de la baba de nopal se llevó a cabo en el laboratorio de R-chemical el día de la prueba de Jarras debido a los bajos valores que nos resultó con el coagulante en polvo.

La planta de la penca de la tuna que trabajamos es del distrito de Chalhuanca, se trasladó por tierra mediante los buses interprovinciales, pero antes estas fueron recolectadas en pecas de 1100 a 1500 gramos de dimensiones variables que se muestran en la tabla 14 estas dimensiones fueron tomadas con una wincha métrica y una balanza modelo PGW 1502i en el laboratorio Labicer de la facultad de Ingeniería química de la Universidad Nacional de Ingeniería

Tabla 3.3. Tamaño de las pencas

Dimensión	Medida, cm
Largo	25
Ancho	13
Espesor	1.5

Figura 3.11 pesado de la penca sin espinas



Una vez tomadas las dimensiones exteriores se procedió a retirar la cutícula (capa exterior) junto con las espinas las cuales son insolubles en el agua, esta operación genero una perdida en masa de 5% a continuación teníamos la pulpa libre de cascara y esta se procedió a cortarla de manera que sean tiras largas y bien delgadas colocándose de manera ordenada en un recipiente de aluminio, y luego llevados a un proceso de secado durante 48 horas en un horno espec a una temperatura promedio de 60 y 65°C. Luego de retirarlos la muestra perdió un 92% del peso inicial a consecuencia de la deshidratación apreciándose a simple vista por la disminución de tamaño y espesor de las tiras, tornándose frágiles y quebradizos, aprovechados para triturarlos primero manualmente y luego en un mortero hasta reducir la muestra en polvo amarillento

3.7.3 Evaluación del coagulante en polvo

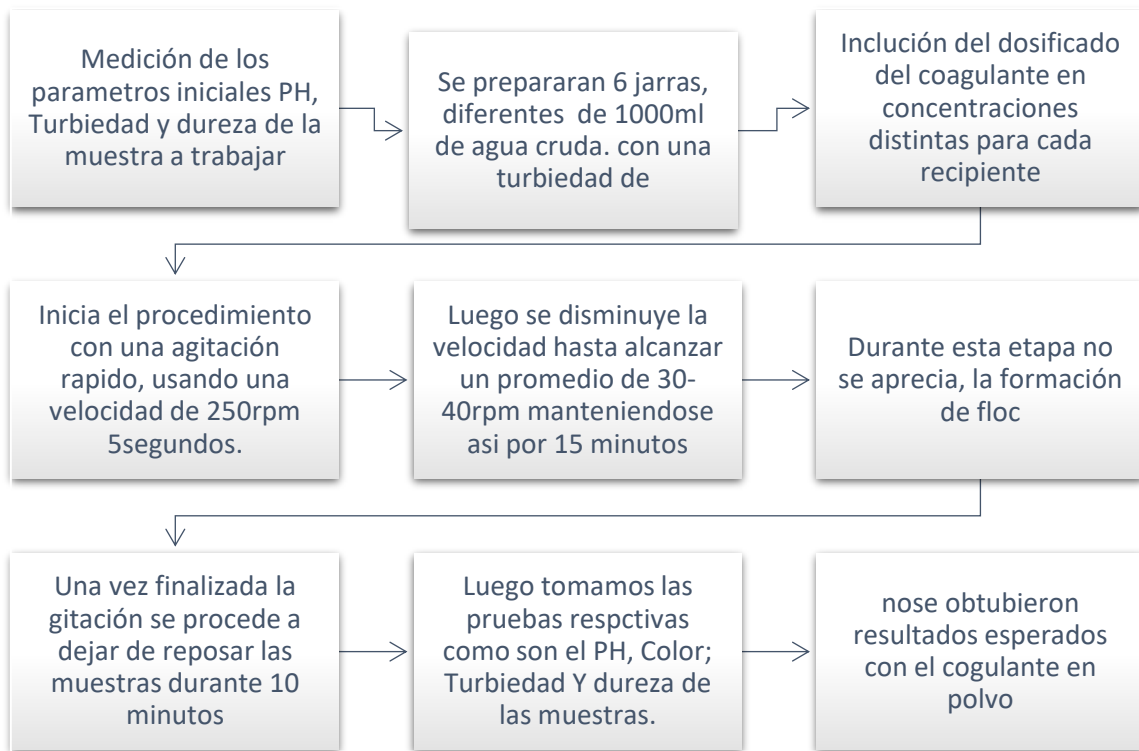


Figura 3.12 Diagrama de flujo de la prueba de jarras

3.7.4 Evaluación del coagulante como baba

En vista que con el coagulante en polvo no se obtuvieron los resultados esperados.

Optamos por utilizar la baba de nopal solo como una prueba preliminar donde si disminuía la turbiedad en el tiempo, sin embargo, optamos por trabajar el coagulante como baba de forma que funcione como ayudante de coagulación del sulfato de aluminio por recomendación de R-chemical.

En donde si obtuvimos buenos resultados que se mostraran más adelante en el desarrollo

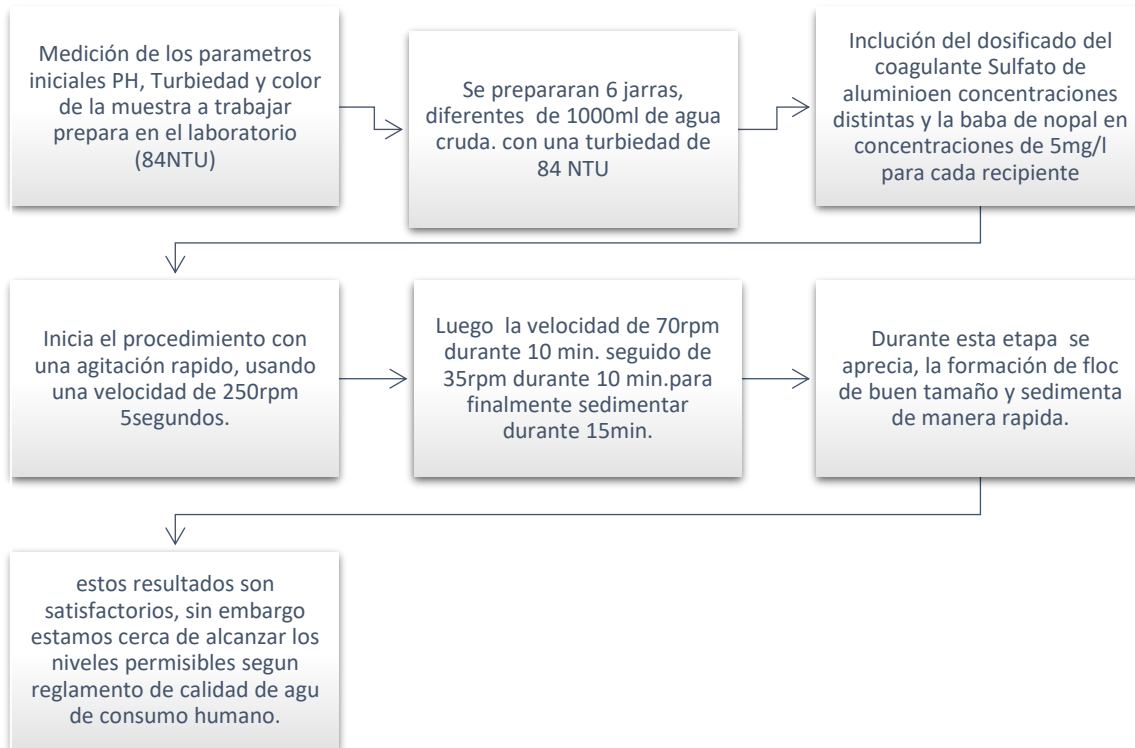


Figura 3.13 Diagrama de flujo de la prueba de jarras como ayudante de coagulación.

3.8 Determinación de la eficiencia del coagulante como baba

Con el fin de establecer el desempeño del coagulante natural opuntia ficus se realizó la prueba de jarras descritos en la figura 3.13. Dichas pruebas se llevaron a cabo en el laboratorio de la empresa R-chemical.

Se prepararon turbideces de agua con barro extraído de los bordes del riachuelo y agua en el laboratorio primero con una turbidez de 110 NTU de forma preliminar para poder ver su poder de coagulación y efectivamente no se obtuvieron resultados satisfactorios;

Nos basamos en su experiencia del laboratorio R-chemical y por ser la penca de tuna más un ayudante de coagulación que propiamente un coagulante primario.

Se procedió a trabajar como ayudante de coagulación del sulfato de aluminio tipo A de la marca ARIS. Primero solo se hizo una corrida con el sulfato de aluminio. Luego

ya con el ayuda de la baba de nopal donde obtuvimos resultados satisfactorios acercándonos a los niveles permisibles según el reglamento de calidad de agua para el consumo humano.

El procedimiento de la prueba de jarras se llevó a cabo de la siguiente manera, primero el coagulante de sulfato de aluminio y luego con el ayudante de coagulación, previamente se preparó el agua cruda con turbideces preparadas en el laboratorio luego se inició el proceso de mezcla rápida con una revolución de 250 RPM durante 5 segundos, seguido de la mezcla lenta 1 a 70 RPM durante 10 minutos, para seguir con la mezcla lenta 2 a 35 RPM durante 10 minutos, y por último se dejó sedimentar durante quince minutos.

3.8.1 Evaluación de la reducción de color

Se realizaron cuatro pruebas de jarras con las siguientes características.

- ✓ Prueba de jarras (solo con el sulfato de aluminio)

Características del agua cruda

Turbidez de 84NTU

Color 41 UC

PH =7.48

Concentración =8%

Sulfato de aluminio tipo A marca ARIS

Ensayo con dosis de 10 a 60 mg/l propuesto por R- chemical.

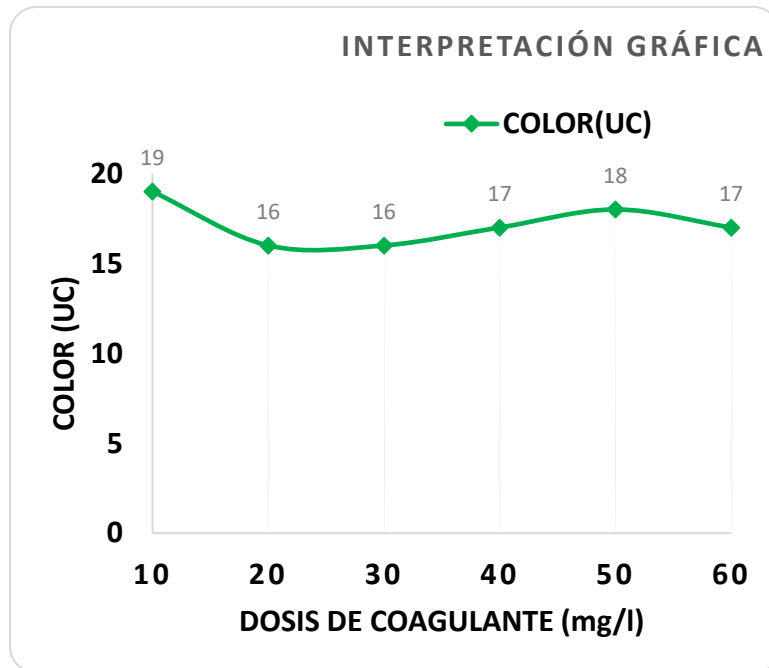
Resultados obtenidos:

Tabla 3.4 Resultado de prueba de jarras con sulfato de aluminio para una turbidez de 84 NTU y 41 UC iniciales.

RESULTADO PRUEBA DE JARRAS 84 NTU						
Dosis de sulfato de aluminio mg/l	10	20	30	40	50	60
Turbiedad (NTU)	30.74	20.29	21.33	24.07	25.45	27.79
PH	7.45	7.43	7.42	7.4	7.37	7.36
Color (UC)	19	16	16	17	18	17

Fuente: Anexo laboratorio R- chemical

Figura 3.14 Valor de clarificado respecto a la dosis de sulfato de aluminio



Fuente: elaboración tesista

Podemos apreciar del gráfico que el color alcanza un mínimo valor de 16 UC (unidad platino cobalto) para una dosis óptima de 20 mg/l de sulfato de aluminio, Los valores tomados se realizaron con el equipo LTC3000we/wi de la marca LaMotte en el laboratorio de R- chemical.

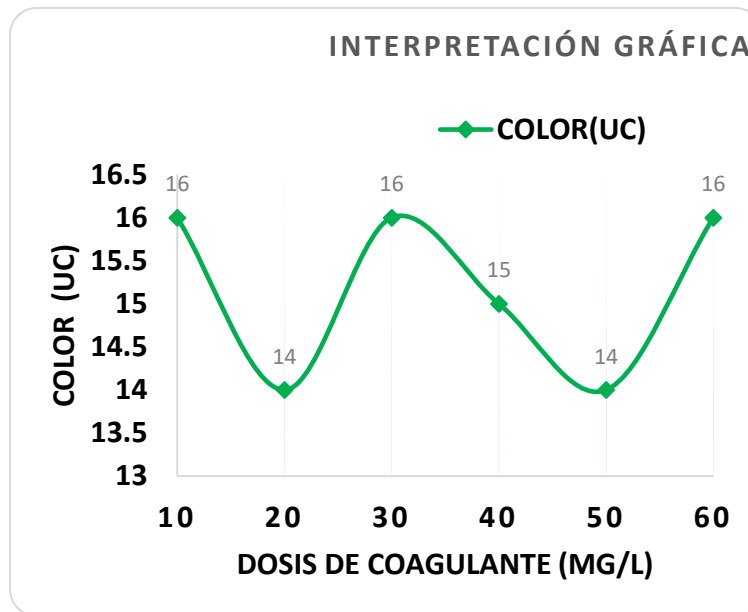
✓ Resultado obtenido con el ayudante de coagulación a la penca de la tuna.

Tabla 3.5 Resultado de prueba de jarras con sulfato de aluminio más ayudante de coagulación penca de tuna para una turbidez inicial de 84 NTU y color de 41 UC

RESULTADO PRUEBA DE JARRAS 84 NTU						
Dosis de sulfato de aluminio (mg/l)	10	20	30	40	50	60
Dosis de penca de tuna(mg/l)	5	5	5	5	5	5
Turbiedad (NTU)	20.55	8.14	15.39	22.01	23.17	24
PH	7.45	7.42	7.42	7.39	7.37	7.37
Color (UC)	16	14	16	15	14	16

Fuente: Anexo laboratorio R-chemical.

Figura 3.15 Variación del color en función a la dosis del sulfato de aluminio más la dosis de penca de tuna



Fuente: elaboración tesista

La más efectiva clarificación se da con 20mg/l de sulfato de aluminio y 5mg/l de penca de tuna obteniendo un mínimo valor de 14 UC (unidad cobalto platino) valor que cumple los parámetros según el reglamento de calidad de agua para el consumo humano

✓ Prueba de jarras (solo con el sulfato de aluminio)

Características del agua cruda

Turbidez de 41.5NTU

Color 22 UC

PH =7.50

Concentración =8%

Sulfato de aluminio tipo A marca ARIS

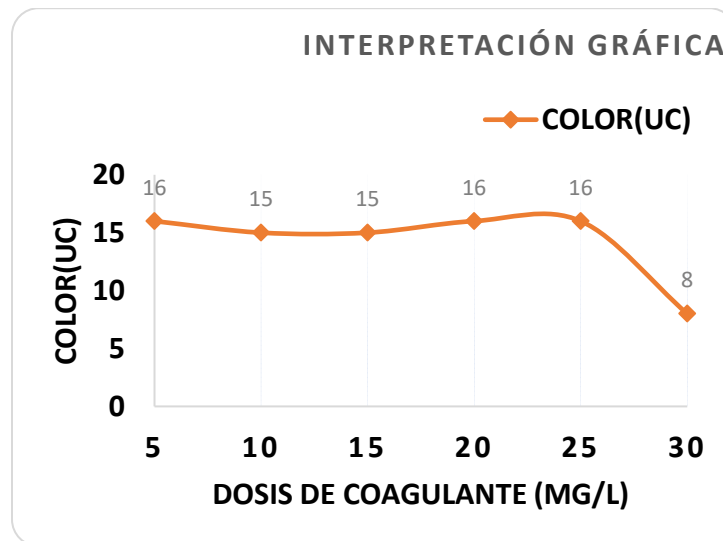
Ensayo con dosis de 5 a 30 mg/l propuesto por R- chemical.

Tabla 3.6 Resultado de prueba de jarras con sulfato de aluminio para una turbidez de 41.5 NTU y 22 UC iniciales.

RESULTADO PRUEBA DE JARRAS 41.5 NTU						
Dosis de sulfato de aluminio mg/l	5	10	15	20	25	30
Turbiedad (NTU)	15.16	12	11.56	16.04	18.08	18.18
PH	7.48	7.47	7.47	7.45	7.44	7.4
Color (UC)	16	15	15	16	16	8

Fuente: Anexo laboratorio R-chemical.

Figura 3.16 Variación del color en función al sulfato de aluminio



Fuente: elaboración tesista

De la interpretación grafica encontramos un valor mínimo de 8 UC (unidad platino cobalto), pero la utilización de coagulante es bastante. Por lo cual elegimos una dosis optima de 5mg/l ó 10 mg/l.

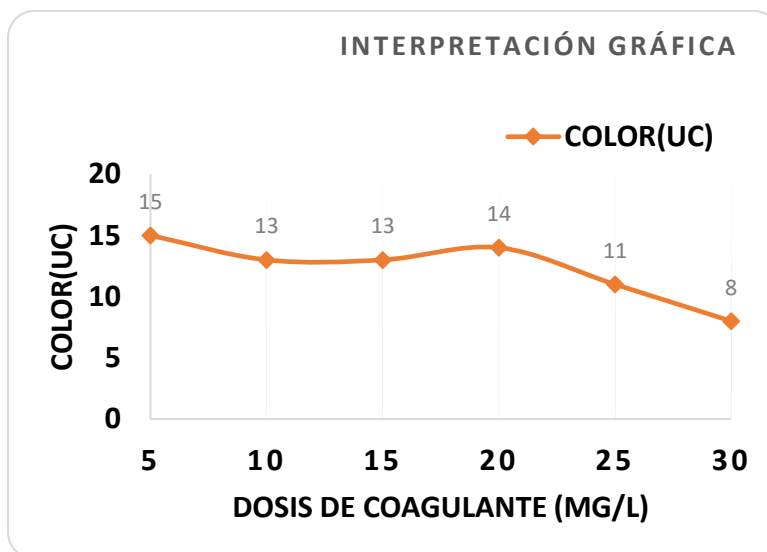
✓ Resultado obtenido con el ayudante de coagulación a la penca de la tuna.

Tabla 3.7 Resultado de prueba de jarras con sulfato de aluminio más ayudante de coagulación penca de tuna para una turbidez inicial de 41.5 NTU y color de 22 UC

RESULTADO PRUEBA DE JARRAS 41 NTU						
	5	10	15	20	25	30
Dosis de sulfato de aluminio (mg/l)						
Dosis de penca de tuna(mg/l)	3	3	3	3	3	3
Turbiedad (NTU)	9.07	7.15	10.98	18.14	19.63	20.55
PH	7.48	7.46	7.46	7.43	7.42	7.39
Color (UC)	15	13	13	14	11	8

Fuente: Anexo laboratorio R-chemical.

Figura 3.17 Resultado de la variación del color respecto al sulfato de aluminio más penca de tuna(84NTU)



Fuente: elaboración tesista

Del gráfico podemos deducir que según el reglamento de calidad de agua para el consumo humano máximo debe tener un valor de 15UC (unidad platino cobalto) por lo tanto la dosis optima será de 5mg/L más 3mg/l de coagulante natural opuntia ficus

3.8.2 Evaluación de la remoción de turbidez

Se realizaron cuatro pruebas de jarras con las siguientes características.

Prueba de jarras (con el sulfato de aluminio y penca de tuna)

Características del agua cruda

Turbidez de 84NTU

Color 41UC

PH =7.48

Concentración =8%

Sulfato de aluminio tipo A marca ARIS

Ensayo con dosis de 10 a 60 mg/l propuesto por R- chemical.

Concentración de opuntia ficus 5mg/l

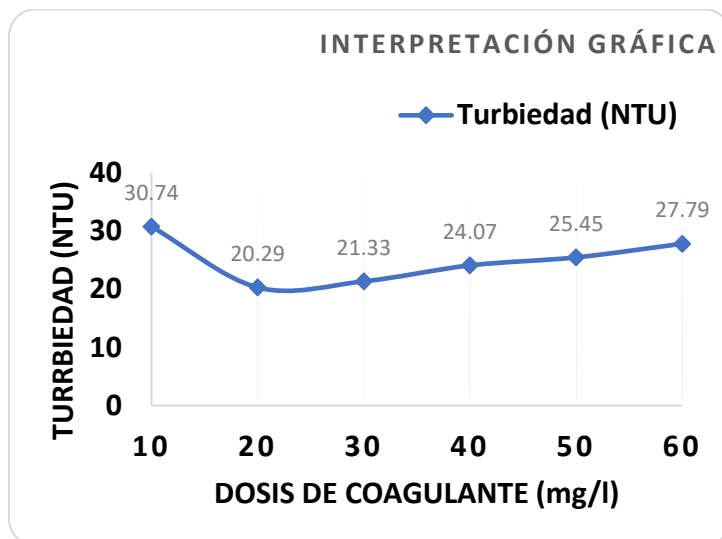
Resultados obtenidos:

Tabla 3.8 Resultado de prueba de jarras con sulfato de aluminio para una turbidez de 84 NTU y 41 UC iniciales.

RESULTADO PRUEBA DE JARRAS						
	10	20	30	40	50	60
Dosis de sulfato de aluminio(mg/l)						
Turbiedad (NTU)	30.74	20.29	21.33	24.07	25.45	27.79
PH	7.45	7.43	7.42	7.4	7.37	7.36
Color (UC)	19	16	16	17	18	17

Fuente: Anexo laboratorio R-chemical.

Figura 3.18 Gráfica de la variación de turbiedad respecto a la dosis de sulfato de aluminio.



Fuente: elaboración tesista

La tabla 3.4 nos muestra los valores obtenidos luego de la prueba de jarras realizada con un equipo portátil Modelo PB-900, en el laboratorio de R- chemical; en la figura 3.18 podemos apreciar que la dosis optima es de 20mg/l para alcanzar una turbiedad mínima de 20.29 NTU, realizaremos otra prueba, pero utilizando a la penca de la tuna como ayudante de coagulación.

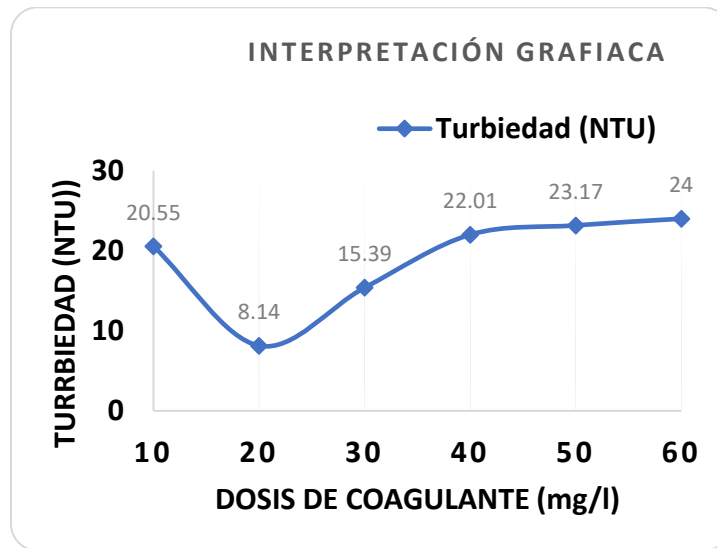
✓ Resultado obtenido con el ayudante de coagulación a la penca de la tuna.

Tabla 3.9 Resultado de prueba de jarras con sulfato de aluminio más ayudante de coagulación penca de tuna para una turbidez inicial de 84 NTU y color de 41 UC

RESULTADO PRUEBA DE JARRAS						
	10	20	30	40	50	60
Dosis de sulfato de aluminio (mg/l)	10	20	30	40	50	60
Dosis de penca de tuna(mg/l)	5	5	5	5	5	5
Turbiedad (NTU)	20.55	8.14	15.39	22.01	23.17	24
PH	7.45	7.42	7.42	7.39	7.37	7.37
Color (UC)	16	14	16	15	14	16

Fuente: Anexo laboratorio R-chemical.

Figura 3.19 Gráfica de la variación de turbidez respecto a la dosis de sulfato de aluminio más penca de tuna



Fuente: elaboración tesista

La clarificación con 20mg/l de sulfato de aluminio al 8% y 5.0mg/l de penca de tuna resulta ser más efectivo alcanzando un valor de 8.14 NTU. Que está cerca del reglamento de calidad que nos pide como máximo 5 NTU. Las mediciones de turbiedad se realizaron en el laboratorio de R- chemical con el Turbidímetro Digital portátil Modelo TU-2016.

2.- Prueba de jarras (solo con el sulfato de aluminio)

Características del agua cruda.

Turbidez de 41.5NTU.

Color 22 UC.

PH =7.50

Concentración =8%

Sulfato de aluminio tipo A marca ARIS.

Ensayo con dosis de 5 a 30 mg/l propuesto por R- chemical.

Concentración de Opuntia ficus 3mg/l.

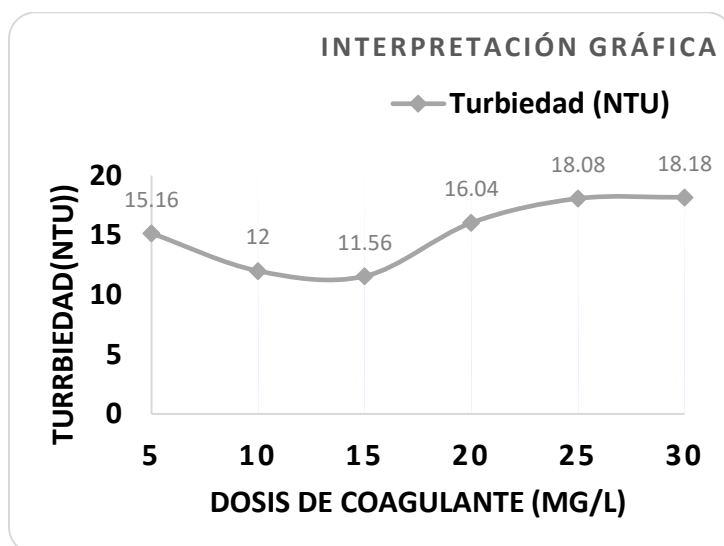
Resultados obtenidos:

Tabla 3.10 Resultado de prueba de jarras con sulfato de aluminio para una turbidez de 41.5 NTU y 22 UC iniciales.

RESULTADO PRUEBA DE JARRAS						
	5	10	15	20	25	30
Dosis de sulfato de aluminio mg/l						
Turbiedad (NTU)	15.16	12	11.56	16.04	18.08	18.18
PH	7.48	7.47	7.47	7.45	7.44	7.4
Color (UC)	16	15	15	16	16	8

Fuente: Anexo laboratorio R-chemical.

Figura 3.20 Gráfica de la variación de turbiedad respecto a la dosis sulfato de aluminio para una turbiedad inicial de 41.5 NTU



Fuente: elaboración tesista

La clarificación para una turbiedad de 41.5 NTU con el sulfato de aluminio en solución al 8% la dosis efectiva fue de 5y10 mg/l, donde se apreciaron Floc que precipitan con lentitud, y con el fin de disminuir los valores y de seguir el estudio de la penca de tuna como ayudante de coagulación procederemos a realizar una nueva prueba de jarras.

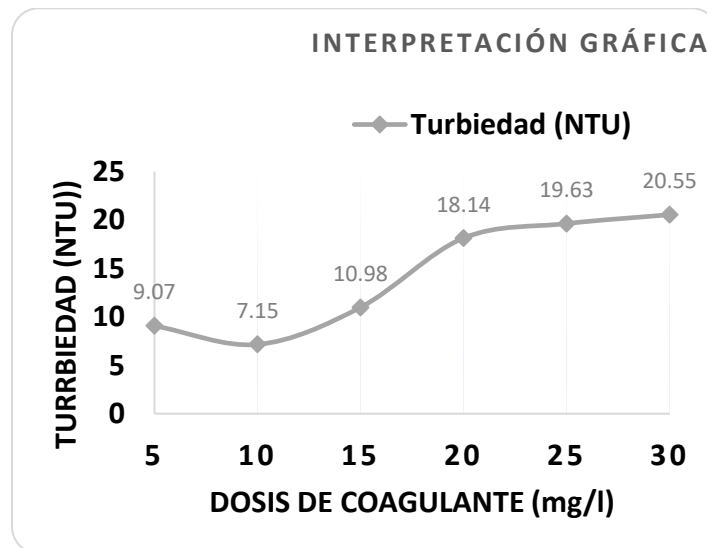
✓ Resultado obtenido con el ayudante de coagulación a la penca de la tuna.

Tabla 3.11 Resultado de prueba de jarras con sulfato de aluminio más ayudante de coagulación penca de tuna para una turbidez inicial de 41.5 NTU y color de 22 UC

RESULTADO PRUEBA DE JARRAS						
	5	10	15	20	25	30
Dosis de sulfato de aluminio (mg/l)	5	10	15	20	25	30
Dosis de penca de tuna(mg/l)	3	3	3	3	3	3
Turbiedad (NTU)	9.07	7.15	10.98	18.14	19.63	20.55
PH	7.48	7.46	7.46	7.43	7.42	7.39
Color (UC)	15	13	13	14	11	8

Fuente: Anexo laboratorio R-chemical.

Figura 3.21 Grafica de la variación de turbidez respecto a la dosis de sulfato de aluminio más penca de tuna(41.5NTU)



Fuente: elaboración tesista

La clarificación con 5mg/l de sulfato de aluminio y 3mg/l de penca de tuna fue muy efectiva, y permite el ahorro de insumo químico un nivel aceptable de PH con dicha dosis un Floc grande con buen peso para sedimentación. Los valores son bien cercanos a los niveles permisibles según el Reglamento de Calidad de Agua para el Consumo Humano. En estas condiciones y con unos buenos filtros, se puede lograr llegar a los niveles permisibles.

IV DISCUCIONES

Extraer y caracterizar el coagulante natural elaborado a partir de la penca de tuna (opuntia ficus) fue un arduo trabajo.

Primordial la obtención del coagulante para poder realizar su estudio de poder del coagulante trabaje de la misma forma que (Martínez Garcia, y otros, 2012) donde se obtuvo el polvo siguiendo el diagrama de flujo de la figura 3.9 el cual no me dio buenos resultados en un aprueba preliminar de jarras. Entonces por experiencias de los profesionales del laboratorio R-chemical trabajamos de la siguiente manera cortamos en pequeños trozos la penca de tuna y sumergimos en agua caliente y luego de 12 horas extrajimos con una cuchara la baba de Nopal la cual se utilizó como ayudante de coagulación en las pruebas de jarras que presentamos en los cuadros de las tablas 3.5,3.7

Investigando un poco más la parte de la baba de nopal encontré en el internet el portal de (Foroambiental.com.mx, 2016) que la baba de nopal ya viene siendo estudiado mucho antes y catalogado en estos días como el mejor coagulante Natural que existe en nuestro país vecino de México.

Determinar la efectividad del coagulante natural Opuntia ficus en la implementación de la planta de tratamiento de agua potable.

Tomando como base los resultados obtenidos en el siguiente trabajo de investigación mostrados en los cuadros de las tablas 3.5,3.7; el coagulante natural opuntia ficus trabaja de manera efectiva como ayudante de coagulación del sulfato de aluminio tipo A de la marca ARIS.

La dosis optima obtenida de la combinación sulfato de aluminio tipo A y coagulante natural para una turbiedad de 84 NTU es de 20mg/l de sulfato de aluminio con 5mg/l de opuntia ficus. En nuestra interpretación de grafica se muestra claramente en la figura 3.17 y 3.19 que nos hemos acercado mucho a los niveles permisibles de los parámetros color y turbiedad; en nuestro país los parámetros mínimos de color es 15UC y de turbiedad es de 5NTU.

Analizar el efecto social y económico de la implementación de una planta potabilizadora de agua en Chalhuanca

La mejora de calidad del agua traerá consigo mejora de la salud de la población que padece enfermedades por causa de consumo de agua contaminada y la investigación se basa en utilizar la penca de la tuna como insumo de clarificación del agua, si bien es una población que actualmente viene pagando entre 5 a 10 soles mensuales por el consumo de agua.

El hecho de implementar una planta de tratamiento elevará los costos del agua vamos a realizar un análisis económico con respecto a los coagulantes y de acuerdo a las turbideces realizadas en la prueba de jarras.

Para una turbidez de 81 NTU y 41UC de color se utiliza de manera óptima 20mg/l de sulfato de aluminio y 5mg/l de opuntia ficus.

El costo por kilogramo de sulfato de aluminio tipo A es de 0.5\$ <>1.6soles.

$$C=20\frac{ml}{l}\times 1.6\frac{s/}{kg}$$

El costo para producir 1000m³ de agua es s/. 32.00

$$C=32\frac{s/}{1000m^3}$$

La obtención de coagulante natural no tendría costo alguno referencial ya que el procedimiento es simple descrito en la figura 310 y la producción de penca de tuna abunda en la localidad de Chalhuanca.

Para una turbidez de 41.5 NTU y 22UC de color se utiliza de manera óptima 5mg/l de sulfato de aluminio y 3mg/l de opuntia ficus como ayudante de coagulación.

El costo por kilogramo de sulfato de aluminio tipo A es de 0.5\$ <>1.6soles.

$$C=5\frac{ml}{l}\times 1.6\frac{s/}{kg}$$

El costo para producir 1000m³ de agua es s/. 8.00

$$C=8\frac{s/}{1000m^3}$$

En esta turbiedad es mucho más cómodo tratar el agua en cuanto al coagulante solo se invertiría 8 nuevos soles por cada mil litros de agua; la obtención de coagulante natural no tendría costo alguno referencial ya que el procedimiento es simple descrito en la figura 310 y la producción de penca de tuna abunda en la localidad de Chalhuanca.

mejorar la calidad del agua implementando una planta potabilizadora que utilice el coagulante natural de la penca de tuna (opuntia ficus)

La implementación de una planta de tratamiento en Chalhuanca acoplándonos al sistema de servicio de agua potable sería de acuerdo a la investigación realizada una planta de filtración lenta mejorada con la utilización de la penca de la tuna como ayudante de coagulación del sulfato de aluminio tipo A de la marca ARIS.

Para la mezcla del coagulante con el agua se debe optar por una cámara de descarga con un vertedero y luego la Floculación para pasar a los sedimentadores y luego a los filtros para por último la desinfección del agua y la distribución se realizará utilizando las redes existentes en la localidad.

V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

La manera más adecuada para la obtención del coagulante natural de la penca de la tuna (*Opuntia ficus*) es la baba de nopal que se extrae haciendo reposar trozos de penca de tuna en agua caliente. Método empírico que no genera gasto e incremento de costos para tratar el agua.

La efectividad del *Opuntia ficus* es como ayudante de coagulación de las siguientes formas para un agua cruda de 84NTU y 41UC su dosis optima es de 20mg/l de sulfato de aluminio tipo A y 5 mg/l de *Opuntia ficus* obteniendo un valor de turbidez 8 NTU y 14 UC de color muy cercano a los parámetros mínimos permisibles según el reglamento de calidad de agua para consumo humano, con nivel de PH aceptable.

La efectividad del *Opuntia ficus* es como ayudante de coagulación para un agua cruda de 41.5NTU y 22UC su dosis optima es de 5mg/l de sulfato de aluminio tipo A y 3 mg/l de *Opuntia ficus* obteniendo un valor de turbidez 9.07 NTU y 15 UC de color muy cercano a los parámetros mínimos permisibles según el reglamento de calidad de agua para consumo humano, con nivel de PH aceptable. En este nivel de turbiedad el costo de tratar el agua es bien bajo ya que es minino la utilización de sulfato de aluminio tipo A.

Social y económicamente es viable la implementación de la planta de tratamiento ya que mejora la salud de las personas que padecen enfermedades por el consumo de agua contaminada.

Según los cálculos para un agua cruda con una turbiedad de 41.5NTU y 22 UC solo se invierte 8 nuevos soles para producir 1000 litros de agua.

La utilización del coagulante natural de la penca de tuna (*Opuntia ficus*) surge como alternativa de solución sostenible, para el aprovechamiento de un recurso natural, con el cual contamos y así disminuir los casos de enfermedades producidas por mala calidad de agua

5.2 Recomendaciones

Trabajar en un equipo de obtención de coagulante en polvo a partir de la baba de nopal de una manera industrial para su comercialización y transporte a diversas zonas inaccesibles y zonas donde no se produce la penca de tuna.

Realizar estudios para purificar aguas servidas y aguas contaminadas por la minería con coagulante de la penca de la tuna (*opuntia ficus*).

Realizar pruebas similares con diferentes valores de turbiedad a fin de empezar a construir una gráfica de dosis de insumos versus turbiedad.

Diseñar una planta portátil utilizando coagulante natural de penca de tuna (*opuntia ficus indica*) para así; fomentar el uso de coagulantes naturales frente a los productos químicos tradicionales que se aplican en nuestro país en el proceso de coagulación y floculación.

VI REFERENCIAS BIBLIOGRAFICA

6.1 Referencias

Aguilar, M.I, y otros. 2002. *Tratamiento físico químico de aguas residuales*. Murcia : F.G. Graf S.L., 2002. 848371308-X.

Almendarez de Quezada, Nabyarina. 2004. *Comprobación de la efectividad del coagulante (cochifloc) en aguas del lago mangua " Piedras Azules"*. Nicaragua : Universidad Nacional de Ingeniería -Nicaragua, 2004.

Alvarado Espejo, Paola. 2013. *Estudio y diseño de sistemas de agua potable del barrio de San Vicente, parroquia Nambacola, Canton Gonzanamá*. Loja- Ecuador : Universidad Católica de Loja, 2013.

ANEAS. 2008. *El agua potable en México*. Mexico D.F. : Asociación Nacional de Empresas de Agua y Saneamiento, 2008.

Aroni Contreras, Jaime Enrique y Sanchez Anderson, Miguel. 2009. *Utilización de la solución de ariana de haba (vicia faba) como coagulante natural para remover la turbiedad en el tratamiento de agua potable*. Lima : Universidad Nacional de Ingeniería, 2009.

Barrenechea Martel, Ada. Aspectos fisicoquímicos de la calidad del agua. [En línea] [Citado el: 5 de Junio de 2016.]

<http://www.bvsde.paho.org/bvsatr/fulltext/tratamiento/manual/tomoi/uno.pdf>.

Caminati Briceño, Alessandra María y Caqui Febre, Rocio Catherine. 2013. *Análisis y diseño de sistemas de tratamiento de agua para el consumo humano y su distribución en la universidad de Piura*. Piura : Universidad de Piura, 2013.

Canépa de Vargas, Lidia. Filtración lenta como proceso de desinfección. *elaguapotable*. [En línea] [Citado el: 21 de Julio de 2017.]

<http://www.elaguapotable.com/FILTRACION%20LENTA%20COMO%20PROCESO%20DE%20DESINFECCION.pdf>.

Comision Nacional del Agua. 2007. *Manual de agua potable acantarillado y saneamiento*. México : s.n., 2007. ISBN: 9789688178805.

Comisión Nacional Del Agua. 2007. *Manual de agua potable acantarillado y saneamiento*. México : s.n., 2007. ISBN: 9789688178805.

Cortes Urioste, Hernan Leonardo. 2007. *Mejoramiento del sistema de abastecimiento de agua potable, mediante el diseño de un tanque subterráneo de cuatro compartimentos para el almacenamiento de 726 metros cúbicos y la determinación de la calidad de dicho líquido, en el municipio de Palin, escuin*. Guatemala : Universidad Santa Carlos de Guatemala, 2007.

Destefano Molero, Javier Adolfo. 2008. *Diseño preliminar de una planta de tratamiento de agua para el consumo humano en los distritos de Andahuaylas, San Jerónimo y Talavera de la Reyna, provincia de Andahuaylas, Región Apurímac*. Lima : Pontificia Universidad Católica del Perú, 2008.

Foroambiental.com.mx. 2016. Baba de nopal es capaz de purificar aguas residuales. [En línea] 21 de Agosto de 2016. [Citado el: 10 de Julio de 2017.] <http://www.foroambiental.com.mx/baba-de-nopal-purifica-agua/>.

Guevara Pérez, Edilberto. 2015. *MÉTODOS PARA EL ANÁLISIS DE VARIABLES HIDROLÓGICAS Y AMBIENTALES*. Lima : Autoridad Nacional del Agua, 2015. ISBN: 9786124273018.

Guillen Lujan, Juan Pablo y Concha Huánuco, Juan de Dios. 2014. *Mejoramiento del sistema de abastecimiento de agua potable (caso: urbanización valle esmeralda, distrito Pueblo Nuevo, Provincia y departamento de Ica)*. Lima : Universiada san Martin de Porres, 2014.

Hernández Sampieri, Roberto, Fernandez Collado, Carlos y Batista Lucio, Maria del Pilar. 2010. *Metodología de la Investigación*. Quinta. Mexico : McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES,S.A. DE C.V., 2010. ISBN: 9786071502919.

INEI. 2009. 2009.

Losiio Aricoche, Moira Milagros. 2012. *Sistema de abastecimiento de agua potable para cuatro pobados rurales de distrito de Lancones*. Piura : Universidad de Piura, 2012.

Marín Galvín, Rafael. 2003. *Fisicoquímica y microbiología de los medios acuáticos tratamiento y control de calidad de aguas*. I. España : Ediciones Díaz de santos, 2003. Vol. I. 9788479785901.

Martínez García, Jasser y Gonzales Silgado, Luis Enrrique. 2012. *EVALUAVCIÓN DEL PODER COAGULANTE DE LA TUNA(OPUNTIA FICUS INDICA) PARA LA REMOCIÓN DE TURBIDEZ Y COLOR EN AGUAS CRUDAS*. Cartagena : Universidad de Cartagena, 2012.

Martínez García, Jasser y Gonzalez Silgado, Luis Enrrique. 2012. *Evaluación del poder coagulante de la tuna(opuntia ficus indica) para la remoción de turbidez y color en aguas crudas*. Cartagena : Universidad de Cartagena, 2012.

Organizacion Mundial de la Salud. 2005. Guías para la calidad del agua potable. [En línea] 2005. [Citado el: 28 de Mayo de 2016.] http://www.who.int/water_sanitation_health/dwg/gdwq3_es_full_lowses.pdf?ua=1. ISBN: 9241546964.

Ramos Olmos, Raudel, Sepúlveda Marqués, Rubén y Villalobos Moreto, Francisco. 2003. *El agua y el medio ambiente muestreo y analisis*. Mexico D. F. : Plaza y Valdezz S.A., 2003. 9707221410.

RNE. 2016. *NTE-OS020*. Lima : Megabyte, 2016.

Serrano Alonzo, Jesús. 2007. Proyecto de abastecimiento de agua potable en Togo. Madrid : Universidad Carlos III de Madrid, 2007.

Valderrama Mendoza, Santiago. 2013. *Pasos para elaborar proyectos de investigación científica*. Segunda. Lima : San Marcos E.I.R.L., 2013. ISBN: 9786123028787.

Walter, J. y Weber, JR. 2003. *Control de la calidad del agua procesos fisicoquímicos*. Barcelona : Rverte S:A:, 2003. 8429175229.

VII ANEXOS

7.1 Matriz de consistencia

TITULO: ANALISIS DEL COAGULANTE NATURAL OPUNTIA FICUS CON FINES DE IMPLEMENTACIÓN DE UNA PLANTA POTABILIZADORA DE AGUA EN CHALHUANCA APURIMAC 2017				
AUTOR: VICO TORRES CONTRERAS				
PROBLEMA	OBJTIVO	VARIABLES E INDICADORES		
<p>Problema principal</p> <p>¿Cómo mejorar la calidad del agua implementando una planta potabilizadora que utilice el coagulante natural de la penca de tuna (opuntia ficus) en Chalhuanca Apurímac, 2016?</p> <p>Problemas secundarios</p> <p>¿Como Extraer y caracterizar el coagulante elaborado a partir de la penca de tuna (opuntia ficus) en Chalhuanca Apurímac, 2016?</p> <p>¿Como determinar la efectividad del coagulante natural opuntia ficus en la implementación de la planta de tratamiento de agua potable en Chalhuanca Apurímac, 2016?</p> <p>¿De qué manera analizar el efecto social y económico de la implementación de una planta potabilizadora de agua en Chalhuanca Apurímac, 2016?</p>	<p>Objetivo general</p> <p>mejorar la calidad del agua implementando una planta potabilizadora que utilice el coagulante natural de la penca de tuna (opuntia ficus) en Chalhuanca Apurímac, 2016.</p> <p>Problemas secundarios</p> <p>Extraer y caracterizar el coagulante elaborado a partir de la penca de tuna (opuntia ficus) en Chalhuanca Apurímac, 2016.</p> <p>Determinar la efectividad del coagulante natural opuntia ficus en la implementación de la planta de tratamiento de agua potable en Chalhuanca Apurímac, 2016.</p> <p>Analizar el efecto social y económico de la implementación de una planta potabilizadora de agua en Chalhuanca Apurímac, 2016.</p>	Variable X: Calidad de Agua		
		Dimensiones	Indicadores	Tipo de investigación
		Características Físicas	Límites Permisibles - Solidos totales - Turbiedad - Color - Olor y sabor	Tipo de investigación Básico
		Características Químicas	Límites Permisibles - Solidos totales - Turbiedad - Color	Nivel de investigación Explicativo
		Características Químicas	Límites Permisibles - Coliformes fecales - Coliformes totales	Diseño de investigación Cuasi experimental de corte trasversal
		Variable Y: Implementación de una planta de tratamiento basado en coagulante Opuntia Ficus		
		Dimensiones	Indicadores	
		Bases de Diseño	Población Caudal de diseño Población futura	
		Análisis del coagulante natural opuntia ficus	Determinación de la dosis optima	
		Estudio de impacto ambiental	Estudio de impacto ambiental Estudio de sostenibilidad	

7.2 Instrumento de investigación validado

Análisis del agua					
Solicitante					
Localidad		Muestreador			
Distrito		Fecha de muestreo		Hora de muestreo	
Provincia		Fecha de recepción		Hora de recepción	
Región		Fecha de análisis		Hora de análisis	
Características físico químicas del afluente					
Parámetro	Unidad	Resultado	Método		
Alcalinidad	MgCaCO3/L		Volumétrico		
Color	U.C		Colorimétrico		
Nitratos	Mg/L		Colorimétrico		
PH			Electrodo		
Solidos disueltos	Mg/L		Gravimétrico		
Turbiedad	Mg/L		Turbidímetro		
Características bacteriológicas de agua del afluente					
Coliforme Fecal	NMP/100ml		Tubos múltiples		
Coliforme total	NMP/100ml		Tubos múltiples		
(*) los análisis se han efectuado tomando en cuenta los métodos normalizados para el análisis de agua potable residual APHA-AWWA-WPCF 19 edición					

RESULTADO PRUEBA DE JARRAS						
N° de jarras	1	2	3	4	5	6
Dosis de sulfato de aluminio mg/l						
Turbiedad (NTU)						
PH						
Color (UC)						

7.3 Análisis estadísticos.

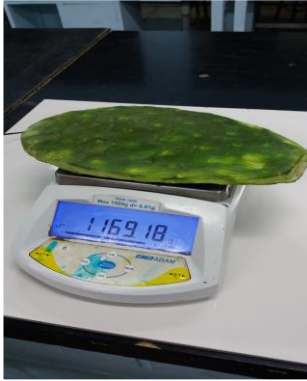
7.4 Certificados de laboratorio

7.5 Planos existentes

7.6 Registro fotográfico

Caracterización del coagulante natural opuntia ficus en polvo

Pesado de las pencas de tuna



Horno de secado de muestra



Muestra seca lista para triturar



Muestra triturada en mortero manualmente



Equipo de tamizado del coagulante en polvo



Extracción de pigmentos usando equipo Soxhlet



Muestra luego de extracción de pigmentos



Muestra en un desecador listo para usar en la prueba de Jarras



Prueba de Jarras

Toma de muestra de agua en la bocatoma



Muestra en desecador antes de titular



Titulación del coagulante Natural



Turbidímetro



Equipo de prueba de Jarras



Reservorio existente en Chalhuanca



