



Universidad Nacional

SAN LUIS GONZAGA



Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional

Esta licencia permite a otras combinar, retocar, y crear a partir de su obra de forma no comercial, siempre y cuando den crédito y licencia a nuevas creaciones bajo los mismos términos.

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0>

UNIVERSIDAD NACIONAL “SAN LUIS GONZAGA”

ESCUELA DE POSGRADO

MAESTRÍA EN INGENIERÍA QUÍMICA

MENCIÓN: PROCESOS QUÍMICOS Y AMBIENTALES



**“TRATAMIENTO POR OXIDACIÓN - FILTRACIÓN Y LA DISMINUCIÓN
DE LOS NIVELES DE MANGANESO EN EL AGUA PARA CONSUMO
HUMANO EN LA RESIDENCIAL SOL DE ICA EN LA CIUDAD DE ICA
– 2019”**

TESIS

**PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN PROCESOS
QUÍMICOS Y AMBIENTALES**

PRESENTADO POR:

CÉSAR OSWALDO TIJERO PRADO

ICA – PERÚ

2021

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN INSTITUCIONAL DE LA
UNSLG

CIENCIAS NATURALES, INGENIERIA Y TECNOLOGIAS
SOSTENIBLES

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios, por guiarme en el camino del bien para poder culminar mi carrera profesional y permitir estar con mi padre en todo momento, a mi padre Justo por brindarme su apoyo incondicional y dejarme la mejor herencia que un padre puede dejar, a mi madre Margarita por guiar mis pasos desde el cielo.

César Tijero

AGRADECIMIENTO

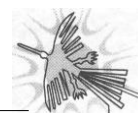
Un agradecimiento especial a mi familia que con sus consejos me ayudaron a culminar una de mis metas profesionales, a mis Tíos y Tías por estar incondicionalmente para mí. Agradecer también a mi asesor de tesis al doctor César Levano Salazar que con su ayuda logré culminar mi tesis, y al ingeniero César Lucero Martínez por brindarme su apoyo desinteresado desde un inicio y permitirme tener acceso a los laboratorios de la Universidad San Luis Gonzaga de Ica donde actualmente labora.

César Tijero

PÁGINA DEL JURADO



UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA" ESCUELA DE POSGRADO



ACTA DE EXAMEN DE GRADO VIRTUAL

PARA OPTAR EL GRADO DE MAESTRO EN INGENIERÍA QUÍMICA mención PROCESOS QUÍMICOS Y AMBIENTALES

FE DE SUSTENTACIÓN DEL TRABAJO DE TESIS DEL GRADUANDO, TIJERO PRADO CÉSAR OSWALDO

En la ciudad de Ica, siendo las 12:00 hrs. del día 02 de octubre de 2021, en la reunión virtual a través de la plataforma zoom que la Universidad ha asignado al presidente de jurado de sustentación para que actué como anfitrión y pueda disponer la grabación de la sustentación virtual, la misma que deberá ser agregada al expediente de titulación. Se dio inicio al acto de sustentación virtual de la Tesis titulada "TRATAMIENTO POR OXIDACIÓN - FILTRACIÓN Y LA DISMINUCIÓN DE LOS NIVELES DE MANGANESO EN EL AGUA PARA CONSUMO HUMANO EN LA RESIDENCIAL SOL DE ICA EN LA CIUDAD DE ICA – 2019".

En cumplimiento a la R.R. N°0765-R-UNICA-2020, R.R. N°01082-R-UNICA-2020 y de acuerdo al Reglamento de Grados Académicos y Títulos Profesionales de la UNICA; el Señor Presidente del Jurado invitó al Asesor **Dr. LEVANO SALAZAR CÉSAR AUGUSTO EDIBERTO**, a presentar a la graduanda.

Acto seguido el Presidente invitó a la graduanda a iniciar su exposición, al término del cual los miembros del jurado le formularon las preguntas u objeciones, las mismas que fueron absueltas satisfactoriamente por el graduando.

A continuación, el JURADO, de conformidad con el Reglamento, procedió a la calificación de la sustentación quedando de la siguiente manera:

Presidente 16 (Dieciséis)

Secretario 16 (Dieciséis)

Miembro 16 (Dieciséis)

Promedio Final: 16 (Dieciséis)

declarando la sustentación de la Tesis **APROBADA** procediéndose luego a la lectura de la presente Acta, que la suscriben virtualmente los Miembros del Jurado por cuadruplicado.

Luego de la imposición de la medalla de **MAESTRO** y la felicitación de los Miembros de Jurado, el Presidente dio por concluido el Acto de Sustentación siendo las 13:05 horas del mismo día.

.....
Dr. CALDERON HUAMANI DANTE FERMIN
Presidente del Jurado

.....
Dra. GARCIA ESPINOZA ANTONINA JUANA
Secretaria

.....
Dr. CORDOVA MENDOZA PEDRO
Miembro

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo, **CÉSAR OSWALDO TIJERO PRADO**, estudiante de la escuela de posgrado en su programa de maestría en Ingeniería Química con mención en Procesos Químicos y Ambientales de la Universidad Nacional San Luis Gonzaga, identificado con **DNI N° 70494842**, con el trabajo de investigación titulado, **“Tratamiento por oxidación – filtración y la disminución de los niveles de manganeso en el agua para consumo humano en la Residencial Sol de Ica en la ciudad de Ica – 2019”**.

Declaro bajo juramento que:

- 1) El trabajo de investigación de mi propia autoría.
- 2) Se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes utilizadas. Por lo tanto, la tesis no ha sido plagiada ni total ni parcial.
- 3) La tesis no ha sido auto plagiada; es decir, no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
- 4) Los datos presentados son reales y certificados por la Universidad San Luis Gonzaga, no han sido falseadas, ni duplicadas, ni copiadas y por lo tanto los resultados que se presentan en la tesis se constituirá en aportes a la realidad investigada.

En tal sentido asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se derive, sometiéndome a la normalidad vigente de la Universidad San Luis Gonzaga,

Ica, octubre de 2021



CÉSAR OSWALDO TIJERO PRADO

Autor

INDICE

	Pág.
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
RESUMEN	xv
ABSTRAC	xvi
INTRODUCCIÓN	18
CAPITULO I: MARCO TEÓRICO	19
1.1. ANTECEDENTES	19
1.1.1. Antecedentes internacionales	19
1.1.2. Antecedentes nacionales	21
1.1.3. Antecedentes locales	23
1.2. BASES TEÓRICAS	23
1.2.1. Manganeso	23
1.2.2. Manganeso en el agua	25
1.2.3. Efectos del manganeso sobre la salud humana	25
1.2.4. Toxicidad por manganeso	26
1.2.5. Tratamiento oxidación – filtración	26
1.3. MARCO CONCEPTUAL	33
1.4. MARCO LEGAL	36
CAPITULO II: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	39
2.1 SITUACIÓN PROBLEMÁTICA	39
2.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	40
2.2.1 Problema general	40

2.2.2 Problemas especificos	40
2.3 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA.	40
2.3.1. Justificación	40
2.3.1 Importancia	42
2.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	42
2.4.1 Objetivo general	42
2.4.2 Objetivos especificos	42
2.5 HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN	43
2.5.1 Hipótesis general	43
2.5.2 Hipótesis específicas	43
2.6 VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN	44
2.6.1 Identificación de variables	44
2.6.2 Operacionalización de variables	44
CAPITULO III: METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN	45
3.1 TIPO, NIVEL Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	45
3.2. POBLACIÓN – MUESTRA	46
3.2.1. POBLACIÓN	46
3.2.2. MUESTRA	46
CAPITULO IV: TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN	47
4.1 TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	47
4.2. INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	48
4.3. TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	48
CAPITULO V: CONTRASTACION DE HIPOTESIS	49
5.1. CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS ESPECIFICA N° 1	49

5.2. CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS ESPECIFICA N° 2	50
5.3. CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS ESPECIFICA N° 3	51
5.4. CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS GENERAL	52
CAPITULO VI – PRESENTACION, INTERPRETACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	54
6.1. PRESENTACIÓN E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	54
6.1.1. Resultados de la caracterización del agua	54
6.1.2. Tratamiento del agua.	62
6.1.3. Resultado de las pruebas experimentales.	63
6.1.4. Porcentaje de disminución y eficiencia del sistema.	70
6.1.5. Criterios de Diseño para una Planta de tratamiento.	73
6.2. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	75
CONCLUSIONES	77
RECOMENDACIONES	78
FUENTES DE INFORMACIÓN	79
ANEXOS	82

INDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Operacionalización de variables	44
Tabla 2. Prueba T para el parámetro Manganeseo	50
Tabla 3. Análisis de la varianza ANOVA eficiencia del sistema vs. tratamiento	51
Tabla 4. Prueba Post hoc - combinación ente los tratamientos	52
Tabla 5. Prueba T para antes y después del tratamiento	53
Tabla 6. Análisis de la calidad del agua	54
Tabla 7. Parámetros físico-químicos del agua	56
Tabla 8. Pruebas realizadas en el estudio	63
Tabla 9. Resultados de la Prueba N° 1	64
Tabla 10. Resultados de la Prueba N° 2	67
Tabla 11. Resultados de la Prueba N° 3	69
Tabla 12. Parámetros de calidad del agua antes y después del tratamiento	70
Tabla 13. Eficiencia del sistema de tratamiento propuesto	71
Tabla 14. Criterios de Diseño para una Planta de tratamiento	73
Tabla 15. Datos de las Repeticiones generadas del tratamiento D1 de la prueba N° 1	86
Tabla 16. Datos de las Repeticiones generadas del tratamiento D2 de la prueba N° 1	86
Tabla 17. Datos de las Repeticiones generadas del tratamiento D3 de la prueba N° 1	86
Tabla 18. Datos de las Repeticiones generadas del tratamiento D4 de la prueba N° 1	86
Tabla 19. Datos de las Repeticiones generadas del tratamiento D5 de la prueba N° 1	87
Tabla 20. Datos de las Repeticiones generadas del tratamiento D6 de la prueba N° 1	87
Tabla 21. Datos de las Repeticiones generadas del tratamiento D1 de la prueba N° 2	87
Tabla 22. Datos de las Repeticiones generadas del tratamiento D2 de la prueba N° 2	87
Tabla 23. Datos de las Repeticiones generadas del tratamiento D3 de la prueba N° 2	88

Tabla 24. Datos de las Repeticiones generadas del tratamiento D4 de la prueba N° 2	88
Tabla 25. Datos de las Repeticiones generadas del tratamiento D5 de la prueba N° 2	88
Tabla 26. Datos de las Repeticiones generadas del tratamiento D6 de la prueba N° 2	88
Tabla 27. Datos de las Repeticiones generadas del tratamiento D1 de la prueba N° 3	89
Tabla 28. Datos de las Repeticiones generadas del tratamiento D2 de la prueba N° 3	89
Tabla 29. Datos de las Repeticiones generadas del tratamiento D3 de la prueba N° 3	89
Tabla 30. Datos de las Repeticiones generadas del tratamiento D4 de la prueba N° 3	89
Tabla 31. Datos de las Repeticiones generadas del tratamiento D5 de la prueba N° 3	90
Tabla 32. Datos de las Repeticiones generadas del tratamiento D6 de la prueba N° 3	90

INDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Cantidad de pH en el agua	57
Figura 2. Cantidad de Conductividad en el agua	58
Figura 3. Cantidad de Cloruros en el agua	59
Figura 4. Cantidad de Dureza Total en el agua	60
Figura 5. Cantidad de Sulfatos en el agua	61
Figura 6. Cantidad de Manganesos en el agua	62
Figura 7. Cantidad de cloro residual en el agua	65
Figura 8. Cantidad de manganeso en el agua	66
Figura 9. Cantidad de pH en el agua	68
Figura 10. Porcentaje de eficiencia del sistema de tratamiento propuesto	71
Figura 11. Diagrama de flujo para un sistema de tratamiento de agua	74
Figura 12. D.S. 031-2010-SA. ANEXO II	82
Figura 13. Resultados de calidad del agua antes del tratamiento	83
Figura 14. Resultados de calidad del agua después del tratamiento	84
Figura 15. Validación de los resultados de laboratorio por tratamiento usado	85
Figura 16. Localización del reservorio de la Residencial Sol de Ica	91
Figura 17. Muestras de agua recogidas	92
Figura 18. Uso del kit de cloro libre de marca: Hach, modelo: CN-66F para la medición del parámetro cloro residual	92
Figura 19. Preparación del hipoclorito de calcio al 0.1%	93
Figura 20. Uso del colorímetro de marca: Hach, modelo: DR/890 para la medición del parámetro manganeso	93

Figura 21. Etapa de la coagulación y floculación en el equipo de agitación orbital Shaker	94
Figura 22. Etapa de la sedimentación	94
Figura 23. Etapa de la filtración	95
Figura 24. Uso del pH metro de marca: Hach, modelo: EC-10 para la medición del parámetro pH	95
Figura 25. Uso del conductímetro de marca: Orión, modelo: 1750 para la medición del parámetro conductividad	96
Figura 26. Uso del turbidímetro de marca: Hach, modelo: 2100-P para la medición de los parámetros de turbiedad y sulfatos	96
Figura 27. Uso del kit de prueba de color usando la escala de Hazen de la marca: Merck, modelo: 14421 para la medición del parámetro color	97
Figura 28. Uso del kit de dureza total de la marca: Hanna, modelo: HI3812 para la medición del parámetro dureza total	97
Figura 29. Titulación por el método volumétrico para la determinación del parámetro cloruros	98
Figura 30. Determinación por el método gravimétrico para el parámetro sulfatos	98

INDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Límites máximos permisibles de parámetros de calidad organoléptica.	82
Anexo 2. Resultados de laboratorio de la caracterización del agua antes y después del tratamiento planteado.	83
Anexo 3. Resultados de laboratorio de los tratamientos usados para disminuir los niveles de manganeso en el agua.	85
Anexo 4. Datos generales	86
Anexo 5. Localización del punto de muestreo	91
Anexo 6. Proceso del desarrollo del proyecto de investigación	92
Anexo 7. Uso de la cal hidratada en el tratamiento de agua para consumo humano	99
Anexo 8. Uso del sulfato de aluminio en el tratamiento de agua para consumo humano	100
Anexo 9. Calculo del porcentaje de eficiencia del tratamiento	101
Anexo 10. Matriz de consistencia	103

RESUMEN

Este trabajo de investigación tuvo como objetivo principal, Determinar en qué medida el tratamiento por oxidación - filtración influye en la disminución de manganeso en el agua para uso humano de la Residencial Sol de Ica en la ciudad de Ica – 2019, encontrando que la cantidad de manganeso es de 0.60 mg/L sobrepasa el margen permisible dados por el D.S. 031-2010-SA impuesto por el MINSA, las muestras de agua pasaron por tres pruebas distintas para determinar la dosis exacta de Cal clorada, Cal hidratada y Sal inorgánica de Aluminio, se añadieron 6 dosis distintas por cada reactivo químico empleado.

Se realizaron 6 dosis con 3 repeticiones cada uno, se utilizó un equipo de agitación orbital Shaker para las etapas de coagulación y floculación, luego las muestras se filtraron y se midieron sus nuevos parámetros mediante ensayos de laboratorio.

Se redujo de manera considerable la cantidad de manganeso en el agua, utilizando el método de oxidación – filtración usando hipoclorito de calcio como agente oxidante, las consecuencias me hicieron explorar la efectividad de este método, sin ser necesario agregar cantidades notables de los insumos químicos usados y así obteniendo una eficiencia del 88%, teniendo un fuerte poder oxidante contra dicho metal con los valores óptimos encontrados experimentalmente, disminuyendo así las concentraciones de manganeso del agua para el uso humano con una concentración de 0.07 mg/L, los resultados me llevaron a comprobar que el Hipoclorito de Calcio tiene un fuerte poder oxidante frente a este metal.

Palabras claves: Manganeso, dosis, límite máximo permisible, eficiencia.

ABSTRAC

The main objective of this research work was to determine to what extent the oxidation-filtration treatment influences the decrease in the amount of manganese in the water for human use of the Residential Sol de Ica in the city of Ica - 2019, finding that the concentration of manganese is 0.60 mg / L exceeds the maximum allowable limit given by the DS 031-2010-SA imposed by the MINSA, the water samples went through three different tests to determine the exact dose of Calcium Hypochlorite, Hydrated Lime and Aluminum Sulfate, 6 different doses were added for each chemical reagent used.

6 doses were made with 3 repetitions each, a Shaker orbital shaking equipment was used for the coagulation and flocculation stages, then the samples were filtered and their new parameters were measured by laboratory tests.

The amount of manganese in the water was considerably reduced, using the oxidation-filtration method using calcium hypochlorite as an oxidizing agent, the consequences led me to review the effectiveness of this method, without having to add considerable amounts of chemical inputs. used and thus obtaining an efficiency of 88%, having a strong oxidizing power against said metal with the optimal values found experimentally, thus reducing the manganese concentrations of the water for human use with a concentration of 0.07 mg / L, the results led me to check that Calcium Hypochlorite has a strong oxidizing power against this metal.

Key words: Manganese, dose, maximum permissible limit, efficiency.

**MAESTRÍA EN INGENIERÍA QUÍMICA
MENCIÓN: PROCESOS QUÍMICOS Y AMBIENTALES**

**“TRATAMIENTO POR OXIDACIÓN - FILTRACIÓN Y LA DISMINUCIÓN
DE LOS NIVELES DE MANGANESO EN EL AGUA PARA CONSUMO
HUMANO EN LA RESIDENCIAL SOL DE ICA EN LA CIUDAD DE ICA
– 2019”**

**PRESENTADO POR:
CÉSAR TIJEROS PRADO**

**ASESOR:
DR. CÉSAR LEVANO SALAZAR**

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación denominado: Tratamiento por oxidación - filtración y la disminución de la cantidad de manganeso en el agua para uso humano en la residencial Sol de Ica en la ciudad de Ica – 2019, por consiguiente, se divide en seis capítulos, iniciando por el marco teórico como capítulo I que describe los antecedentes, bases teóricas, marco conceptual, marco legal que amplifican el estudio del tema propuesto. En el segundo capítulo, se compone de situaciones problemáticas, presentación del problema, racionalidad e importancia. El propósito principal de estos objetivos es determinar cómo el tratamiento de oxidación y filtración afecta la reducción del contenido de manganeso en el agua, de manera de reducir la exposición humana. a Irak Consumo de ácido salicílico. En la ciudad, las hipótesis y variables de la encuesta; en el tercer capítulo, tenemos los métodos de investigación, resumiendo el diseño, tipo, nivel de investigación, población y muestra. El Capítulo 4 presenta las técnicas y métodos de recopilación de datos, tecnología de procesamiento e interpretación de resultados. En el Capítulo 5, mostramos una comparación de la negación o confirmación hipotética de las opiniones propuestas; finalmente, el Capítulo 6 presenta los resultados y discusiones relacionados con los antecedentes. Finalmente, las conclusiones de la investigación, recomendaciones para futuras investigaciones, bibliografía y anexos, que contienen fotografías, tablas y otra evidencia importante para trabajos complementarios.

El Autor

CAPITULO I: MARCO TEÓRICO

1.1. ANTECEDENTES

1.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES

HERNÁNDEZ, S. (2017). Presentó un trabajo titulado “Determinación del hierro y manganeso en aguas subterráneas en Apan, Hidalgo, México en la Universidad Nacional de México”. El propósito del estudio experimental es diagnosticar la calidad del agua (iones Ca^{+2} , Mg^{+2} iones e iones Na^{+} , y concentraciones de hierro y manganeso) en 7 pozos subterráneos en Hidalgo Apan para determinar su potencial consumo humano. Los iones se analizan mediante espectroscopia de plasma acoplado inductivamente. Determinación de hierro y manganeso por espectrofotometría de absorción atómica. En el estudio se llegó a las siguientes conclusiones: Los resultados muestran que la cantidad de lixiviación de iones Ca^{+2} , Mg^{+2} y Na^{+} es baja, lo que indica que son aguas subterráneas con baja salinidad. No se encontró correlación entre hierro y manganeso.

BARRERA, D. (2017). En el estudio la autora llegó a las siguientes conclusiones: El sistema de tratamiento convencional del Municipio de Tocancipá – Cundinamarca, no logra remoción de manganeso, con peróxido de hidrógeno, para dar cumplimiento permanente a la resolución 2115 de 2007. La fuente de abastecimiento, Río Bogotá a la altura de la bocatoma del sistema de purificación, presenta valores de pH entre 6,8 y 7,5 unidades y alcalinidad entre 12,5 y 20 mg/l, los cuales son bajos y no son favorables para la remoción de manganeso. El

manganeso es un elemento que requiere de pH alto para su precipitación y remoción como lo indica la experiencia analizada y la bibliografía revisada y referenciada en este estudio. Para lograr una oxidación adecuada se recomiendan valores superiores a 10 unidades de pH. Se observa un incremento en el valor promedio de la turbiedad, el color y el manganeso en los meses de marzo y abril, lo cual coincide con el incremento histórico de las precipitaciones en el municipio y en la cuenca alta del río Bogotá, que se da en estos meses.

GÓMEZ, F. (2016). Presentó el trabajo titulado "Eliminación de hierro y manganeso de las aguas subterráneas para el suministro público", un estudio de diseño experimental destinado a eliminar el hierro y el manganeso del agua potable utilizando zeolita. Las conclusiones del estudio son: Comparado con cualquier otro tipo convencional, este método tiene muchas ventajas, principalmente alta eficiencia, bajos costos de inversión y operación; largo tiempo de ejecución.

BRITO, V. (2016). Presentó a la Universidad Autónoma Metropolitana Universitaria la tesis titulada "Lixiviación y Recuperación Hidrometalúrgica de Manganeso" El diseño del papel es experimental y tiene como finalidad recuperar el manganeso presente en los minerales tratados de las aguas residuales líquidas. La conclusión de este trabajo es que los resultados obtenidos indican que el 98% del manganeso se extrae selectivamente de la solución en el estado de oxidación 2+. Además, debido a la presencia de iones ferrosos, se observa catálisis a medida que aumenta el porcentaje de sólidos, lo que resulta en un aumento en la eficiencia de corriente.

CUCHIMAQUE, L. (2016). Presentó una tesis titulada Eliminación de hierro y manganeso en agua natural por adsorción por oxidación en clinoptilolita. El propósito es utilizar zeolita para capturar manganeso del agua natural. En el trabajo de investigación de diseño experimental actual, se concluye que la eficiencia de eliminar Fe y Mn del agua natural mediante el uso de un medio de adsorción compuesto de zeolita natural (clinoptilolita) es recubrir Fe_2O_3 y MnO_2 con FeCl_3 y MnSO_4 , respectivamente. La zeolita es un excelente portador de estos óxidos debido a su fuerte capacidad de intercambio catiónico. La concentración de Fe es 1.0 - 7.0 mg / L, la concentración de Mn es 0.5 - 3.0 mg / L y el rango de pH es 6.0 - 8.0. A medida que aumenta la concentración de Fe, disminuye la eficiencia de remoción, especialmente a valores de pH altos (> 7.5), debido a la formación de precipitados de Fe_2O_3 que aceleran la saturación del medio.

1.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES

MAMANI, R. (2017). El propósito del trabajo de diseño experimental es formular una propuesta para la implementación de un pre-tratamiento en la entrada de la planta de agua potable "Chen-Chen" con el fin de reducir el contenido de manganeso que llega a la planta de tratamiento y hacerla cumplir con los estándares marcados por DIGESA, la agencia maximizará el contenido de manganeso con un límite de 0,4 mg / L. Se redujo el contenido de manganeso en el cuerpo de agua, lo que indica que el método es factible y puede llevarse a cabo en la planta de tratamiento de agua potable de Chen-Chen.

LÓPEZ, G. (2015). Presentó su tesis titulada “Recuperación de manganeso presente en las aguas residuales proveniente de la mina Geza Minerales Asis por coagulación y floculación”, A la Universidad Nacional del Altiplano, su propósito es recuperar el manganeso de las aguas residuales mediante procesos de coagulación y floculación. Este estudio de diseño experimental llegó a la siguiente conclusión: el mejor precipitante para la recuperación de metales es el hidróxido de calcio Ca(OH)_2 , que se debe al alto contenido de iones H en sus moléculas. Para mantener una suspensión uniforme, la agitación de hidróxido de calcio e hidróxido de sodio debe mantenerse en movimiento continuo.

FARFÁN, S. (2017). Presentó su tesis titulada Empleo de biomasa para la captación de metales pesados plomo y Hierro y manganeso de las aguas subterráneas afectadas por la actividad minera, a la Universidad particular Alas Peruanas, Lima, cuyo objetivo fue captar mediante el empleo de materia orgánica vegetal los metales pesados presentes en las aguas afectadas por la actividad minera. La investigación es de diseño experimental y llegó a las siguientes conclusiones: La biomasa rica en pectinas como la cáscara de plátano y la cáscara de la naranja, permiten bioadsorber una cantidad significativa de metales pesados de las aguas subterráneas. Entre los metales pesados que más afinidad tienen para ser captados por la biomasa son el hierro, plomo y manganeso. La actividad bioadsorptiva de la biomasa se eleva al mantener el sustrato de los filtros a un pH ligeramente alcalino (pH 8,2).

FLORES, H. (2016). Presentó su tesis titulada “Evaluación de la concentración de metales pesados en las aguas del río Grande y su relación con la actividad minera”, a la Universidad Nacional de Cajamarca, investigación de diseño experimental; su propósito es cuantificar el contenido de metales pesados en las aguas del Río Grande y determinar si su concentración excede los estándares ambientales nacionales de calidad del agua. Durante las temporadas seca y lluviosa, se realiza una evaluación cada 30 días.

1.1.3. ANTECEDENTES LOCALES

La revisión documental en las bibliotecas de las Universidades locales me ha dado como resultado la inexistencia de estudios con relación a las variables del presente proyecto, por lo que no se hace mención de ningún antecedente local.

1.2. BASES TEÓRICAS

1.2.1. MANGANESO

1.2.1.1. GENERALIDADES

El manganeso es un elemento químico, su apariencia es de plata metálica y su número atómico es 25. Su símbolo es Mn, que pertenece al metal de transición, y su estado natural es sólido. El manganeso está en la posición 25 de la tabla periódica (Avendaño, 2016).

1.2.1.2. PROPIEDADES FÍSICAS DEL MANGANESO

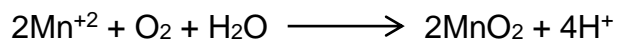
Los metales de transición, también llamados elementos de transición, son la familia a la que pertenece el manganeso. El manganeso pertenece a este grupo de elementos químicos y es aquellos elementos en el medio de la tabla periódica. (Petrucci, Harwood & Herring, 2016).

El estado del manganeso en su forma natural es sólido (generalmente no magnético). El manganeso es un elemento químico de aspecto plateado metálico y pertenece al grupo de los metales de transición.

1.2.1.3. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DEL MANGANESO

El manganeso se encuentra a menudo en el agua en forma de iones de manganeso (Mn^{+2}). Las sales de manganeso son generalmente más solubles en soluciones ácidas que en soluciones alcalinas. Los iones de manganeso generalmente se introducen en el agua a través de la solubilidad del bicarbonato de manganeso. Los compuestos orgánicos y coloides de manganeso se pueden encontrar en algunas aguas y pozos poco profundos.

Cuando se expone al aire, cambia de agua clara a agua negra, que contiene el compuesto insoluble dióxido de manganeso. Se produce una reacción cuando los iones de manganeso se convierten en dióxido de manganeso de la siguiente manera:



1.2.2. MANGANESO EN EL AGUA

En aguas subterráneas sin oxígeno, el Mn (II) en forma de manganeso puede aparecer en forma reducida (estado de oxidación +2) como iones metálicos libres Mn^{+2} , o formar formas complejas con sustancias orgánicas naturales (como el agua superficial) y puede estar sujeto al estrés iónico, influenciado, bajo la concentración de sustancias disueltas, formarán compuestos de coordinación o complejos con metales (AWWA, 2002).

Cuando el manganeso es clorado u oxidado por el oxígeno del aire, este se precipitará produciendo un color rojo intenso, provocando el rechazo del consumidor, ensuciando la ropa, obstruyendo tuberías, accesorios y bombas, reduciendo la capacidad hidráulica de la red, resultando en reposición y mantenimiento. del sistema de suministro Los costos de operación y mantenimiento son altos.

1.2.3. EFECTOS DEL MANGANESO SOBRE LA SALUD HUMANA

El manganeso es un oligoelemento esencial, lo que significa que en bajas concentraciones es esencial para la supervivencia humana. Sin embargo, cuando los seres humanos están presentes en altas concentraciones, el manganeso puede causar toxicidad. (OMS, 2016).

El consumo de manganeso por parte de los seres humanos es principalmente consumido por alimentos, como espinacas, té, arroz, soja, huevos, nueces, aceite de oliva.

1.2.4. TOXICIDAD POR MANGANESO

Estos efectos incluyen trastornos del comportamiento y otros efectos neurológicos como movimientos lentos y movimientos descoordinados. (OMS, 2016).

1.2.5. TRATAMIENTO OXIDACIÓN – FILTRACIÓN

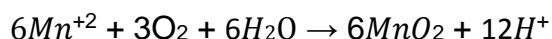
El proceso de filtración oxidativa generalmente consiste en usar un agente oxidante para reducir el manganeso presente el agua, estos compuestos generarán precipitados, como hidróxido de manganeso o carbonato de manganeso, que luego se filtran mediante diversos procedimientos de filtración. (Sommerfeld, 2017).

Este tratamiento requiere entonces de:

- Oxidantes químicos, como el cloro o el peróxido de hidrogeno.
- Agregar álcali para aumentar el valor de PH y eliminar metales de manera efectiva. (Sobsey, 2018).
- Agregar un coagulante para mejorar la eliminación de manganeso precipitado (Mouchet & Gislette, 2017).

1.2.5.1. OXIDACIÓN

La oxidación es el proceso mediante el cual el manganeso pasa de un estado reducido (Mn^{+2}) a un estado oxidado (MnO_2) (Di Bernardo, Sabogal, 2018). El principal agente para realizar este proceso es el oxígeno.



Una de las formulaciones propuestas para representar el proceso de oxidación es la de reacción cinética, en la cual se realiza la incorporación del pH. En esta relación, la tasa tiene en cuenta el oxígeno disuelto y el manganeso divalente presentes en el agua (Di Bernardo, Sabogal, 2018) y fue estudiada por Loaiza (2016). La tasa se encuentra expresada en la ecuación.

$$R_{Mnoxmin} = kMnO_2[O_2][OH^-]^2[Mn]$$

Donde $R_{Mnoxmin}$ representa la tasa de oxidación del manganeso ($mg.L^{-1}.d^{-1}$), $kMnO_2$ es la constante del proceso, O_2 es la concentración de oxígeno disuelto en el agua ($mg.L^{-1}$), OH^- es la concentración de aniones hidroxilo ($mg.L^{-1}$), y Mn es el manganeso divalente ($mg.L^{-1}$).

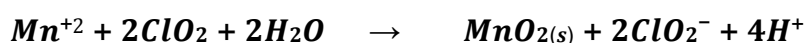
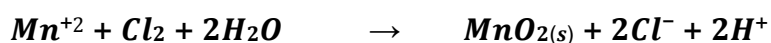
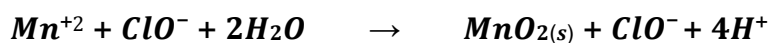
1.2.5.1.1. OXIDACIÓN DEL MANGANESO (II) CON

HIPOCLORITO DE SODIO

Se ha observado que la oxigenación del manganeso se inhibe fuertemente a bajas temperaturas y condiciones de pH ácido. Otro trabajo reciente ha demostrado la importancia de

que el dióxido de manganeso recubre el filtro como un mecanismo eficaz para eliminar el Mn. (II) (Mouchet & Gislette, 2017).

Las ecuaciones estequiometrias que se llevan a cabo en la oxidación del manganeso con los agentes oxidantes antes descritos, se muestran a continuación:



Es altamente probable que la fracción del sólido este compuesta por hidróxido de óxido de manganeso $Mn^{+3}O(OH)$ (manganita) y carbonato de manganeso $MnCO_3$.

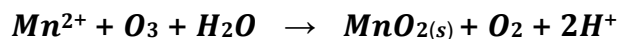
1.2.5.1.2. OXIDACIÓN DEL MANGANESO (II)

CON OZONO

El ozono (O_3) es un oxidante fuerte y ha sido efectivamente utilizado para remover hierro y manganeso, a menudo en conjunción con la remoción de compuestos que también generan sabor y olor. El hierro es casi eliminado instantáneamente, sin embargo, las concentraciones y tasas de administración varían

debido a la alta reactividad del ozono y los radicales libres asociados (Loaiza, 2016).

La ecuación estequiométrica, se muestra a continuación:



Es bien sabido que el ozono debe generarse cuando se consume, porque el ozono es extremadamente inestable y corrosivo, y el costo de inversión de este tipo de equipos es muy elevado, que es la principal desventaja de utilizar este reactivo. (oocities.org, 2009)

1.2.5.1.3. OXIDACIÓN DEL MANGANESO (II) CON PERÓXIDO DE HIDRÓGENO.

La oxidación de manganeso Mn con peróxido de hidrógeno H₂O₂ no es un método muy común, puesto que se ha evidenciado que no se obtiene buenos resultados y la oxidación es demasiado lenta. El peróxido de hidrógeno tiene más potencial que el cloro y el permanganato, además con catálisis, el peróxido de hidrógeno se puede convertir en radical oxhidrilo (Loaiza, 2016).

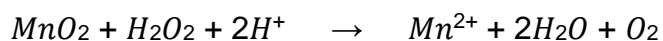
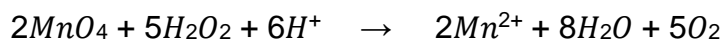
El pH tiene un fuerte efecto sobre la química y la efectividad del peróxido de hidrógeno, el pH impacta la solubilidad y reactividad del catalizador hacia el peróxido de hidrógeno, las aplicaciones de

peróxido incluyen la inyección de ácidos o álcalis para modificar el pH a un rango óptimo, el cual debe oscilar entre 9 a 11 unidades.

Los iones Mn, se oxidan fácilmente a óxido de manganeso MnO₂ mediante peróxido de hidrógeno en condiciones alcalinas



La regla general para los compuestos de manganeso que reaccionan con peróxido de hidrógeno en condiciones ácidas es que la oxidación genera compuestos de Mn (II), por tanto, no se descompone o precipita con facilidad, mientras que en condiciones alcalinas con la aplicación de peróxido de hidrógeno se forma compuestos de MnO₂, los cuales son más fáciles de remover, tal y como se muestra en las siguientes ecuaciones:



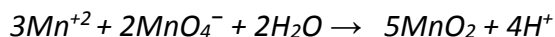
Según los resultados obtenidos en el documento denominado “*¿Se puede usar peróxido de hidrógeno para eliminar el manganeso y el hierro del agua de pozo?*”, el estudio encontró que realizando ensayos a diferentes valores del pH el peróxido de hidrogeno no es un buen agente oxidante para manganeso. Los otros dos agentes utilizados en el estudio fueron el dióxido de cloro y el cloro gaseoso, los cuales mostraron mejor remoción del manganeso, donde el Cl_2 , llegó a los valores de Mn permitidos por la normatividad en 120 minutos y el ClO_2 obtuvo el resultado esperado en 15 minutos, pero se presentan grandes cambios con las variaciones de pH.

En conclusión, no hubo remoción de manganeso al usar peróxido de hidrógeno, puesto que no se generó la reacción de oxidación y creó grandes complicaciones con el cloro utilizado para la desinfección (Ellis, Bouchard & Tantagne, 2016).

1.2.5.1.4. OXIDACIÓN DEL MANGANESO (II) CON PERMANGANATO DE POTASIO.

A diferencia del cloro, las reacciones del KMnO_4 con Mn (II) son rápidas y completas a $\text{pH} = 6.0 - 9.0$ (Knocke, 2017), aun cuando el incremento del carbón orgánico requiere dosis mayores de KMnO_4

para lograr la oxidación del Mn(II). La ecuación estequiométrica, se muestra a continuación:



1.2.5.2. FILTRACIÓN EN MEDIOS ACONDICIONADOS

Los medios filtrantes acondicionados para eliminar el hierro y el manganeso tienen propiedades similares, y su capacidad de regeneración, adsorción y filtración depende de la distribución del tamaño de las partículas, su forma y la precipitación del óxido de manganeso (MnO₂) en su superficie. El permanganato de potasio (KMnO₄) se suele utilizar como oxidante, que es caro y requiere un estricto control de su aplicación debido a su toxicidad. (Sommerfeld., 2017).

1.2.5.2.1. FILTRACIÓN DIRECTA CON LA APLICACIÓN DE SUSTANCIAS QUÍMICAS.

Si el Fe y Mn una vez oxidados presentan tamaños muy pequeños que no se retienen en los medios granulares de los filtros se requiere de la aplicación de sustancias químicas (coagulantes y floculantes) para aglomerar las partículas oxidadas y formar flóculos lo suficientemente grandes para ser filtrados (Sommerfeld., 2017).

La efectividad del proceso solo aparecerá cuando se agregue la cantidad requerida dentro de un cierto rango de precisión. Si la dosis es baja, no se oxidará por completo; si la dosis es demasiado alta, aparecerá un exceso de permanganato en el agua producida, dando a los consumidores un color rojo desagradable. (oocities.org, 2009).

1.3. MARCO CONCEPTUAL

AGUA POTABLE

El agua potable puede ser consumida por humanos y animales sin riesgo de enfermedad. De acuerdo con los estándares de calidad promulgados por las autoridades locales e internacionales, el término se aplica al agua que ha sido tratada para consumo humano. (OMS 2010).

CALIDAD

Se refiere a la capacidad del objeto para satisfacer necesidades implícitas o explícitas basadas en parámetros, es decir, la capacidad para cumplir con los requisitos de calidad.

CALIDAD DEL AGUA

Es un acumulado de propiedades químicas y microbiológicas del agua que están fijadas básicamente por los valores en las correspondientes normativas de concentración máxima permitida y los valores pautados en las guías de calidad de que no existe riesgo ni carácter peligroso para la salud.

CLORACIÓN

La cloración es el método de desinfección de aguas mediante el empleo de cloro o compuestos clorados. Se puede emplear gas cloro, pero normalmente se emplea hipoclorito de sodio (lejía) por su mayor facilidad de almacenamiento y dosificación. En algunos casos se emplean hipoclorito de calcio por su menor costo.

CONTAMINACIÓN

El medio ambiente puede ser un ecosistema, un medio físico o un ser vivo. Los contaminantes pueden ser químicos, energéticos (como sonido, calor, luz o radioactividad). Es un cambio negativo en el estado natural del medio ambiente, generalmente es el resultado de las actividades humanas y se considera un impacto en el medio ambiente.

FILTRACIÓN

En una suspensión de un líquido mediante un medio poroso, retiene los sólidos mayores del tamaño de la porosidad y permite el paso del líquido y partículas de menor tamaño de la porosidad.

INDICADORES

Parámetro o valor que entrega indicaciones acerca de la condición de una variable, tema o fenómeno. Valores de referencia para analizar el comportamiento de los impactos.

LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE (LMP)

Es el grado de concentración en elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a una emisión, que al ser excedida causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente

MANGANESO

Elemento químico, que se simboliza como Mn, de número atómico 25 y peso atómico 54.938. Es uno de los metales de transición del primer periodo largo de la tabla periódica; se encuentra entre el cromo y el hierro.

METAL PESADO

Se han propuesto muchas definiciones diferentes, estas se basan en la densidad (superior a $6,0 \text{ g cm}^{-3}$), otras se basan en el número atómico o el peso atómico y algunas tienen propiedades químicas o tóxicas.

OXIDACIÓN

Fenómeno químico en virtud del cual se transforma un cuerpo o un compuesto por la acción de un oxidante, que hace que en dicho cuerpo o compuesto aumente la cantidad de oxígeno y disminuya el número de electrones de alguno de los átomos.

PARAMETROS

Se conoce como parámetro al valor que se considera como indispensable y orientativo para lograr evaluar o valorar una determinada situación.

TRIHALOMETANOS

Son unos subproductos de la desinfección que se forman cuando se emplea el cloro como desinfectante. Los THM que se encuentran en el agua de consumo humano son el cloroformo, el bromodiclorometano (BDCM), el dibromoclorometano (DBCM) y el bromoformo.

1.4. MARCO LEGAL

1.4.1. NORMATIVA INTERNACIONAL

La Organización Mundial de la Salud (OMS) Se han elaborado las "Directrices para la calidad del agua potable", que explican los requisitos necesarios para garantizar la seguridad del agua, incluidos los procedimientos mínimos y los valores de referencia específicos, y cómo aplicar estos requisitos. El desarrollo de la tercera edición de las pautas para la calidad del agua potable incluye una revisión en profundidad de los métodos utilizados para garantizar la seguridad del agua.

1.4.2. NORMATIVA GENERAL NACIONAL

1.4.2.1. CONSTITUCIÓN POLÍTICA DEL PERÚ DE 1993

"Esta es la norma jurídica con mayor trascendencia jurídica en el país. Es un derecho humano básico, el derecho a gozar de un entorno equilibrado y adecuado para promover su vida y desarrollo. Además, en la tercera parte del sistema económico, el segundo capítulo de medio ambiente y recursos naturales" (Artículos 66º al 69º).

1.4.2.2. LEY ORGÁNICA PARA EL APROVECHAMIENTO SOSTENIBLE SE LOS RECURSOS NATURALES - LEY N° 26821

Se consideran recursos naturales a todo componente de la naturaleza, susceptible de ser aprovechado por el ser humano para la satisfacción de sus necesidades y que tenga un valor actual o potencial en el mercado, tales como: (a) las aguas: superficiales y subterráneas; (b) el suelo, subsuelo y las tierras por su capacidad de uso mayor: agrícolas, pecuarias, forestales y de protección; (c) la diversidad biológica: como las especies de flora, de la fauna y de los microorganismos o protistos; los recursos genéticos, y los ecosistemas que dan soporte a la vida.

1.4.2.3. LEY DE RECURSOS HÍDRICOS. LEY N° 29338

“El objeto de la Ley de Recursos Hídricos es regular el uso y manejo de los recursos hídricos. La ley fue promulgada el 31 de marzo del 2009 y deroga el D.L N° 17752 - Ley General de Aguas”

1.4.3. NORMATIVA ESPECÍFICA NACIONAL

1.4.3.1. ESTÁNDARES NACIONALES DE CALIDAD AMBIENTAL PARA AGUA. D.S. N° 002-2008-MINAM.

La “Norma de Calidad Ambiental del Agua” aprobada se aplica a los cuerpos de agua en el territorio nacional en estado natural, y es de obligado cumplimiento en el diseño de leyes, reglamentos y políticas públicas, y es una referencia

obligatoria al diseñar y aplicar todos los métodos de gestión ambiental.

1.4.3.2. REGLAMENTO DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO D.S. 031-2010-S.A.

Las normas de calidad del agua comestible para humanos formuladas por la dirección General de Salud Ambiental fueron aprobadas con el D.S. N° 031-2010-SA, que reemplazó los requisitos físicos, químicos y bacteriológicos oficiales de 1946. **VER ANEXO 1.**

CAPITULO II: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1 SITUACIÓN PROBLEMÁTICA

El manganeso es el elemento esencial para el organismo, por lo que es considerado un micronutriente, su dosificación controlada en la alimentación es necesaria; pero por otro lado este elemento es considerado como otro de los metales pesados, llamados también metales trazas, cuya alta concentración en el organismo causa una serie de trastornos muy peligrosos para la salud.

Niveles altos del manganeso en el agua para consumo humano que se abastece a través de las redes, trae consigo dos tipos de problemas: uno que afecta a los materiales y el otro que afecta la salud del ser humano. El consumo durante un largo tiempo puede causar daños severos en el organismo.

Según se ha podido comprobar en estudios previos, la cantidad de concentración de manganeso en las aguas de la Residencial Sol de Ica en la ciudad de Ica, es de 0.62 mg/L, que es el LMP, o sea, la medida de la concentración o del grado de elemento, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos que caracterizan a una emisión, que al ser excedida causa o puede causar daños a la salud, el bienestar humano y el ambiente. Su cumplimiento es exigible legalmente por lo que, teniendo en cuenta lo anteriormente señalado, es necesario tratar el agua para uso humano mediante un método efectivo como es el de oxidación-filtración, que en el presente proyecto se llevará a cabo

2.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

2.2.1 PROBLEMA GENERAL

¿En qué medida el tratamiento por oxidación - filtración influye en la disminución de los niveles de manganeso en el agua de consumo humano de la Residencial Sol de Ica en la ciudad de Ica - 2019?

2.2.2 PROBLEMAS ESPECIFICOS

P.E.1. ¿Qué concentración de manganeso se reportan en los análisis del agua que consume la población de la Residencial Sol de Ica en la ciudad de Ica - 2019?

P.E.2. ¿Cuál es el grado de eficiencia del método oxidación - filtración en el tratamiento del agua para disminuir las concentraciones de manganeso?

P.E.3. ¿Bajo qué parámetros se lleva a cabo el tratamiento por oxidación - filtración para lograr un óptimo resultado en la disminución de la concentración del manganeso?

2.3 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA.

2.3.1. JUSTIFICACIÓN

Justificación teórica

Teóricamente la presente investigación se justifica en tanto plantea la necesidad de establecer criterios teóricos que permitan explicar la razón científica por altos niveles de concentración de manganeso y mediante

qué procedimiento se puede disminuir dicha concentración; explicando y haciendo los respectivos ensayos que demuestren que el tratamiento seleccionado sea eficiente.

Justificación metodológica.

Desde el punto de vista metodológico, el desarrollo de la presente investigación presupone la aplicación de conocimientos químicos y conocimientos tecnológicos que permitan demostrar la hipótesis, como es el caso desarrollar el procedimiento de oxidación-filtración, que permita la disminución de las concentraciones de manganeso en el agua potable.

Justificación práctica.

La presente investigación se justifica porque va a permitir demostrar que el procedimiento escogido para tratar el agua es fácil de replicar en el laboratorio y se puede controlar los parámetros a fin de lograr la máxima eficiencia, disminuyendo sustancialmente los niveles de manganeso en el agua que se distribuye en la residencial Sol de Ica en la ciudad de Ica. Por lo tanto, se estará mejorando la calidad del agua dando un beneficio a las personas que consumen este líquido vital.

2.3.1 IMPORTANCIA

La presente investigación es importante porque dará a conocer los principios fundamentales para establecer criterios que permitan tratar el agua de consumo humano que tenga un alto contenido de manganeso, favoreciendo de esta manera la salud de la población involucrada.

2.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

2.4.1 OBJETIVOS GENERALES

Determinar en qué medida el tratamiento por oxidación - filtración influye en la disminución de manganeso en el agua para consumo humano de la Residencial Sol de Ica en la ciudad de Ica – 2019.

2.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

O.E.1. Determinar la concentración de manganeso que reportan los análisis del agua que consume la población de la Residencial Sol de Ica en la ciudad de Ica - 2019

O.E.2. Calcular el grado de eficiencia del método oxidación-filtración en el tratamiento del agua para disminuir las concentraciones de manganeso.

O.E.3. Definir los parámetros a los que se llevará a cabo el tratamiento por oxidación - filtración para lograr un óptimo resultado en la disminución de la concentración del manganeso.

2.5 HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.5.1 HIPÓTESIS GENERAL

El tratamiento por oxidación - filtración influiría significativamente en la disminución de manganeso en el agua para consumo humano de la Residencial Sol de Ica en la ciudad de Ica – 2019

2.5.2 HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

H.E.1. La concentración de manganeso que se reportaría en los análisis del agua que consume la población de la Residencial Sol de Ica en la ciudad de Ica – 2019, es alta.

H.E.2. El grado de eficiencia del método oxidación - filtración en el tratamiento del agua disminuiría las concentraciones de manganeso, es alto.

H.E.3. El tratamiento por oxidación - filtración se llevaría a cabo bajo parámetros preestablecidos de concentración de reactivos, para lograr un óptimo resultado en la disminución de la concentración del manganeso.

2.6 VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN

2.6.1 IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES

2.6.1.1 VARIABLE INDEPENDIENTE

Tratamiento por oxidación – filtración.

2.6.1.2 VARIABLE DEPENDIENTE

Disminución de los niveles de Manganeseo en el agua para consumo humano

2.6.2 OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

Tabla 1. Operacionalización de variables

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	INDICES
VARIABLE INDEPENDIENTE	Características del tratamiento	Reactivo a emplear Cantidad de reactivo pH del tratamiento	Característica oxidante Gramos o mililitros Escala numérica
Tratamiento por oxidación – filtración	Eficiencia del tratamiento	Porcentaje de remoción	%
VARIABLE DEPENDIENTE	Característica química del agua	Cantidad de manganeseo reducido Comparación con la normativa legal	ppm ppm
Disminución de los niveles de Manganeseo en el agua para consumo humano	Impacto sobre la salud	Efectos sobre la característica química del agua	Positivo o negativo

Fuente: Propio

CAPITULO III: METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 TIPO, NIVEL Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

3.1.1 Tipo de investigación es Aplicada, porque va a resolver un problema en concreto, como es la disminución del manganeso en el agua para consumo humano en la Residencia Sol de Ica en la ciudad de Ica.

3.1.2 Nivel de la investigación es explicativa, porque describe y relaciona las variables de estudio para establecer un vínculo causa - efecto.

3.1.3 Diseño de la investigación es experimental, porque se seguirá la secuencia de una investigación científica iniciando con la observación y finalizando con la conclusión. Además, el diseño de experimentación se llevará a cabo en dos grupos de control con pre test y post test.

GE	O ₁	X	O ₂
GC	O ₃	-	O ₄

Donde: GE = Grupo experimental

GC= Grupo de control

X = Tratamiento

- = Ausencia del tratamiento

O₁ y O₃ = Pre test

O₂ y O₄ = Post test

3.2. POBLACIÓN – MUESTRA

3.2.1. POBLACIÓN

Según el INEI (2006), población es "cualquier unidad o grupo de elementos claramente definidos en el espacio y el tiempo". Por tanto, este trabajo de investigación utiliza el embalse de la ciudad de Ica como población.

3.2.2. MUESTRA

Como la muestra no se adapta a una ecuación de muestreo determinada se llevó a cabo un monitoreo. Según Resolución Directoral N° 160-2015-DIGESA-SA. Protocolo de procedimientos para la toma de muestras, preservación, conservación, transportes, almacenamiento y recepción de las muestras de agua para consumo humano; indica que para la toma de muestras el inspector tomará las cantidades de muestra necesarias y suficientes para realizar un monitoreo, para la elección de la muestra se consideró el reservorio en la Residencial Sol de Ica, para ello se realizó un monitoreo de 12 horas ya que es un tiempo considerable para la realización de un monitoreo desde las 8:00 horas hasta las 19:00 horas, tomando 1 litro de muestra por cada hora en el tubo de captación antes de la adición del desinfectante químico ya que no cuentan con planta de tratamiento de agua potable haciendo un total de 12 muestras de agua.

CAPITULO IV: TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN

4.1 TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Barrera (2000), la tecnología de recolección de datos puede percibir procedimientos y actividades para que los investigadores puedan obtener la consulta necesaria de la investigación. La tecnología de recopilación de datos se utiliza en oficinas y casas.

a. Técnica de Gabinete.

Se utilizará la transmisión de texto; esto incluye una copia literal del contenido original del libro original. También se considerarán archivos bibliográficos y archivos de anotaciones.

b. Técnica de Campo.

La información recopilada por los investigadores refleja el estado actual de las cuestiones relacionadas con el contenido de manganeso en el agua utilizada por el ser humano en la red municipal de la Residencial Sol de Ica.

El diseño de la investigación debe tenerse en cuenta al realizar análisis de laboratorio, es decir, analizar previamente la muestra de agua antes de agregar los reactivos químicos utilizados, luego agregar hipoclorito de sodio como oxidante y finalmente realizar el Post análisis. Realizar el tratamiento del agua para comprender el impacto que se produjo durante el estudio y cuantificar la eficiencia del sistema de tratamiento propuesto.

4.2. INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Los instrumentos a emplearse serán la observación experimental ya que se obtendrán datos experimentales con respecto a la variable dependiente (Disminución de Manganeseo en el agua para uso humano) y los ensayos de laboratorio ya que nos permitirán obtener información de la característica química del agua de la variable dependiente.

4.3. TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

En esta investigación se utilizará la Estadística Descriptiva e Inferencial apoyado por el Microsoft Excel y el programa estadístico Minitab V.18. Asimismo, se considerará el uso de tablas y estadísticas para exponer los datos que se obtendrán al aplicar las herramientas de recolección y posteriormente aplicar las siguientes estadísticas. Por último, se usarán los métodos estadísticos T-student y ANOVA para las contrastaciones de hipótesis.

CAPITULO V: CONTRASTACION DE HIPOTESIS

En la presente investigación para la contratación de la hipótesis se ha utilizado las pruebas de T-student y análisis de la varianza ANOVA a un nivel de significancia del 0.05 y con un nivel de confianza de 95%.

5.1. CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS ESPECIFICA N° 1

H_0 : La concentración de manganeso que se reportaría en los análisis del agua que consume la población de la Residencial Sol de Ica en la ciudad de Ica – 2019, es baja.

H_1 : La concentración de manganeso que se reportaría en los análisis del agua que consume la población de la Residencial Sol de Ica en la ciudad de Ica – 2019, es alta.

Se usará la prueba estadística T - student para el parámetro Manganeso presente en el agua y se decidirá si se acepta o rechaza la H_0 .

Tabla 2. Prueba T para el parámetro Manganeseo

Estadísticas descriptivas				
N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media	Límite inferior de 95% para μ
12	0.59667	0.01875	0.00541	0.58695
$H_0: \mu \leq 0.4$				
$H_1: \mu > 0.4$				
<u>Valor T</u>		<u>Valor p</u>		
36.34		0.000		

Fuente: Minitab V.18

En la tabla N° 2 se observa que $P < 0.05$ se descarta H_0 y se afirma H_1 , es decir, la cantidad de manganeso que se reporta en los análisis del agua que usa la población de la Residencial Sol de Ica en la ciudad de Ica – 2019, es alta.

5.2. CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS ESPECIFICA N° 2

H_0 : El grado de eficiencia del método oxidación - filtración en el tratamiento del agua disminuiría las concentraciones de manganeso, es bajo.

H_1 : El grado de eficiencia del método oxidación - filtración en el tratamiento del agua disminuiría las concentraciones de manganeso, es alto.

Se usará la prueba estadística análisis de la varianza ANOVA para determinar si los tratamientos usados fueron capaces de disminuir los niveles concentración de manganeso en el agua y así aceptar o rechazar la H_0 .

Tabla 3. Análisis de la varianza ANOVA eficiencia del sistema vs tratamiento.

H₀: Todos los tratamientos son iguales

H₁: No todos los tratamientos son iguales

$\alpha = 0.05$

Factor	Niveles	Valores			
Tratamiento	6	D1, D2, D3, D4, D5, D6			
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	5	0.248844	0.049769	68.91	0.000
Error	12	0.008667	0.000722		
Total	17	0.257511			

Fuente: Minitab V.18

En Tabla N° 3 se aprecia que $P < 0,05$, con un nivel de confianza de 95%, descartando así H₀ y afirmando que hay un tratamiento que tiene una eficiencia alta.

5.3. CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS ESPECIFICA N° 3

H₀: El tratamiento por oxidación - filtración no se llevaría a cabo bajo parámetros preestablecidos de concentración de reactivos, para lograr un óptimo resultado en la disminución de la concentración del manganeso

H₁: El tratamiento por oxidación - filtración se llevaría a cabo bajo parámetros preestablecidos de concentración de reactivos, para lograr un óptimo resultado en la disminución de la concentración del manganeso

Se usará el método comparativo de Tukey para conocer que tratamiento fue el más óptimo y así aceptar o rechazar la H₀.

Tabla 4. Prueba Post hoc - combinación ente los tratamientos

Tratamiento	N	Media	Agrupación	
D1	3	0.37670	A	
D2	3	0.35333	A	
D3	3	0.30000	A	B
D4	3	0.22330	B	
D5	3	0.10333	B	
D6	3	0.07000	C	

Fuente: Minitab V.18

Posteriormente de comprobarse que existe distinción significativa entre los resultados, se procedió a confirmar cuál de los tratamientos usados fue el óptimo, ratificando así que el tratamiento (D6), fue la mejor como se puede observar en la Tabla N°4 utilizándose el método comparativo de Tukey. Por ende, se descarta la H_0 y se afirma la H_1 .

5.4. CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS GENERAL

H_0 : El tratamiento por oxidación - filtración no influiría significativamente en la disminución de manganeso en el agua para consumo humano de la Residencial Sol de Ica en la ciudad de Ica – 2019

H_1 : El tratamiento por oxidación - filtración influiría significativamente en la disminución de manganeso en el agua para consumo humano de la Residencial Sol de Ica en la ciudad de Ica – 2019

Se usará la prueba estadística T - student para comparar el antes y después del tratamiento y así acepta o rechaza la H_0 .

Tabla 5. Prueba T para antes y después del tratamiento

Estadísticas descriptivas				
Muestra	N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media
Antes	12	0.5967	0.0187	0.0054
Después	12	0.2560	0.1290	0.0370

H_0 : Antes \leq Después

H_1 : Antes $>$ Después

Valor T	GL	Valor p
9.08	11	0.000

Fuente: Minitab V.18

En la tabla N° 5 se aprecia que $P < 0.05$ se descarta H_0 y se afirma H_1 , el tratamiento por oxidación - filtración influiría significativamente en la disminución de manganeso en el agua para uso humano de la Residencial Sol de Ica en la ciudad de Ica – 2019.

CAPITULO VI – PRESENTACION, INTERPRETACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1. PRESENTACIÓN E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

6.1.1. Resultados de la caracterización del agua

Se logró determinar la caracterización del agua presente en el reservorio después del monitoreo de 12 horas antes de la adición del desinfectante químico ya que no cuentan con planta de tratamiento de agua potable en la Residencial Sol de Ica mediante ensayos de laboratorio.

Tabla 6. Análisis de la calidad del agua

Ensayos	Unidad de medida	Límite máximo permisible D.S. 031-2010-SA	Valor promedio
Color	CU	15	<5
Turbiedad	NTU	5	0.5
pH	Unidad de pH	6.5 a 8.5	7.20
Conductividad (25°C)	µs/cm	1500	934
Sólidos Totales Disueltos	mg/L	1000	934
Cloruros	Cl ⁻ mg/L	250	120
Dureza Total	CaCO ₃ mg/L	500	300
Sulfatos	SO ₄ ⁼ mg/L	250	110
Manganeso	Mg mg/L	0.40	0.60
Salinidad	Ups	---	0.50
Cloro residual	Cl ₂ mg/L	0.5 a 2.0	0.00
Temperatura	°C	---	25.3

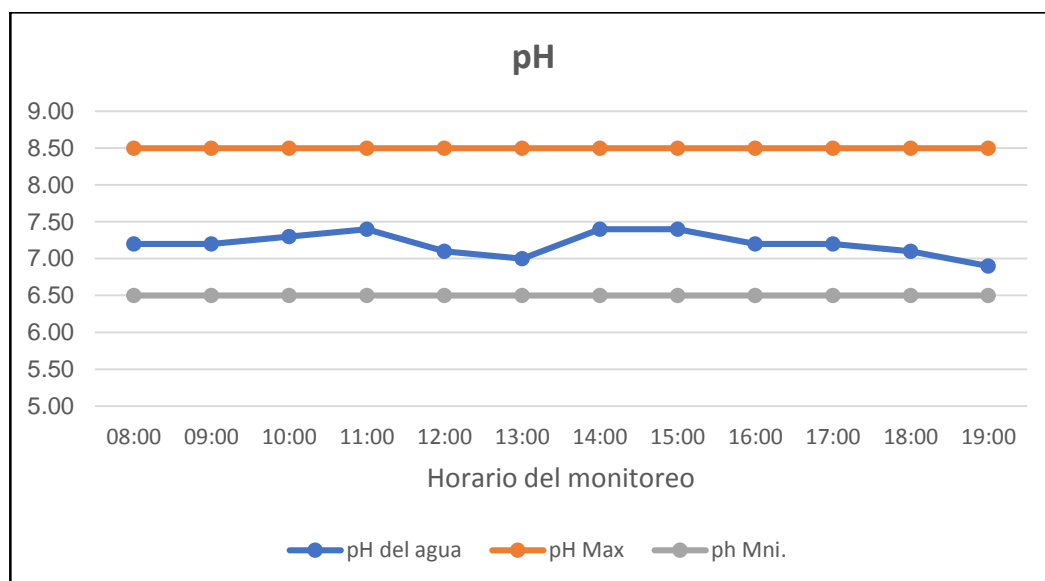
En la tabla N° 6 se muestran los resultados de los promedios de los ensayos de laboratorio realizados a las muestras tomadas después del monitoreo de 12 horas, donde se determinó que la concentración promedio de Manganeso presente en el agua fue de 0.60 Mg/L, excediendo los LMP dispuestos en la normativa legal vigente en el estado peruano. Para ello se utilizaron métodos de ensayos de laboratorio que nos indican resultados cuantitativos al momento de dar un resultado.

Tabla 7. Parámetros físico-químicos del agua

Fecha de muestreo	03/02/2020	03/02/2020	03/02/2020	03/02/2020	03/02/2020	03/02/2020	03/02/2020	03/02/2020	03/02/2020	03/02/2020	03/02/2020	03/02/2020
Hora de muestreo	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00
Código de laboratorio	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ensayos												
Color	1	1	1	2	2	3	4	1	1	2	2	2
Turbiedad	0.60	0.60	0.60	0.40	0.50	0.40	0.40	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
pH	7.20	7.20	7.30	7.40	7.10	7.00	7.40	7.40	7.20	7.20	7.10	6.90
Conductividad (25°C)	920	930	920	940	940	930	932	934	934	940	945	943
Sólidos Totales Disueltos	920	930	920	940	940	930	932	934	934	940	945	943
Cloruros	110	110	120	120	120	120	120	111	120	118	125	145
Dureza Total	310	320	300	280	300	300	310	322	300	310	280	270
Sulfatos	100	120	110	100	140	98	120	120	100	100	100	110
Manganeso	0.60	0.63	0.60	0.60	0.58	0.59	0.60	0.58	0.57	0.63	0.58	0.60
Salinidad	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Cloro residual	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Temperatura	25.3	25.3	25.3	25.3	25.3	25.3	25.3	25.3	25.3	25.3	25.3	25.3

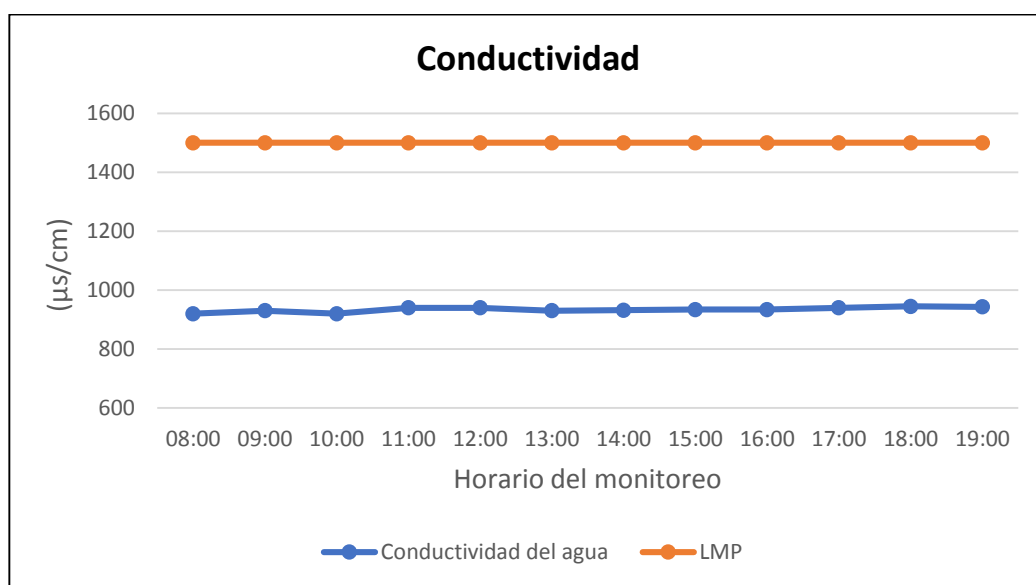
Fuente: Elaboración propia

Figura 1. Cantidad de pH en el agua



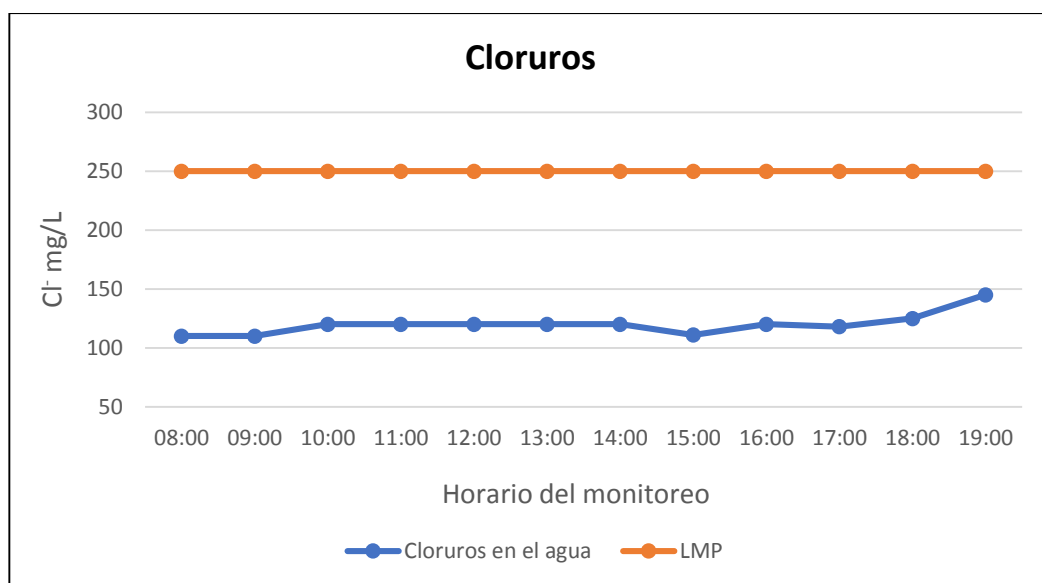
Fuente: Tabla N° 7

En los resultados obtenidos del ensayo pH realizados a las muestras de agua obtenidas del monitoreo donde se muestra que el LMP según MINSA es de 6.50 como límite inferior y 8.50 como límite superior, también se puede apreciar que los valores del agua están en los límites máximos permisibles (LMP) dispuesto por la normativa legal.

Figura 2. Cantidad de Conductividad en el agua

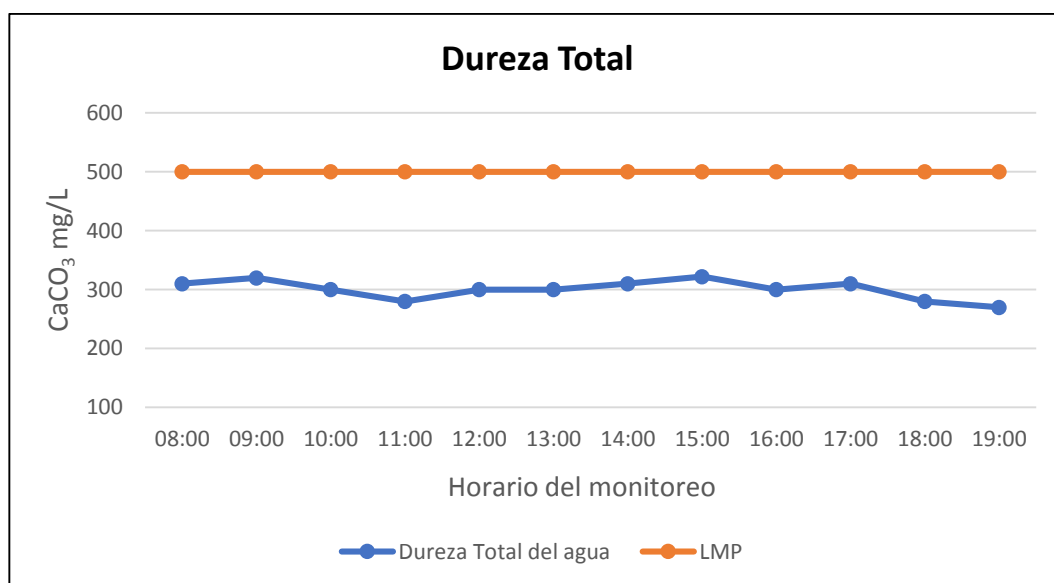
Fuente: Tabla N° 7

En la figura N° 2 los resultados obtenidos del ensayo de conductividad realizados a las muestras de agua obtenidas del monitoreo donde se muestra que el LMP según MINSA es de 1500 $\mu\text{s}/\text{cm}$, también se puede apreciar que los valores del agua están en los límites máximos permisibles (LMP) dispuesto por la normativa legal.

Figura 3. Cantidad de Cloruros en el agua

Fuente: Tabla N° 7

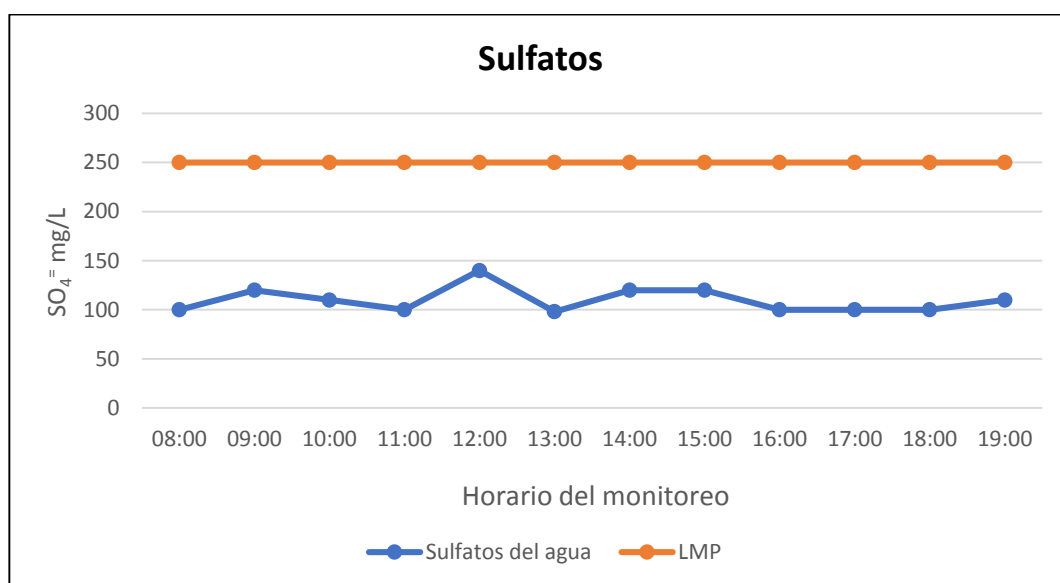
En la figura N° 3 se observa los resultados del ensayo cloruros realizados a las muestras de agua obtenidas del monitoreo donde se muestra que el LMP según MINSA es de 250 Cl⁻ mg/L, también se puede apreciar que los valores del agua están en de los límites máximos permisibles (LMP) dispuesto por la normativa legal.

Figura 4. Cantidad de Dureza Total en el agua

Fuente: Tabla N° 7

En la figura N° 4 se observa los resultados del ensayo Dureza Total realizados a las muestras de agua obtenidas del monitoreo donde se muestra que el LMP según MINSA es de 500 CaCO₃ mg/L, también se puede apreciar que los valores del agua están en de los límites máximos permisibles (LMP) dispuesto por la normativa legal.

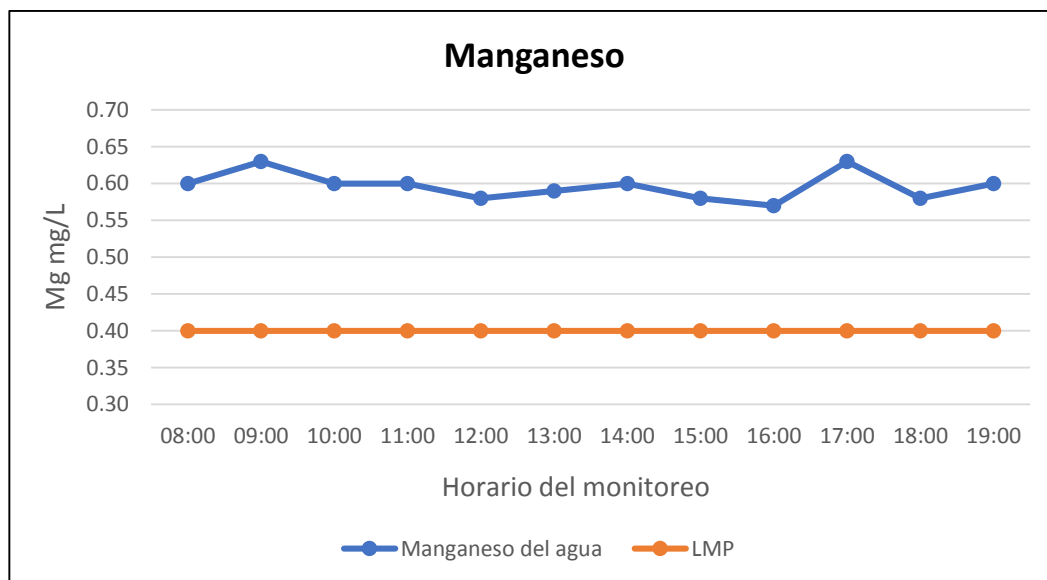
Figura 5. Cantidad de Sulfatos en el agua



Fuente: Tabla N° 7

En la figura N° 5 se observa los resultados del ensayo Sulfatos realizados a las muestras de agua obtenidas del monitoreo donde se muestra que el LMP según MINSA es de 250 SO_4^- mg/L, también se puede apreciar que los valores del agua están en de los límites máximos permisibles (LMP) dispuesto por la normativa legal.

Figura 6. Cantidad de Manganesos en el agua



Fuente: Tabla N° 7

En la figura N° 6 se observa los resultados del ensayo Manganeso obtenidos de las muestras de agua después del monitoreo donde se muestra que el límite según MINSA es 0.4 mg/L, también se puede apreciar que todas las muestras obtenidas exceden el LMP dispuesto por la normativa legal.

6.1.2. Tratamiento del agua.

Para el experimento de laboratorio, se utilizó un equipo de vibración orbital Shaker para simular las etapas de coagulación y floculación del tratamiento convencional de filtración por oxidación de agua.

Tabla 8. Pruebas realizadas en el estudio

Nombre de las pruebas		Metodología
Prueba N° 1	Determinación de la dosis optima de hipoclorito de calcio para el tratamiento.	Adición de Cal clorada al 0.1% para determinar la concentración optima de reactivo en la disminución de Manganeseo y la determinación de cloro libre.
Prueba N° 2	Determinación la dosis optima de cal hidratada para el tratamiento.	Adición de cal hidratada en solución al 2%, hasta encontrar el pH óptimo para el tratamiento.
Prueba N° 3	Determinación la dosis optima de sulfato de aluminio para el tratamiento.	Adición de sulfato de aluminio al 2% para determinar la concentración optima en la etapa de coagulación y floculación.

Fuente: Elaboración propia

Se consideró aplicar seis dosis a diferentes concentraciones en mg/L y tres repeticiones en cada prueba a emplear a 100 rpm por un tiempo de 20 minutos para la etapa de la coagulación, 60 rpm por 15 minutos para la etapa de la floculación y 15 minutos para la etapa de la sedimentación y posteriormente se pasó a la etapa del filtrado.

6.1.3. Resultado de las pruebas experimentales.

Se aplicó el hipoclorito de calcio al 0.1% en la prueba N° 1 en las muestras de agua y se consideró aplicar seis tratamientos con diferentes

dosis en mg/L de concentración. D1: 0.5 mg/L, D2: 1 mg/L, D3: 2 mg/L, D4: 3 mg/L, D5: 4 mg/L, D6: 5 mg/L.

Tabla 9. Resultados de la Prueba N° 1

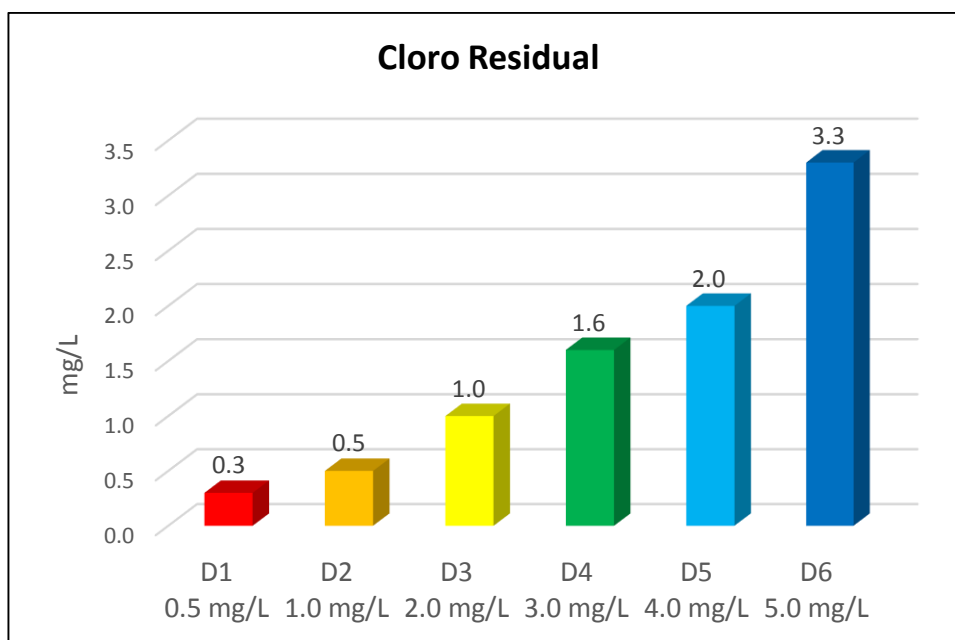
Código de la dosis	Tratamiento Hipoclorito de Calcio al 0.1%	Coagulación: 100 rpm/20 min.		
		Floculación: 60 rpm/15 min.		
		Sedimentación: 0 rpm/15 min.		
		Resultados		
	Dosis (mg/L)	pH	Cloro Residual (mg/L)	Manganeso (mg/L)
D1	0.5	7.20	0.3	0.60
D2	1.0	7.20	0.5	0.57
D3	2.0	7.20	1.0	0.50
D4	3.0	7.20	1.6	0.47
D5	4.0	7.20	2.0	0.40
D6	5.0	7.20	3.3	0.30

Fuente: Elaboración propia

Resultados obtenidos de los tratamientos aplicados con diferentes concentraciones de hipoclorito de calcio al 0.1% en las muestras de agua a estudiar, en la cual, se puede apreciar que la dosis D1 no existe variación en la concentración de manganeso presente en el agua, pero encontrando que en las dosis D2, D3, D4, D5 y D6 tienen una disminución progresiva en las concentraciones de manganeso. Determinando que las dosis apropiadas para la disminución de manganeso en agua y no sobrepasando las concentraciones de cloro residual es entre 1 mg/L y 4 mg/L. De acuerdo a la tabla N° 9 podemos apreciar que con 4 mg/L de dosis de hipoclorito de calcio al 0.1% siendo este la dosis máxima cumpliendo la normativa legal, obtenemos una

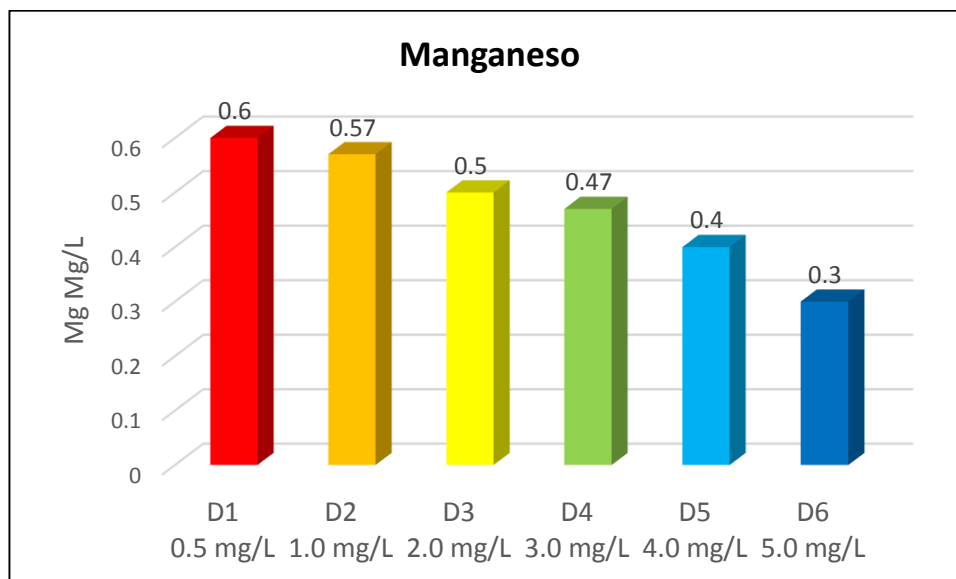
disminución de 0.40 mg/L en la concentración manganeso teniendo una eficiencia del 33% con un pH de 7.20; esa eficiencia podría aumentar elevando el valor de pH.

Figura 7. Cantidad de cloro residual en el agua



Fuente: Tabla N° 9

Se presentan los resultados obtenidos en las diferentes dosis y comparados con la normativa legal, se determinó que las muestras D1 no se encuentran en el límite máximo permitido según DS N° 031-2010-SA del MINSA por tratarse de una dosis muy baja y en la muestra D6 su concentración es muy alta, se determinó que dosis entre D2 y D5 sus concentraciones de cloro residual están dentro del límite máximo permitido (LMP).

Figura 8. Cantidad de manganeso en el agua

Fuente: Tabla N° 9

Se muestran los resultados obtenidos en los tratamientos y comparados con la normativa legal, se determinó que las muestras D1, D2, D3 y D4 no están en el límite máximo permisible según D.S N° 031-2010-SA del MINSA, y solo las muestras D5 y D6 nos muestran que sus concentraciones son aceptables.

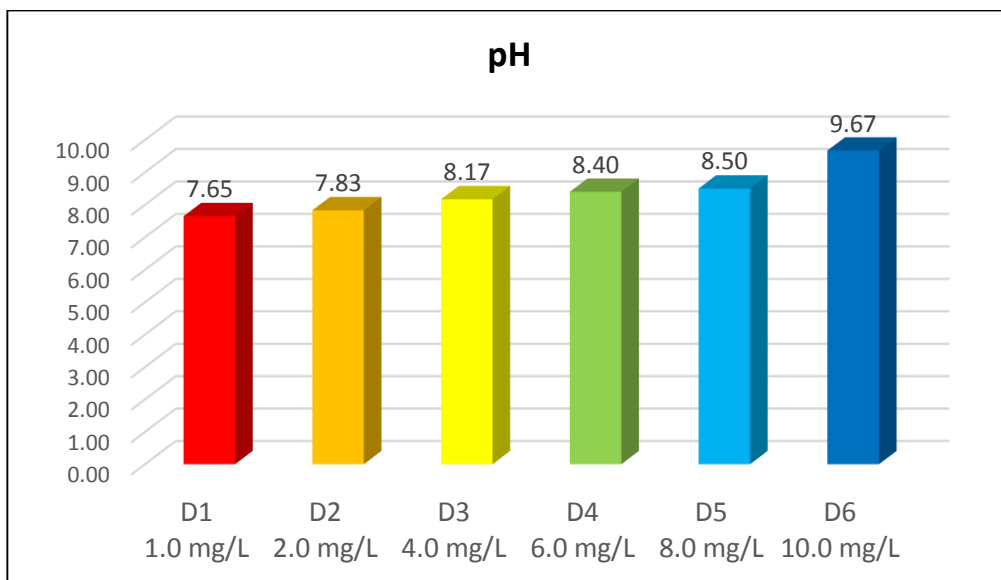
Se aplicó la cal hidratada al 2% en la prueba N° 2 en las muestras de agua y se consideró aplicar seis tratamientos con diferentes dosis en mg/L de concentración D1: 1 mg/L, D2: 2 mg/L, D3: 4 mg/L, D4: 6 mg/L, D5: 8 mg/L, D6: 10 mg/L.

Tabla 10. Resultados de la Prueba N° 2

Código de la dosis	Tratamiento Cal hidratada al 2%	Coagulación: 100 rpm/20 min.
		Floculación: 60 rpm/15 min.
		Sedimentación: 0 rpm/40 min.
		Resultados
		pH
D1	1.0	7.65
D2	2.0	7.83
D3	4.0	8.17
D4	6.0	8.40
D5	8.0	8.50
D6	10.0	9.67

Fuente: Elaboración propia

Resultados obtenidos de los tratamientos aplicados con diferentes concentraciones de cal hidratada al 2% en las muestras de agua a estudiar, en la cual, se puede apreciar que la dosis D6 sobrepasa el límite superior máximo permisible (LMP) dado por el MINSA, pero encontrando que en las dosis D1, D2, D3, D4 y D5 sus valores están dentro de la normativa legal. Determinando que las dosis apropiadas para el aumento de pH y no sobrepasando el límite máximo permisible (LMP) es entre 1 mg/L y 8 mg/L.

Figura 9. Cantidad de pH en el agua

Fuente: Tabla N° 10

Se determinó que todas las muestras D1, D2, D3, D4 y D5 están en de los límites máximos permisibles según D.S N° 031-2010-SA del MINSA, y las muestra D6 están por encima del límite superior máximo permisible (LMP). Se determinó que dosis entre D1 y D5 sus valores de pH.

Se aplicó el sulfato de aluminio al 2% en la prueba N° 3 en las muestras de agua y se consideró aplicar seis tratamientos con diferentes dosis en mg/L de concentración D1: 2 mg/L, D2: 4 mg/L, D3: 6 mg/L, D4: 8 mg/L, D5: 10 mg/L, D6: 12 mg/L para la determinación óptima del floculante en el tratamiento planteado.

Tabla 11. Resultados de la Prueba N° 3

Código de la dosis	Tratamiento			Coagulación: 100 rpm/20 min.		
				Floculación: 60 rpm/15 min.		
				Sedimentación: 0 rpm/15 min.		
	Hipoclorito de Calcio al 0.1%	Cal hidratada al 2%	Sulfato de Aluminio al 2%		Resultados	
	Dosis (mg/L)	Dosis (mg/L)	Dosis (mg/L)	pH	Cloro Residual (mg/L)	Manganeso (mg/L)
D1	1.00	3.00	1.00	7.70	0.30	0.38
D2	2.00	4.00	2.00	7.92	0.40	0.35
D3	2.50	5.00	3.00	8.26	0.80	0.30
D4	3.00	6.00	4.00	8.40	1.00	0.22
D5	3.50	7.00	5.00	8.46	1.30	0.10
D6	4.00	8.00	6.00	8.50	1.50	0.07

Fuente: Elaboración propia

Resultados obtenidos de los tratamientos aplicados con diferentes concentraciones de sulfato de aluminio al 2% en las muestras de agua a estudiar, para seleccionar la cantidad correspondiente, se consideró que el valor de pH este en el rango permitido (6.5 - 8.5), que el valor de la concentración de cloro libre este dentro del rango permitido (0.5 mg/L – 2.0 mg/L) y que el valor de la concentración de manganeso en el agua este dentro del rango permitido (0.4 mg/L) por la normativa legal.

Determinando que la dosis correcta de hipoclorito de calcio al 0.1% es de 4 mg/L, de cal hidratada al 2% es de 8 mg/L y de sulfato de aluminio al 2% es de 6 mg/L.

6.1.4. Porcentaje de disminución y eficiencia del sistema.

Luego de realizar las pruebas experimentales y determinar las dosis óptimas se determinó los nuevos parámetros de calidad para el agua y así estudiar y mostrar los resultados en la tabla N° 12

Tabla 12. Parámetros de calidad del agua antes y después del tratamiento

Ensayos	Unidad de medida	L M P D.S. 031-2010-SA	Antes del tratamiento	Después del tratamiento
Color ⁽¹⁾	CU	15	<5	<5
Turbiedad ⁽²⁾	NTU	5	0.5	0.1
pH	Unidad de pH	6.5 a 8.5	7.20	8.40
Conductividad (25°C)	µs/cm	1500	934	630
Sólidos Totales Disueltos	mg/L	1000	934	630
Cloruros	Cl ⁻ mg/L	250	120	80
Dureza Total	CaCO ₃ mg/L	500	300	200
Sulfatos	SO ₄ ⁼ mg/L	250	110	65
Manganeso	Mg mg/L	0.40	0.60	0.07
Salinidad ^{(3) (4)}	Ups	---	0.50	0.4
Cloro residual	Cl ₂ mg/L	0.5 a 2.0	0.0	1.5
Temperatura	°C	---	25.3	27.5

Fuente: Elaboración propia

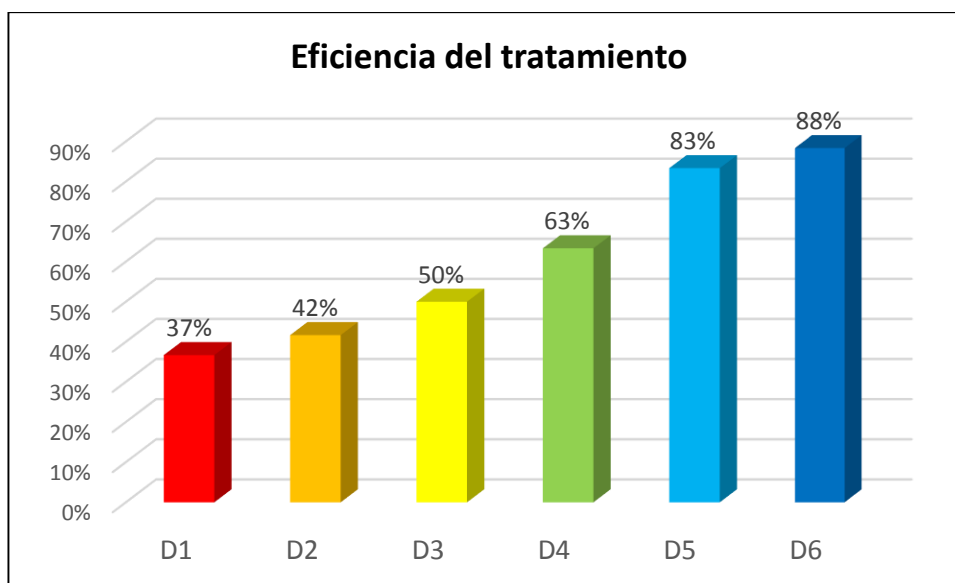
En la tabla N° 12, Se observó que el valor del agua antes del tratamiento disminuyó después del tratamiento, lo que demuestra que es eficaz en el tratamiento propuesto.

Se analizó el porcentaje de eficiencia del sistema planteado para la disminución de manganeso en el agua para uso humano en la Residencial Sol de Ica en la ciudad de Ica.

Tabla 13. Eficiencia del sistema de tratamiento propuesto

Tratamiento	Eficiencia del sistema propuesto
D1	37%
D2	42%
D3	50%
D4	63%
D5	83%
D6	88%

Fuente: Elaboración propia

Figura 10. Porcentaje de eficiencia del sistema de tratamiento propuesto

Fuente: Tabla N° 13

En la figura N° 10, se aplicaron 6 diferentes concentraciones de hipoclorito de calcio como agente oxidante, cal hidratada como

alcalinizador y sulfato de aluminio como coagulante usados en el sistema de tratamiento planteado.

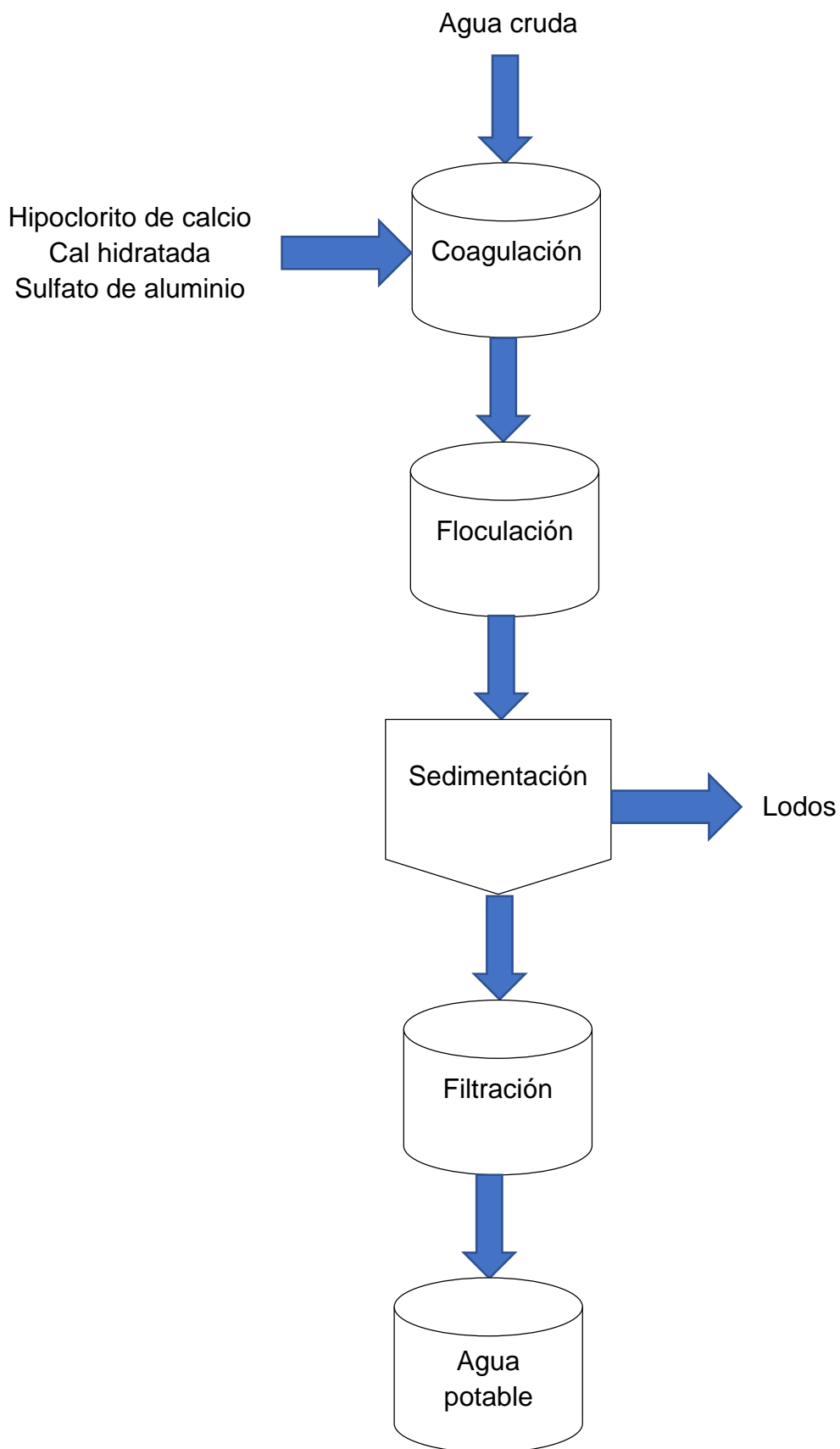
Los resultados obtenidos en cuanto al porcentaje de eficiencia (%) del sistema planteado para disminuir los niveles de Manganeseo de las aguas para consumo humano en la Residencial Sol de Ica en la ciudad de Ica. En el primer tratamiento se obtuvo un 37% de eficiencia, en el segundo tratamiento se obtuvo un 42% de eficiencia, en el tercer tratamiento se obtuvo un 50% de eficiencia, en el cuarto tratamiento se obtuvo un 63% de eficiencia, en el quinto tratamiento se obtuvo un 83% de eficiencia y en el sexto tratamiento se obtuvo un 88% de eficiencia. A partir de esto se puede deducir que el tratamiento D6 tiene la mayor eficiencia que el resto de tratamientos empleados bajo los parámetros de 100rpm/20 min. En la etapa de coagulación, 60 rpm/15 min. En la etapa de floculación y 0 rpm/15 min. En la etapa de sedimentación.

6.1.5. Criterios de Diseño para una Planta de tratamiento.

Tabla 14. Criterios de Diseño para una Planta de tratamiento

Criterios de diseño	Coagulación	Floculación	Sedimentación	Filtración
pH inicial	7.20	---	---	---
pH final	---	---	---	8.40
Consumo de cal hidratada (g/m ³)	8.0	---	---	---
Consumo de hipoclorito de calcio (g/m ³)	4.0	---	---	---
Consumo de sulfato de aluminio (g/m ³)	6.0	---	---	---
Tiempo de retención	20 min.	15 min.	15 min.	---
Tipo de filtro a usar	---	---	---	Filtro de arena y un filtro de glauconita (arena verde)

Fuente: Elaboración propia

Figura 11. Diagrama de flujo para tratamiento de agua

Fuente: Elaboración propia

6.2. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En la Tabla N° 6 se muestran los resultados de la calidad del agua para consumo humano del reservorio de la Residencial Sol de Ica de la ciudad de Ica después del monitoreo de 12 horas, determinándose que la concentración de manganeso no cumple con el límite máximo permisible descritos en el D.S N° 031-2010-SA dando por el MINSA.

Sabiendo los resultados obtenidos se planteó potabilizar mediante el método de oxidación filtración usando como agente oxidante el hipoclorito de calcio.

En la prueba de laboratorio se utilizó la concentración de hipoclorito de calcio como oxidante, la concentración de cal apagada como agente alcalinizante y la concentración de sulfato de aluminio. El tratamiento se dividió en 6 tratamientos y se repitió cada tratamiento 3 veces. Se agregaron un total de 18 muestras. Estos análisis El resultado se muestra en el Anexo 4.

Para la etapa de sedimentación. Se puede afirmar una disminución significativa de los resultados obtenidos y es por ello que el uso de hipoclorito de calcio como agente oxidante de manganeso en el agua.

En la tabla N° 13 se observa la eficiencia del sistema por tratamiento empleado.

Con los resultados podemos afirmar que las pruebas son válidas y confiables, por lo tanto, se pueden usar en el desarrollo del presente trabajo y de cualquier otro que se quiera realizar utilizando estas variables. Esto es sin duda un primer aporte de este trabajo de investigación que seguramente va a ser adecuadamente aprovechado por otros investigadores interesados en profundizar el estudio sobre el uso de hipoclorito de calcio como productos químicos en el tratamiento de agua para consumo humano.

En lo que se refiere a la hipótesis general de la investigación planteada “El tratamiento por oxidación - filtración influye significativamente en la disminución de los niveles de manganeso en el agua para consumo humano de la Residencial Sol de Ica en la ciudad de Ica – 2019”, los resultados nos confirman que esta hipótesis ha sido aceptada, esto quiere decir, que el uso de este tratamiento es eficiente en la disminución de los niveles de manganeso presentes en el agua.

CONCLUSIONES

Concluida nuestra investigación del “Tratamiento por oxidación - filtración y la disminución de manganeso en el agua para consumo humano en la Residencial Sol de Ica en la ciudad de Ica – 2019” con un nivel de confianza del 95% se halló que: El tratamiento por oxidación - filtración influye significativamente en la disminución de manganeso en el agua para uso humano de la Residencial Sol de Ica en la ciudad de Ica – 2019. La presencia de manganeso en cantidades apropiadas en el agua no tiene efectos nocivos en la salud y son aptas para el uso humano.

El agua para uso humano proveniente del reservorio de la Residencial Sol de Ica en la ciudad de Ica, sobrepasa el valor límite de manganeso (promedio 0.60 mg/ L), no es adecuada para uso humano según D.S. 031-2010-SA, sin previo tratamiento.

En las muestras de agua del Embalse Residencial Sol de Ica en Ica se utilizó hipoclorito de calcio como agente oxidante para mitigar la presencia de manganeso en el agua, como resultado pude verificar la eficiencia del producto químico sin necesidad de agregué una gran cantidad de este recurso. Concluimos que la eficiencia más alta es del 88% y la eficiencia más baja es del 37%, que tiene una fuerte capacidad oxidante para el metal. Por lo tanto, se puede determinar que la eficiencia del método de tratamiento propuesto es del 88%, la concentración de manganeso en el agua se pudo reducir de 0.60 mg / L a 0.07 mg / L, y el resultado es menor que el límite máximo permitido (LMP). Leyes y regulaciones.

Se determinó que las dosis óptimas de reactivos para disminuir los niveles de manganeso usando el método oxidación - filtración es de 4 mg/ L de Cal clorada, 8 mg/ L de Cal hidratada y 6 mg/ L de Sal inorgánica de Aluminio.

RECOMENDACIONES

A las autoridades de la ciudad de Ica, utilizar el Hipoclorito de Calcio como agente oxidante para reducir el manganeso presente en el agua que sirven como fuente de consumo de los pobladores.

Se recomienda diseñar e implementar una planta de tratamiento de agua para que el método de oxidación - filtración se pueda aplicar a un volumen suficiente.

Se recomienda en los siguientes trabajos de investigación, trabajar con otros agentes oxidantes para ver el comportamiento frente a la disminución de manganeso presente en el agua para uso humano.

También se recomienda considerar el tiempo de sedimentación de la muestra en futuros trabajos de investigación, porque puede tener un impacto, pues en el precedente revisado el tiempo de reposo es diferente, varía entre minutos y horas, el tiempo más adecuado es de 15 minutos, pero puede cambiarlo y puede que sean necesarios descansos más largos para encontrar mejores resultados.

Se recomienda que los estudiantes e investigadores en ingeniería química e industrias afines continúen estudiando el uso de oxidantes para mejorar la calidad del agua para uso humano a fin de no afectar la salud de los consumidores.

FUENTES DE INFORMACIÓN

1. APHA, AWWA, WEF (2015). Métodos estándar para la inspección de aguas residuales, 18ª edición. Washington.
2. AROCHA, S. (2016) Abastecimiento de agua. Teoría y diseño. Versión Vega.
3. BEHAR (2014). Metodología de investigación Shalom.
4. BERNAL (2010). método de investigación. La tercera edición. Colombia: Pearson.
5. CINARA. (2017). Plan de abastecimiento de agua, saneamiento básico y saneamiento en la ciudad de Colorado y la ciudad de San Juan de la Costa en la ciudad de Tumaco. Nariño.
6. CINARA-MINDESARROLLO. (2016). Elementos de selección técnica y análisis de costes del sistema de depuración de agua. Modelo conceptual.
7. CINARA. (2015). Los sistemas de tratamiento de agua cruda y aguas residuales de Veredas Flamenco, Pailita, Morgan y El Estero fueron muestreados y reportados regularmente.
8. CLEASBY, J. (2018). Iron and Manganese removal – A case Study. J. AWWA, p. 147 – 149.
9. Departamento de Salud del Estado de Nueva York. (1987). Manual de tratamiento de agua. Tercera edición, México.
10. DOS SANTOS, D. (1985). Tecnología de tratamiento de agua. La tercera edición. Edición, Brasil.
11. DS N ° 031-2010-SA. (2011), "Normativa sobre la calidad del agua para consumo humano", Anexo II, pág. 2.

12. HERNANDEZ (2010). La importancia del agua para los seres vivos, Buenos Aires, Argentina. FOLLETO DE SISTEGUA. (1998). Filtración con arena manganeso, p. 8.
13. HURTADO DE BARRERA (2000). Metodología de la Investigación Holística. Tercera Edición. Caracas: Fundación Sypal.
14. JURADO, N., MARTÍNEZ B., & FAVER, A. (2012). Evaluación de la Remoción del contenido de sales de Hierro y Manganeso en aguas subterráneas de la universidad mariana a partir de un tratamiento por torre de aireación dinámica de bandejas
15. LAZO, L. (2015). La remoción de manganeso puede mejorar la calidad del agua potable humana en la Laguna Azulcocha. La tesis es elegible para el título de ingeniero químico. Perú.
16. LOAIZA, A. (2016). Elimine el hierro y el manganeso del agua subterránea mediante doble filtración a través del flujo de presión. Caparazón protector El Hormiguero-Cali. Tesis de posgrado, postula a maestría en ingeniería sanitaria y ambiental. Colombia.
17. MANUAL DE LABORATORIO DE QUÍMICA. Se utiliza para la determinación química de hierro y manganeso. Universidad Mariana, p. 15-17.
18. MONTGOMERY, D. (2014). Diseñar y analizar experimentos. Limusa Wiley, segunda edición.
19. MOUCHET, P. & GISLETTE, P (2017). Eliminar hierro, manganeso y amoníaco en agua potable para tratamiento biológico. Simposio Internacional de Hierro y Manganeso (AIDIS), Buenos Aires, Argentina.
20. OPS/OMS. (2006). Directrices para la calidad del agua potable. Publicaciones científicas de Washington, DC, página 506, 285.

21. SÁNCHEZ, T. & BURBANO, L. (2016). La filtración multietapa (MSF) evita el crecimiento de biopelículas en la red de distribución. Es: Los últimos avances en arena lenta y procesos alternativos de filtración biológica. Lanzamiento de IWA.
22. SANDERS, L. (2018). Manual de hidrogeología de campo, Prentice Hall Press, p. 2. 381.
23. SEVERICHE, CASTILLO, E. & ACEVEDO, R. (2013). Manual de métodos analíticos para la determinación de parámetros físicos y químicos básicos en agua. Málaga: EUMED. Obtenido de <http://www.eumed.net/libros-gratis/2013a/1326/#indice> el 2 de mayo de 2019
24. SOLUCIONES PARA AGUA. (2013). Obtenido de <http://www.macrotecnologia.com/Productos/FCarbonActivado.php> el 8 de marzo de 2019.
25. TEKERLEKOPOULOU, A. & VAYENAS, D. (2017). Utilice un filtro de goteo para eliminar el amoníaco, el hierro y el manganeso del agua potable, página 43. 225-235.

ANEXOS

Anexo 1. Límites permisibles de parámetros de calidad organoléptica.

Figura 12. D.S. 031-2010-SA. ANEXO II


LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE PARÁMETROS DE CALIDAD ORGANOLÉPTICA

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


Fuente: Reglamento de la calidad del Agua para Consumo Humano.

Anexo 2. Resultados de laboratorio de la caracterización del agua antes y después del tratamiento planteado.

Figura 13. Resultados de calidad del agua antes del tratamiento



UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA" DE ICA
FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS Y METALURGIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA METALURGICA




INFORME DE ENSAYO

Muestra : Agua para consumo humano
 Provincia/Distrito/Región : Ica/Ica/Ica
 Coordenadas UTM WGS 84 18L : 0419592E / 8442176N
 Altitud (msnm) : 406
 Fecha inicio muestreo : 03/02/2020
 Hora de inicio de muestreo (h) : 8:00
 Fecha de inicio de ensayo : 04/02/2020
 Hora de inicio de ensayo (h) : 8:00
 Fecha final ensayo : 04/02/2020
 Hora final de Ensayo (h) : 10:00
 Producto : Agua subterránea
 Código de la muestra : Antes del tratamiento
 Descripción del punto de muestreo: Toma de muestra en el tubo de captación de agua subterránea antes de la adición del desinfectante químico.

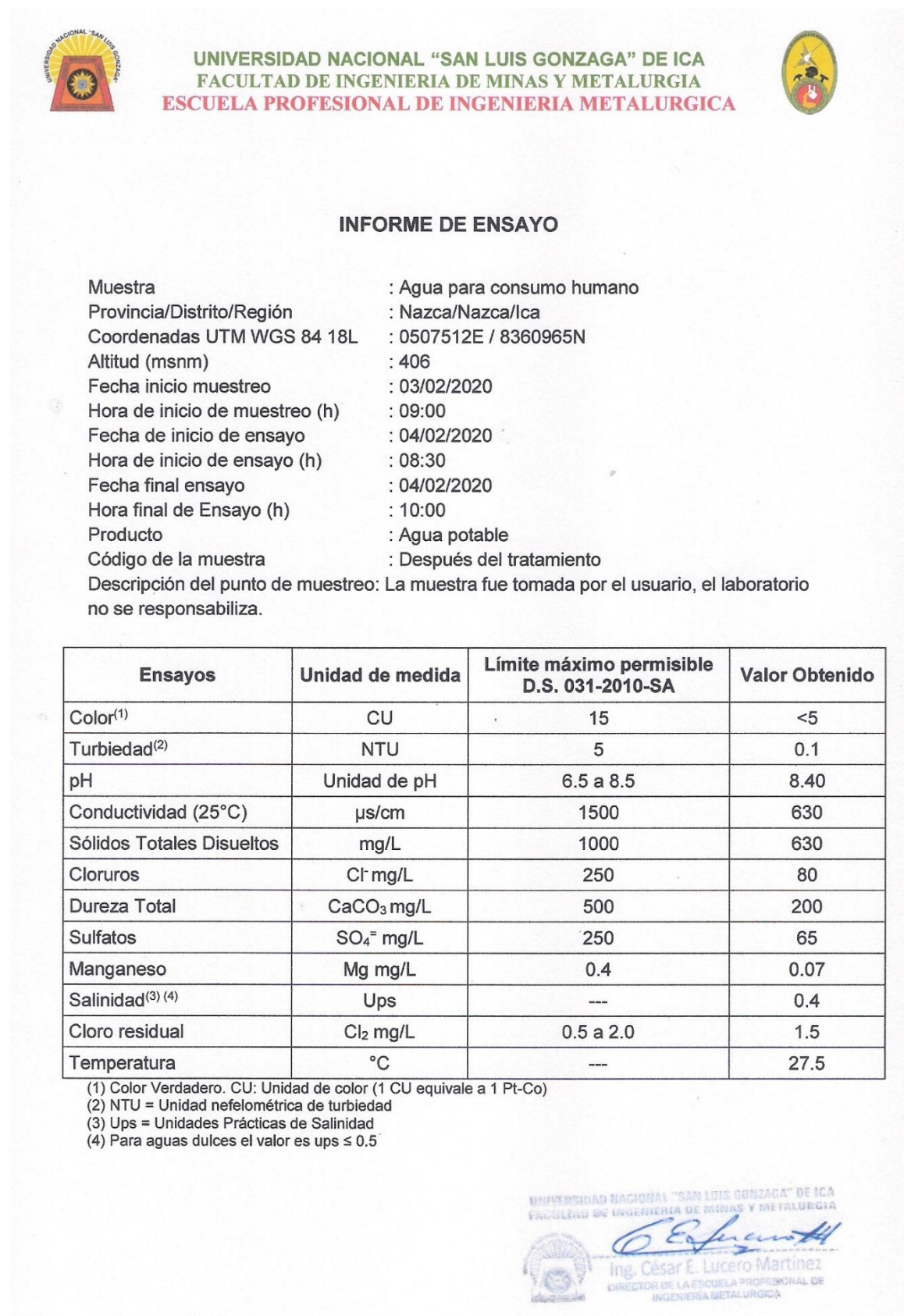
Ensayos	Unidad de medida	Límite máximo permisible D.S. 031-2010-SA	Valor Obtenido
Color ⁽¹⁾	CU	15	<5
Turbiedad ⁽²⁾	NTU	5	0.5
pH	Unidad de pH	6.5 a 8.5	7.20
Conductividad (25°C)	µs/cm	1500	934
Sólidos Totales Disueltos	mg/L	1000	934
Cloruros	Cl ⁻ mg/L	250	120
Dureza Total	CaCO ₃ mg/L	500	300
Sulfatos	SO ₄ ⁼ mg/L	250	110
Manganeso	Mg mg/L	0.4	0.60
Salinidad ^{(3) (4)}	Ups	---	0.5
Cloro residual	Cl ₂ mg/L	0.5 a 2.0	0.0
Temperatura	°C	---	25.3

(1) Color Verdadero. CU: Unidad de color (1 CU equivale a 1 Pt-Co)
 (2) NTU = Unidad nefelométrica de turbiedad
 (3) Ups = Unidades Prácticas de Salinidad
 (4) Para aguas dulces el valor es ups ≤ 0.5


 Ing. César E. Lucero Martínez
 DIRECTOR DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE
 INGENIERIA METALURGICA

Fuente: Elaborado por la Facultad de Minas y Metalurgia (UNICA)

Figura 14. Resultados de calidad del agua después del tratamiento



Fuente: Elaborado por la Facultad de Minas y Metalurgia (UNICA)

Anexo 3. Resultados de laboratorio de los tratamientos usados para disminuir los niveles de manganeso en el agua.

Figura 15. Validación de los resultados de laboratorio por tratamiento usado



UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA" DE ICA
FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS Y METALURGIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA METALURGICA



INFORME DE ENSAYO

Muestra : Agua para consumo humano
Provincia/Distrito/Región : Ica/Ica/Ica
Coordenadas UTM WGS 84 18L : 0507512E / 8360965N
Altitud (msnm) : 457
Fecha inicio muestreo : 10/02/2020
Hora de inicio de muestreo (h) : 9:00
Fecha de inicio de ensayo : 10/02/2020
Hora de inicio de ensayo (h) : 10:00
Fecha final ensayo : 10/02/2020
Hora final de Ensayo (h) : 13:00
Producto : Agua subterránea
N° Muestras : 06
Código de la muestra : D1, D2, D3, D4, D5, D6
Descripción del punto de muestreo: Las muestras fueron tomadas por el usuario, el laboratorio no se responsabiliza.

Ensayo	Unidad	Resultados					
		D1	D2	D3	D4	D5	D6
pH	Unidad de pH	7.70	7.92	8.26	8.40	8.46	8.50
Manganeso	Mg mg/L	0.38	0.35	0.30	0.22	0.10	0.07
Cloro residual	Cl ₂ mg/L	0.30	0.40	0.80	1.00	1.30	1.50

UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA" DE ICA
FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS Y METALURGIA

Ing. César E. Lucero Martínez
DIRECTOR DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE
INGENIERIA METALURGICA

Fuente: Elaborado por la Facultad de Minas y Metalurgia (UNICA)

Anexo 4. Datos generales

Tabla 15. Datos de las Repeticiones generadas del tratamiento D1 de la prueba N° 1

Repetición	pH	Cloro Residual (mg/L)	Manganeso (mg/L)
1	7.20	0.3	0.6
2	7.20	0.2	0.5
3	7.20	0.4	0.7

Fuente: Elaboración propia – Excel 2016

Tabla 16. Datos de las Repeticiones generadas del tratamiento D2 de la prueba N° 1

Repetición	pH	Cloro Residual (mg/L)	Manganeso (mg/L)
1	7.20	0.3	0.6
2	7.20	0.2	0.5
3	7.20	0.4	0.4

Fuente: Elaboración propia – Excel 2016

Tabla 17. Datos de las Repeticiones generadas del tratamiento D3 de la prueba N° 1

Repetición	pH	Cloro Residual (mg/L)	Manganeso (mg/L)
1	7.20	0.9	0.6
2	7.20	1.1	0.5
3	7.20	1.0	0.4

Fuente: Elaboración propia – Excel 2016

Tabla 18. Datos de las Repeticiones generadas del tratamiento D4 de la prueba N° 1

Repetición	pH	Cloro Residual (mg/L)	Manganeso (mg/L)
1	7.20	1.7	0.58
2	7.20	1.6	0.52
3	7.20	1.5	0.32

Fuente: Elaboración propia – Excel 2016

Tabla 19. Datos de las Repeticiones generadas del tratamiento D5 de la prueba N° 1

Repetición	pH	Cloro Residual (mg/L)	Manganeso (mg/L)
1	7.20	2.5	0.45
2	7.20	1.8	0.39
3	7.20	1.7	0.37

Fuente: Elaboración propia – Excel 2016

Tabla 20. Datos de las Repeticiones generadas del tratamiento D6 de la prueba N° 1

Repetición	pH	Cloro Residual (mg/L)	Manganeso (mg/L)
1	7.20	3.5	0.30
2	7.20	3.0	0.32
3	7.20	3.5	0.28

Fuente: Elaboración propia – Excel 2016

Tabla 21. Datos de las Repeticiones generadas del tratamiento D1 de la prueba N° 2

Repetición	pH
1	7.70
2	7.65
3	7.60

Fuente: Elaboración propia – Excel 2016

Tabla 22. Datos de las Repeticiones generadas del tratamiento D2 de la prueba N° 2

Repetición	pH
1	7.80
2	7.85
3	7.82

Fuente: Elaboración propia – Excel 2016

Tabla 23. Datos de las Repeticiones generadas del tratamiento D3 de la prueba N° 2

Repetición	pH
1	8.20
2	8.15
3	8.16

Fuente: Elaboración propia – Excel 2016

Tabla 24. Datos de las Repeticiones generadas del tratamiento D4 de la prueba N° 2

Repetición	pH
1	8.40
2	8.37
3	8.43

Fuente: Elaboración propia – Excel 2016

Tabla 25. Datos de las Repeticiones generadas del tratamiento D5 de la prueba N° 2

Repetición	pH
1	8.53
2	8.44
3	8.54

Fuente: Elaboración propia – Excel 2016

Tabla 26. Datos de las Repeticiones generadas del tratamiento D6 de la prueba N° 2

Repetición	pH
1	9.70
2	9.70
3	9.62

Fuente: Elaboración propia – Excel 2016

Tabla 27. Datos de las Repeticiones generadas del tratamiento D1 de la prueba N° 3

Repetición	pH	Cloro Residual (mg/L)	Manganeso (mg/L)
1	7.70	0.30	0.40
2	7.73	0.20	0.37
3	7.68	0.40	0.36

Fuente: Elaboración propia – Excel 2016

Tabla 28. Datos de las Repeticiones generadas del tratamiento D2 de la prueba N° 3

Repetición	pH	Cloro Residual (mg/L)	Manganeso (mg/L)
1	7.90	0.30	0.36
2	7.94	0.40	0.35
3	7.92	0.50	0.35

Fuente: Elaboración propia – Excel 2016

Tabla 29. Datos de las Repeticiones generadas del tratamiento D3 de la prueba N° 3

Repetición	pH	Cloro Residual (mg/L)	Manganeso (mg/L)
1	8.30	0.90	0.35
2	8.18	0.80	0.30
3	8.31	1.00	0.25

Fuente: Elaboración propia – Excel 2016

Tabla 30. Datos de las Repeticiones generadas del tratamiento D4 de la prueba N° 3

Repetición	pH	Cloro Residual (mg/L)	Manganeso (mg/L)
1	8.50	1.20	0.23
2	8.29	1.10	0.20
3	8.40	0.70	0.24

Fuente: Elaboración propia – Excel 2016

Tabla 31. Datos de las Repeticiones generadas del tratamiento D5 de la prueba N° 3

Repetición	pH	Cloro Residual (mg/L)	Manganeso (mg/L)
1	8.50	1.40	0.10
2	8.45	1.35	0.12
3	8.42	1.14	0.09

Fuente: Elaboración propia – Excel 2016

Tabla 32. Datos de las Repeticiones generadas del tratamiento D6 de la prueba N° 3

Repetición	pH	Cloro Residual (mg/L)	Manganeso (mg/L)
1	8.54	1.60	0.10
2	8.46	1.53	0.06
3	8.49	1.46	0.05

Fuente: Elaboración propia – Excel 2016

Anexo 5. Localización del punto de muestreo

El presente proyecto de investigación se localiza en la Residencial Sol de Ica en la ciudad de Ica, se encuentra ubicada entre las coordenadas $14^{\circ}05'24.5$ Latitud Sur y $75^{\circ}44'41.5''$ Latitud Oeste a 310 Km. al sur Lima, a una altura de 406 m.s.n.m. Posee una temperatura máxima promedio anual de 37°C y una mínima anual de 6°C .

Figura 16. Localización del reservorio de la Residencial Sol de Ica



Fuente: Google Maps.

Anexo 6. Proceso del desarrollo del proyecto de investigación

Figura 17. Muestras de agua recogidas



Fuente. Propia

Figura 18. Uso del kit de cloro libre de marca: Hach, modelo: CN-66F para la medición del parámetro cloro residual



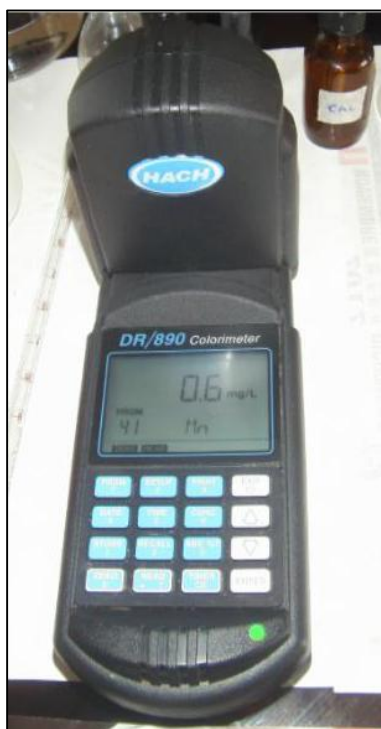
Fuente: Propia

Figura 19. Preparación del hipoclorito de calcio al 0.1%



Fuente: Propia

Figura 20. Uso del colorímetro de marca: Hach, modelo: DR/890 para la medición del parámetro manganeso



Fuente. Propia

Figura 21. Etapa de la coagulación y floculación en el equipo de agitación orbital Shaker

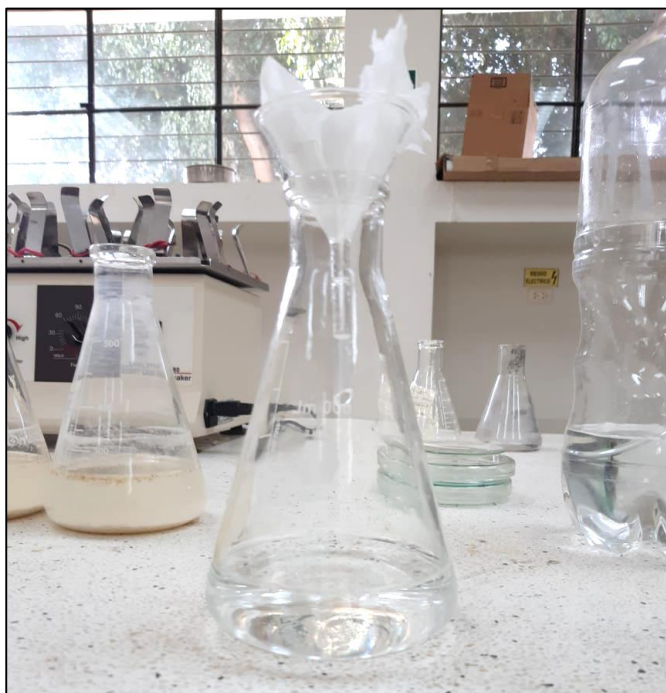


Fuente. Propia

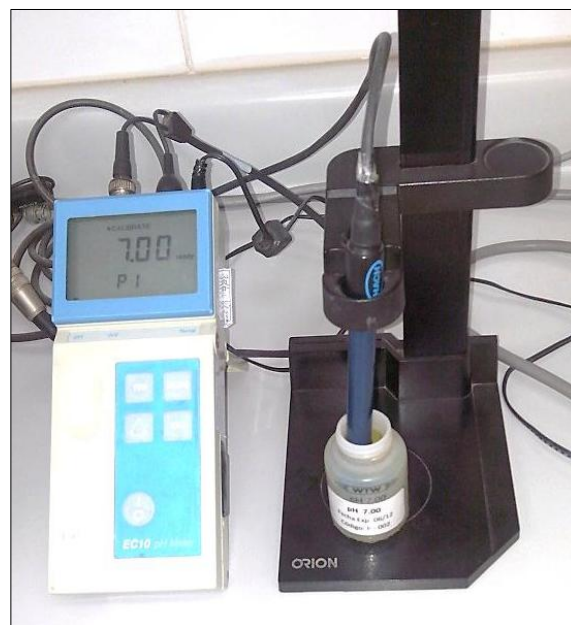
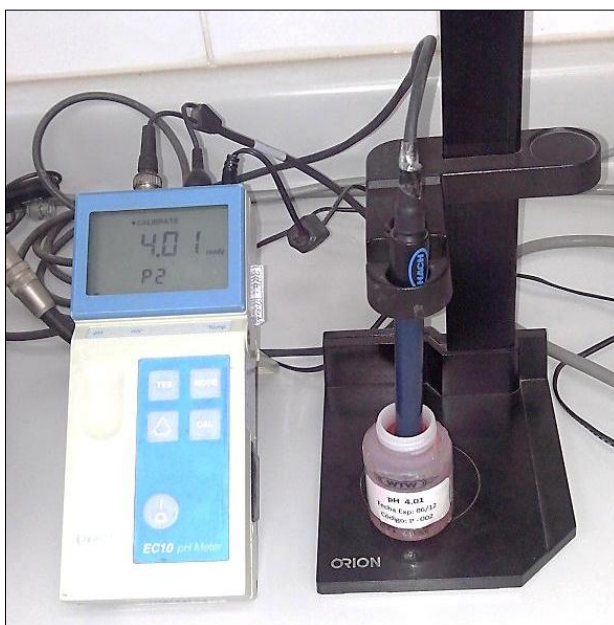
Figura 22. Etapa de la sedimentación



Fuente. Propia

Figura 23. Etapa de la filtración

Fuente. Propia

Figura 24. Uso del pH metro de marca: Hach, modelo: EC-10 para la medición del parámetro pH

Fuente. Propia

Figura 25. Uso del coductímetro de marca: Orión, modelo: 1750 para la medición del parámetro conductividad



Fuente: Propia

Figura 26. Uso del turbidímetro de marca: Hach, modelo: 2100-P para la medición de los parámetros de turbiedad y sulfatos



Fuente: Propia

Figura 27. Uso del kit de prueba de color usando la escala de Hazen de la marca: Merck, modelo: 14421 para la medición del parámetro color



Fuente: Propia

Figura 28. Uso del kit de dureza total de la marca: Hanna, modelo: HI3812 para la medición del parámetro dureza total



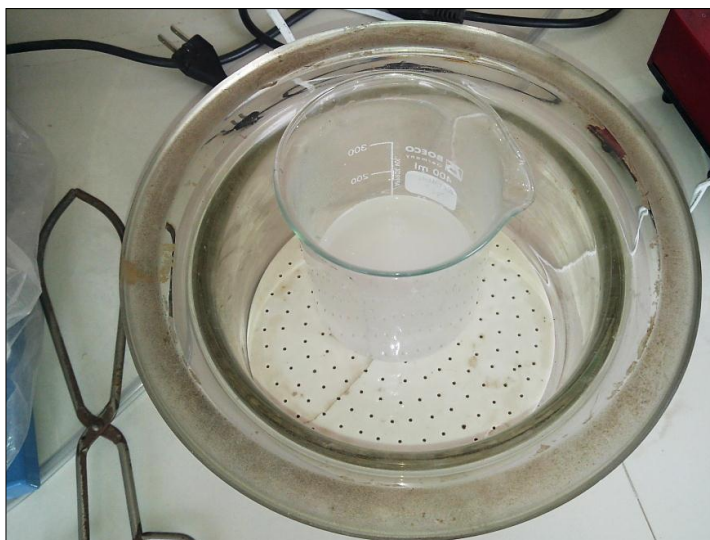
Fuente: Propia

Figura 29. Titulación por el método volumétrico para la determinación del parámetro cloruros



Fuente: Propia

Figura 30. Determinación por el método gravimétrico para el parámetro sulfatos



Fuente: Propia

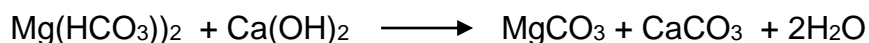
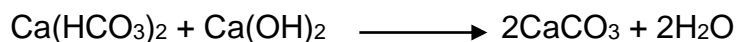
Anexo 7. Uso de la cal hidratada en el tratamiento de agua para consumo humano

La cal hidratada o hidróxido calcio ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) es un producto químico alcalino muy eficiente y más asequible en el tratamiento de aguas para consumo humano.

Al usar cal hidratada podemos reducir el sabor, color y olor del agua eliminando la materia en suspensión y por lo tanto la disminución de la turbiedad. Además, se puede eliminar la carga bacteriana elevando el pH mayor a 8.50 durante 24 a 72 horas. De la misma manera una de las ventajas de usar cal hidratada es el de ajustar el pH del agua para que sea óptimo.

Otra de las ventajas de la cal hidratada es la de ablandar las aguas duras por el exceso de carbonatos y bicarbonatos de los cationes calcio y magnesio, para ello se suministra en forma de suspensión (lechada de cal) o en solución (agua de cal), para que provoque la precipitación como carbonato de calcio e hidróxido de magnesio ya que son insolubles en agua, consiguiendo así la reducción de la dureza del agua asíéndola blanda.

Las ecuaciones que describen las reacciones químicas son las siguientes:

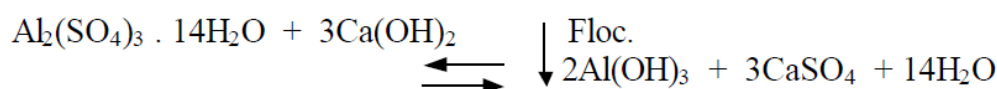
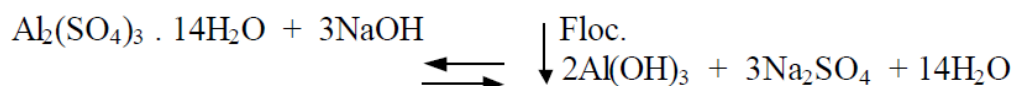
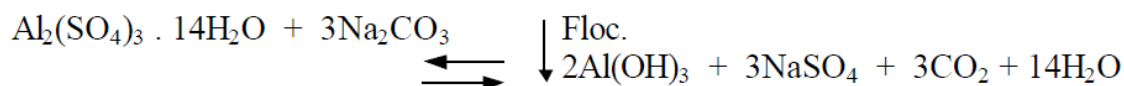
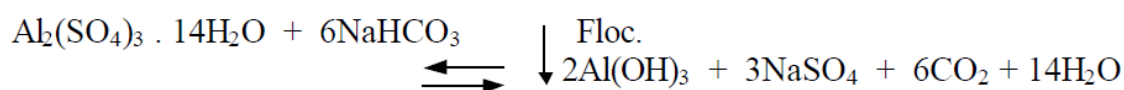
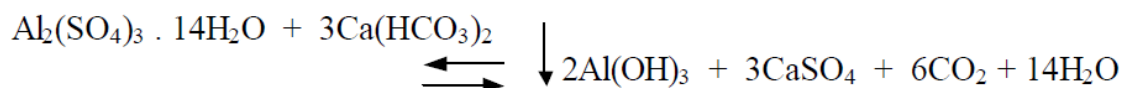


Anexo 8. Uso del sulfato de aluminio en el tratamiento de agua para consumo humano

El sulfato de aluminio también llamado Alumbre, es un coagulante inorgánico de mayor uso en el tratamiento de agua para consumo por su fácil uso y su bajo costo. El rango de uso de este coagulante varía entre 5.5 y 9.0 unidades de pH, por ende, si el agua está por debajo o fuera del rango se debería ajustar el pH para su uso óptimo. Normalmente las dosis de sulfato de aluminio empleadas en la etapa de coagulación en el tratamiento de agua para consumo humano son entre 5 a 50 mg/L (Castrillon, 2012).

Es importante determinar la cantidad exacta a usar del coagulante mediante el ensayo de jarras, ya que así no se adicionará una cantidad mayor a lo necesario. Por lo tanto, el coagulante disminuirá la turbidez y se efectuará la formación máxima de flóculos en la etapa de floculación (Domínguez, 2013).

Las principales reacciones del sulfato de aluminio con algunos contaminantes del agua son:



Anexo 9. Calculo del porcentaje de eficiencia del tratamiento

Formula:

$$E = \frac{C_0 - C_f}{C_0} \times 100\%$$

Dónde: E = Eficiencia del tratamiento

C_0 = Concentración inicial de manganeso

C_f = Concentración final de manganeso

Cálculo de la eficiencia del tratamiento D1

$$E = \frac{0.60 - 0.38}{0.60} \times 100\%$$
$$E = 37\%$$

Cálculo de la eficiencia del tratamiento D2

$$E = \frac{0.60 - 0.35}{0.60} \times 100\%$$
$$E = 42\%$$

Cálculo de la eficiencia del tratamiento D3

$$E = \frac{0.60 - 0.30}{0.60} \times 100\%$$
$$E = 50\%$$

Cálculo de la eficiencia del tratamiento D4

$$E = \frac{0.60 - 0.22}{0.60} \times 100\%$$
$$E = 63\%$$

Cálculo de la eficiencia del tratamiento D5

$$E = \frac{0.60 - 0.10}{0.60} \times 100\%$$

$$E = 83\%$$

Cálculo de la eficiencia del tratamiento D6

$$E = \frac{0.60 - 0.07}{0.60} \times 100\%$$

$$E = 88\%$$

Anexo 10. Matriz de consistencia

TITULO: Tratamiento por oxidación - filtración y la disminución de los niveles de manganeso en el agua para consumo humano de la Residencial Sol de Ica en la ciudad de Ica – 2019.

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES
PROBLEMA PRINCIPAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	
¿En qué medida el tratamiento por oxidación - filtración influye en la disminución de los niveles de manganeso en el agua de consumo humano de la Residencial Sol de Ica en la ciudad de Ica - 2019?	Determinar en qué medida el tratamiento por oxidación - filtración influye en la disminución de manganeso en el agua para consumo humano de la Residencial Sol de Ica en la ciudad de Ica – 2019.	El tratamiento por oxidación - filtración influiría significativamente en la disminución de manganeso en el agua para consumo humano de la Residencial Sol de Ica en la ciudad de Ica – 2019	VARIABLE X VARIABLE INDEPENDIENTE Tratamiento por oxidación - filtración.
PROBLEMAS ESPECIFICOS	OBJETIVOS ESPECIFICOS	HIPÓTESIS ESPECIFICAS	
P.E.1. ¿Qué concentración de manganeso se reportan en los análisis del agua que consume la población de la Residencial Sol de Ica en la ciudad de Ica - 2019?	O.E.1. Determinar la concentración de manganeso que reportan los análisis del agua que consume la población de la Residencial Sol de Ica en la ciudad de Ica - 2019	H.E.1. La concentración de manganeso que se reportaría en los análisis del agua que consume la población de la Residencial Sol de Ica en la ciudad de Ica – 2019, es alta.	VARIABLE Y VARIABLE DEPENDIENTE Disminución de los niveles de Manganeso en el agua para consumo humano
P.E.2. ¿Bajo qué parámetros se lleva a cabo el tratamiento por oxidación - filtración para lograr un óptimo resultado en la disminución de la concentración del manganeso?	O.E.2. Definir los parámetros a los que se llevará a cabo el tratamiento por oxidación - filtración para lograr un óptimo resultado en la disminución de la concentración del manganeso.	H.E.2. El tratamiento por oxidación - filtración se llevaría a cabo bajo parámetros preestablecidos de concentración de reactivos, para lograr un óptimo resultado en la disminución de la concentración del manganeso	
P.E.3. ¿Cuál es el grado de eficiencia del método oxidación - filtración en el tratamiento del agua para disminuir las concentraciones de manganeso?	O.E.3. Calcular el grado de eficiencia del método oxidación-filtración en el tratamiento del agua para disminuir las concentraciones de manganeso.	H.E.3. El grado de eficiencia del método oxidación - filtración en el tratamiento del agua disminuiría las concentraciones de manganeso, es alto.	

Fuente: Elaboración propia

ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DE TESIS



Universidad Nacional "San Luis Gonzaga"

CONSTANCIA DE APROBACIÓN DEL BORRADOR DE TESIS

Por medio de la presente se hace constar que el Sr. TIJERO PRADO CESAR OSWALDO, egresado de la Maestría de INGENIERIA QUIMICA, con Mención en: PROCESOS QUIMICOS Y AMBIENTALES, con DNI N° 70494842, código de matrícula N° 20180666.

Año de ingreso:2018 Año de egreso 2019.

Después de haber revisado su Borrador de tesis Titulada "**TRATAMIENTO POR OXIDACIÓN - FILTRACIÓN Y LA DISMINUCIÓN DE LOS NIVELES DE MANGANESO EN EL AGUA PARA CONSUMO HUMANO EN LA RESIDENCIAL SOL DE ICA EN LA CIUDAD DE ICA - 2019**".

DECLARO que ha sido **APROBADO** el día 05 del mes de junio del 2021 CONSTANCIA que se expide al interesado para la continuación de sus trámites.

Atentamente,

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Antonina Juana Garcia Espinoza", is written over a horizontal line.

REVISOR
ANTONINA JUANA GARCIA ESPINOZA
DNI N° 21454109
CELULAR: 962 923625

REPORTE DE TURNITIN

TRATAMIENTO POR OXIDACIÓN - FILTRACIÓN Y LA DISMINUCIÓN DE LOS NIVELES DE MANGANESO EN EL AGUA PARA CONSUMO HUMANO EN LA RESIDENCIAL SOL DE ICA EN LA CIUDAD DE ICA – 2019

INFORME DE ORIGINALIDAD

5%

ÍNDICE DE SIMILITUD

FUENTES PRIMARIAS

1	www.slideshare.net Internet	144 palabras – 1%
2	www.scribd.com Internet	106 palabras – 1%
3	www.ajol.info Internet	68 palabras – 1%
4	literaturaquimicaelmanganeso.blogspot.com Internet	65 palabras – < 1%
5	revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe Internet	55 palabras – < 1%
6	repositorio.unc.edu.pe Internet	44 palabras – < 1%
7	www.coursehero.com Internet	44 palabras – < 1%
8	aspb.cat Internet	39 palabras – < 1%

9	extranet.minem.gob.pe Internet	36 palabras — < 1%
10	es.wikipedia.org Internet	33 palabras — < 1%
11	biblioteca.udenar.edu.co:8085 Internet	31 palabras — < 1%
12	dspace.unitru.edu.pe Internet	29 palabras — < 1%
13	bibdigital.epn.edu.ec Internet	23 palabras — < 1%

EXCLUIR CITAS

ACTIVADO

EXCLUIR COINCIDENCIAS < 20 PALABRAS

EXCLUIR BIBLIOGRAFIA

ACTIVADO

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE TESIS EN REPOSITORIO INSTITUCIONAL UNSLG



Universidad Nacional
SAN LUIS GONZAGA

REPOSITORIO
INSTITUCIONAL
UNSLG

Yo César Oswaldo Tijero Prado, identificado con DNI N° 70494842 egresado de la Escuela de Posgrado en su programa de maestría en Ingeniería Química con mención en Procesos Químicos y Ambientales de la Universidad Nacional San Luis Gonzaga, autorizo (X), no autorizo () la divulgación y comunicación pública d mi trabajo de investigación titulado: “Tratamiento por oxidación – filtración y la disminución de los niveles de manganeso en el agua para consumo humano en la Residencial Sol de Ica en la ciudad de Ica – 2019” en el Repositorio Institucional de la UNSLG (<https://repositorio.unica.edu.pe/>), según lo estipulado en el Decreto Legislativo 822. Ley sobre Derecho de Autor, Art. 23 y Art. 33.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'C. Tijero Prado', written over a horizontal line.

FIRMA

DNI: 70494842

FECHA: 08 – 10 - 2021