

UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS**FACULTAD DE INGENIERÍAS****ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL****TESIS**

**OPTIMIZACIÓN EN LA DOSIFICACIÓN DE $Al_2(SO_4)_3$ Y $Ca(ClO)_2$ EN LA PTARD
DE LA MINERA TITÁN DEL PERÚ S.R.L. CHALA – CARAVELI – AREQUIPA,
2020-2021.**

PRESENTADO POR:

HARODL RENZO MONZON MARCAVILLACA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AMBIENTAL

PUNO - PERÚ

2022



Repositorio Institucional ALCIRA by [Universidad Privada San Carlos](#) is licensed under a [Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional](#)

UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS

FACULTAD DE INGENIERÍAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

TESIS

OPTIMIZACIÓN EN LA DOSIFICACIÓN DE $Al_2(SO_4)_3$ Y $Ca(ClO)_2$ EN LA PTARD
DE LA MINERA TITÁN DEL PERÚ S.R.L. CHALA – CARAVELI – AREQUIPA,
2020-2021

PRESENTADO POR:

HARODL RENZO MONZON MARCAVILLACA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AMBIENTAL

APROBADA POR EL SIGUIENTE JURADO:

PRESIDENTE



: _____
Dr. ESTEBAN ISIDRO LEON APAZA

PRIMER MIEMBRO




: _____
Mg. JULIO WILFREDO CANO OJEDA

SEGUNDO MIEMBRO



: _____
Mg. KATIA ELIZABETH ANDRADE LINAREZ

ASESOR DE TESIS



: _____
M.Sc. FREDY APARICIO CASTILLO SUAQUITA

Área: Ingeniería, Tecnología.

Disciplina: Otras Ingenierías y Otras Tecnologías.

Especialidad: Aguas Residuales.

Puno, 28 de Noviembre de 2022.

DEDICATORIA

Dedico la presente tesis a mi amada madre Benita Rosa Marcavillaca Flores, quien con su fortaleza para salir adelante frente a las adversidades que se presentaron en la vida me demostró que se debe seguir luchando diariamente para lograr los anhelos que uno tiene en el corazón, gracias madre mía por darme todo el amor y comprensión en esta vida.

A mi amado padre José Pedro Monzon Bellido que desde el cielo me guía, en vida me demostró el ingenio que tuvo para aprender nuevos oficios, me enseñaste la humildad que siempre te caracterizó, gracias padre siéntete orgulloso que tu hijo salió profesional.

A mi querido hermano José Daniel que desde el cielo me cuida, en vida me demostró siempre su confianza, te agradezco por echarme una mano cuando siempre lo necesite, desde aquí en la tierra quiero decirte allá en cielo que lo logramos hermano.

A mi querido hermano Nelson Jasmani, que me enseñó desde pequeño el valor de la responsabilidad en todos los aspectos de la vida, que uno debe siempre tener y no olvidarse de ello donde uno vaya.

A mi querido hermano Luis Alberto, que me enseñó la palabra “resiliencia” siendo una palabra que guarda mucho significado para mí y siempre la llevo presente en todos los días de mi vida.

Harodl Renzo Monzon Marcavillaca

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Privada San Carlos – Puno, por acogerme como mi segundo hogar donde recibí las enseñanzas impartidas por los diferentes docentes en los años de estudios, donde se me permitió alcanzar uno de mis objetivos más anhelados.

A la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental por brindarme los conocimientos impartidos en los diferentes años de estudios cursados.

A mi asesor M.Sc. Fredy Aparicio Castillo Suaquita por su compromiso, paciencia y enseñanza incondicional para lograr la elaboración del presente trabajo de investigación

Agradecer a mis jurados:

- Presidente Dr. Esteban Isidro León Apaza,
- Primer miembro M.Sc. Julio Wilfredo Cano Ojeda
- Segundo miembro M.Sc. Katia Elizabeth Andrade Linarez

Por todos sus aportes para mejorar mi trabajo de investigación.

Agradezco a la Minera Titán del Perú S.R.L. Chala – Caravelí – Arequipa, por brindarme las facilidades para el desarrollo de mi trabajo de investigación en sus instalaciones, y sobre todo en especial al Ing. Emilio Uribe Alegría (Gerente de Operaciones de Minera Titan del Perú S.R.L.).

ÍNDICE DE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	1
AGRADECIMIENTOS	2
ÍNDICE DE GENERAL	3
ÍNDICE DE TABLAS	6
ÍNDICE DE FIGURAS	7
ÍNDICE DE ANEXOS	8
RESUMEN	9
ABSTRACT	10
INTRODUCCIÓN	11

CAPÍTULO I

**PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA
INVESTIGACIÓN**

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	13
1.1.1 PROBLEMA GENERAL.	14
1.1.2 PROBLEMAS ESPECÍFICOS.	14
1.2. ANTECEDENTES.	14
1.2.1. Internacionales.	14
1.2.2. Nacionales.	16
1.2.3. Locales.	18
1.3. OBJETIVOS	19
1.3.1. OBJETIVOS GENERAL	19
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	19

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO, CONCEPTUAL E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. MARCO TEÓRICO	21
El Agua Potable.	21
	3

Aguas Residuales.	21
Tipos de Aguas Residuales.	22
Composición de las aguas residuales.	23
Tratamiento de aguas residuales.	25
Niveles y procesos de tratamiento de aguas residuales.	26
Tratamiento de Aguas mediante lodos activados.	27
Normatividad Peruana.	28
2.2. MARCO CONCEPTUAL	29
2.3. HIPÓTESIS.	31
2.3.1 HIPÓTESIS GENERAL.	31
2.3.2 HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	31
CAPÍTULO III	
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	
3.1. ZONA DE ESTUDIO	32
3.1.1. Ubicación del Área de Estudio.	32
3.1.2. Ubicación Geográfica.	33
3.1.3. Ubicación Política.	33
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA.	34
3.2.1 POBLACIÓN.	34
3.2.2 MUESTRA.	34
3.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS	34
3.3.1. Tipo de Investigación.	34
3.3.2. Diseño de la Investigación.	34
3.3.3. Método.	34
3.3.4. Materiales e Instrumentos.	34
3.3.5. Metodología.	35
3.4. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES	39
3.5. MÉTODO O DISEÑO ESTADÍSTICO.	40

CAPÍTULO IV

EXPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

4.1. RESPECTO AL CUMPLIMIENTO DEL OBJETIVO GENERAL.	42
4.2. RESPECTO AL CUMPLIMIENTO DEL OBJETIVO ESPECÍFICO: Determinar los parámetros a cumplir en la PTARD de la minera TITÁN DEL PERÚ S.R.L para cumplir con los LMP establecidos en el D.S – 003 – 2010 – MINAM	53
4.3. PARA EL CUMPLIMIENTO DEL OBJETIVO ESPECÍFICO: Evaluar la correcta dosificación de Sulfato de Aluminio $Al_2(SO_4)_3$ para lograr una correcta floculación de materia orgánica disuelta en el agua.	56
4.3.1. Análisis de Laboratorio	56
4.3.2. Cálculo de la Dosificación Óptima	60
4.4. PARA EL CUMPLIMIENTO DEL OBJETIVO ESPECÍFICO: Evaluar la correcta dosificación de Hipoclorito de Calcio $Ca(ClO)_2$ que permita la disminución de Coliformes Termotolerantes.	60
4.4.1 Análisis de Laboratorio	61
4.4.2. Cálculo de la Dosificación Óptima de Hipoclorito de Calcio $Ca(ClO)_2$	61
4.5. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	62
CONCLUSIONES	64
RECOMENDACIONES	65
BIBLIOGRAFÍA	66
ANEXOS.	70

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 01. Tipo de aguas residuales.	22
Tabla 02. Niveles y procesos de tratamiento de aguas residuales.	26
Tabla 03. Límites Máximos Permisibles para los efluentes de PTAR.	28
Tabla 04. La identificación de las variables en la investigación.	39
Tabla 05. Monitoreos realizados el 28, 29 de febrero y 01 de marzo de 2020.	45
Tabla 06. Monitoreos realizados el 23, 24 y 25 de junio del 2020.	47
Tabla 07. Monitoreos realizados el 18, 19 de septiembre del 2020.	47
Tabla 08. Monitoreos realizados el 19 y 20 de noviembre del 2020.	48
Tabla 09. Monitoreos realizados el 21,22 y 23 de febrero del 2021.	48
Tabla 10. Monitoreos realizados el 14 y 15 de junio del 2021.	49
Tabla 11. Monitoreos realizados el 20, 21 y 22 de agosto del 2021.	49
Tabla 12. Monitoreos realizados el 08 y 09 de noviembre del 2021.	50
Tabla 13. Resumen de los resultados de los parámetros en el periodo 2020 -2021.	50
Tabla 14. Estadísticos descriptivos de los valores de los parámetros para el periodo 2020 -2021.	51
Tabla 15. Normatividad Vigente aplicada.	54
Tabla 16. Límites Máximos Permisibles para los efluentes de PTAR.	55
Tabla 17. Prueba con una concentración de $Al_2(SO_4)_3$ al 10%.	57
Tabla 18. Prueba con una concentración de $Al_2(SO_4)_3$ al 5%.	58
Tabla 19. Prueba con una concentración de $Al_2(SO_4)_3$ al 1%.	59

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 01. Ubicación de la Mina Titan del Perú SRL.	33
Figura 02. Esquema de la metodología empleada para la evaluación de la Eficiencia de PTAR.	36
Figura 03. Gráfico de Control.	41
Figura 04. Entrada a la Planta de Tratamiento por una tubería HDPE de 4” de aguas residuales a la laguna de homogenización de caudal.	45
Figura 05. Salida del agua residual tratada, el cual se almacena en un tanque de 25 m ³ .	46
Figura 06. Gráfico de control para el parámetro DBO (Demanda Bioquímica de Oxígeno).	52
Figura 07. Gráfico de control para el parámetro DQO (Demanda Química de Oxígeno).	52
Figura 08. Gráfico de control para el parámetro Coliformes Termotolerantes.	53
Figura 09. Gráfico representativo de los valores de la tabla 17.	57
Figura 10. Gráfico representativo de los valores de la tabla 18..	58
Figura 11. Gráfico representativo de los valores de la tabla 19.	59

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO 01. Matriz de Consistencia de la Investigación.	71
ANEXO 02. FlowSheet de la PTARD.	73
ANEXO 03. Diagrama de Flujo de la PTAR.	74
ANEXO 04. Aprobación y Ejecución de Proyecto de Tesis de parte de la Minera TITÁN del PERÚ S.R.L.	75
ANEXO 05. Certificado de calibración de Multiparametro HQ40d	76
ANEXO 06. Panel fotográfico.	77
ANEXO 07. Carnet de identificación personal.	82
ANEXO 08. Decreto Supremo 003-2010-MINAM.	83

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo determinar la correcta dosificación de Sulfato de Aluminio $Al_2(SO_4)_3$ e Hipoclorito de Calcio $Ca(ClO)_2$ para cumplir con los LMP en la PTARD de la minera TITÁN DEL PERÚ S.R.L., pues en la actualidad, un problema que afronta la Minera en su planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas (PTARD), pues tres de sus parámetros deben de cumplir con los LMP, estos son: Coliformes Termotolerantes, Demanda Bioquímica de Oxígeno, Demanda Química de Oxígeno, para lograr ésto las Lagunas Facultativas donde se producen procesos anaeróbicos y aeróbicos deben ser tratados con la Optimización de Sulfato de Aluminio $Al_2(SO_4)_3$ para la correcta floculación de materia orgánica disuelta en el agua, esto ayudará a tener un agua residual con menos carga orgánica disuelta, además con una correcta dosificación de Hipoclorito de Calcio $Ca(ClO)_2$ ayudará a la disminución de Coliformes Termotolerantes. La metodología considerada en la presente investigación es el esquema empleado para la evaluación de la Eficiencia de PTARD del D.S. N° 003-2010-MINAM, llegando a la conclusión que la correcta dosificación de Sulfato de Aluminio es 86.56 ml/minuto al 10% y el Hipoclorito de Calcio $Ca(ClO)_2$ el cual es igual a 34.63 ml/minuto de solución que se debe de suministrar en la PTARD, los valores antes mencionados han permitido que se cumpla con los LMP.

Palabras clave: Plantas de Tratamiento, Aguas Residuales, Dosificación, Sulfato de Aluminio, Hipoclorito de Calcio.

ABSTRACT

The objective of this research work is to determine the correct dosage of Aluminum Sulfate $Al_2 (SO_4)_3$ and Calcium Hypochlorite $Ca(ClO)_2$ to comply with the LMP in the WWTP of the mining company TITÁN DEL PERÚ S.R.L., since currently , a problem faced by the mining company in its Domestic Wastewater Treatment Plant (PTARD), since three of its parameters must comply with the LMP, these are: Thermotolerant Coliforms, Biochemical Oxygen Demand, Chemical Oxygen Demand, to achieve Therefore, the Facultative Lagoons where anaerobic and aerobic processes take place must be treated with the Optimization of Aluminum Sulfate $Al_2 (SO_4)_3$ for the correct flocculation of organic matter dissolved in the water, this will help to have a residual water with less dissolved organic load. In addition, with a correct dosage of Calcium Hypochlorite $Ca(ClO)_2$, it will help to reduce Thermotolerant Coliforms. The methodology considered in the present investigation is the scheme used for the evaluation of the Efficiency of WWTP of D.S. N° 003-2010-MINAM, concluding that the correct dosage of Aluminum Sulfate is 86.56 ml/minute at 10% and Calcium Hypochlorite $Ca(ClO)_2$ which is equal to 34.63 ml/minute of solution that is must supply in the PTARD, the aforementioned values have allowed compliance with the LMP.

Keywords: Treatment Plants, Wastewater, Dosage, Aluminum Sulfate, Calcium Hypochlorite.

INTRODUCCIÓN

El problema que afronta la Minera Titán del Perú S. R. L. en su planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas (PTARD), es la descarga de sus efluentes sin cumplir con los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos en el D.S – 003 – 2010 – MINAM, en cuyo decreto se tiene siete parámetros físico químicos y biológicos que son: Aceites y Grasas, Coliformes Termotolerantes, Demanda Bioquímica de Oxígeno, Demanda Química de Oxígeno, pH, Sólidos Totales en Suspensión y Temperatura, de los mencionados parámetros tres se encuentran sobrepasando los LMP, estos son Coliformes Termotolerantes, Demanda Bioquímica de Oxígeno, Demanda Química de Oxígeno.

Dentro de los antecedentes que se enmarca el presente trabajo, mencionamos investigaciones donde se han realizado tratamiento de agua residual utilizando diferentes técnicas y metodologías, los cuales conducen a cumplir con estándares de calidad a nivel mundial, y en el caso del Perú cumplir con las normas establecidas por el Ministerio del Ambiente reguladas en el D.S – 003 – 2010 – MINAM.

En el Capítulo II, nos enmarcamos en la descripción de términos referidos aguas residuales y su composición, agua potable el tratamiento que ésta debe tener explicando los niveles y los procesos por los cuales deben de pasar para al final cumplir con los estándares o Límites Máximos Permisibles establecidos en la normatividad Peruana vigente.

En el Capítulo III, desarrollamos la metodología de la investigación, describiendo la zona donde se desarrolló la investigación, la forma en la que se realizarón las pruebas y medidas, los materiales e instrumentos utilizados todo ello respetando los criterios establecidos en el Protocolo de Monitoreo de la Calidad de los Efluentes de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales, del Ministerio de Vivienda Saneamiento y Construcción, aprobado mediante R.M N° 273-2013-VIVIENDA.

En el Capítulo IV, se hace la exposición y análisis de los resultados obtenidos en base a las pruebas realizadas, llegando a determinar el cumplimiento de los parámetros

establecidos por los LMP según norma, además de establecer las correctas dosificaciones de Sulfato de Aluminio e Hipoclorito de Calcio, con los cuales se puede alcanzar los parámetros en mención.

Al finalizar se hace un alcance sobre las conclusiones a las que se ha llegado, después de alcanzar los objetivos planteados en la presente investigación.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Uno de los problemas que afronta la Minera Titán del Perú S. R. L. es su planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas (PTARD), es la descarga de sus efluentes sin cumplir con los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos en el D.S – 003 – 2010 – MINAM, en cuyo decreto se tiene siete parámetros físico químicos y biológicos que son: Aceites y Grasas, Coliformes Termotolerantes, Demanda Bioquímica de Oxígeno, Demanda Química de Oxígeno, pH, Sólidos Totales en Suspensión y Temperatura, de los mencionados parámetros tres se encuentran sobrepasando los LMP, estos son Coliformes Termotolerantes, Demanda Bioquímica de Oxígeno, Demanda Química de Oxígeno, el tratamiento con el que trabaja la PTARD de Minera Titán se basa en Lagunas Facultativas donde se producen procesos anaeróbicos y aeróbicos, para ello se requiere la Optimización de Sulfato de Aluminio $Al_2(SO_4)_3$ para la correcta floculación de materia orgánica disuelta en el agua, esto ayudará a tener un agua residual con menos carga orgánica disuelta para el siguiente proceso, con una correcta dosificación de Hipoclorito de Calcio $Ca(ClO)_2$ lo cual ayudará a la disminución de Coliformes Termotolerantes.

Para lograr que los 3 parámetros mencionados se encuentren dentro los LMP se realizó pruebas de jarras pero con el método de probetas para la dosificación de Sulfato de

Aluminio $Al_2(SO_4)_3$ en diferentes porcentajes buscando el más adecuado para el proceso y así mismo se pretende buscar la correcta dosificación de Hipoclorito de Calcio $Ca(ClO)_2$, paralelamente se realizó el mantenimiento general, compra de equipos dosificadores y se agregó un componente nuevo cámara de filtro lento de piedras de canto rodado y carbón activado de ésta manera se logrará obtener resultados positivos para la PTARD de Minera Titan del Peru S.R.L. que todos los parámetros se encuentren dentro de los LMP.

1.1.1 PROBLEMA GENERAL.

- ¿Cuál es la correcta dosificación de Sulfato de Aluminio $Al_2(SO_4)_3$ e Hipoclorito de Calcio $Ca(ClO)_2$ que permita cumplir con los LMP en la PTARD de la minera TITÁN DEL PERÚ S.R.L.?

1.1.2 PROBLEMAS ESPECÍFICOS.

- ¿Cuáles son los parámetros a cumplir en la PTARD de la minera TITÁN DEL PERÚ S.R.L para cumplir con los LMP establecidos en el D.S – 003 – 2010 – MINAM?
- ¿Cuál es la correcta dosificación de Sulfato de Aluminio $Al_2(SO_4)_3$ para lograr una correcta floculación de materia orgánica disuelta en el agua?
- ¿Cuál es la correcta dosificación de Hipoclorito de Calcio $Ca(ClO)_2$ que permita la disminución de Coliformes Termotolerantes?

1.2. ANTECEDENTES.

1.2.1. Internacionales.

Rivas et. al. (2017) en la investigación del efluente producido por la Empresa de Níquel Comandante Ernesto Che Guevara en Cuba, el cual constituye 183,03 mg/L de níquel total, del cual el 81,3 % se encuentra en estado de níquel disuelto; así pues pretendieron recuperar la mayor cantidad de níquel posible de este efluente mediante un proceso de coagulación - floculación; el método utilizado ejecutó varias pruebas que consistían en adicionar cal hidratada a diferentes dosis como coadyuvante de la coagulación, para ello

lograron evaluar seis coagulantes provenientes de diferentes compañías y un floculante el cual era común a todas las pruebas; la conclusión a la que llegaron empleando sulfato de aluminio en dosis de 300 mg/L y cal hidratada a 150 mg/L , obteniendo una recuperación del 91,70 % de níquel total y 88,67 % del níquel disuelto.

Escobar y Escobar (2019), realiza una investigación en Colombia, en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del tipo no Doméstica denominado con el acrónimo PTAR-nD, perteneciente a la Central de Abastos de la ciudad de Villavicencio, que tiene la característica que sus efluentes son vertidos a los “Caño Aguas Claras”, así pues llegó a evaluar la eficiencia de la remoción del agua, para lo cual se consideró parámetros establecidos de acuerdo a norma (Resolución 0631 de 2015) de ese país para el tratamiento y vertimiento de aguas residuales de tal forma que se cumplan con los parámetros establecidos y los valores máximos permisibles planteados. Del análisis de los parámetros establecidos se determinó el 100% de los valores relacionados a los Sólidos Suspendidos Totales, Aceites y Grasas no han cumplido con los valores límites máximos permisibles de acuerdo a la norma, en el caso del DBO y DQO, los resultados fueron que el 30% y 40% respectivamente si están de acuerdo a los parámetros en base a la norma, también se llegaron a calcular los porcentajes de remoción que se realizan en cada unidad, manifestando que el filtro percolador es el más elevado, siendo un 50% del total de los resultados obtenidos los que han mostrado inferiores porcentajes de remoción, explicando que se debe a las características propias del diseño que tiene la planta.

Garzón (2021), en su investigación denominada “Estudio Sobre la Combinación de Mezclas Naturales y Químicas para el Proceso de Coagulación/Floculación en la Remoción de la Turbidez del Agua desde una Perspectiva Química en el Tratamiento del Agua” se analiza el proceso de coagulación-floculación para la eliminación de la turbiedad del agua, lo destacable de ésta investigación dentro de muchas pruebas que realizaron los resultados obtenidos por medio de otros procesos se destacan las siguientes

combinaciones: la combinación del almidón con Sulfato de Aluminio ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$), obteniendo una remoción de turbidez del 87.4%, Sulfato de Aluminio ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) + pectina 89.2%, Sulfato de Aluminio ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$), Almidón de plátano con ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) obteniendo 97.4%.

1.2.2. Nacionales.

Aspajo (2018), en su investigación realizó la verificación y determinación de la eficiencia PTAR relacionado a los límites máximos permisibles de las aguas residuales de las ciudades de Elias Soplín Vargas de la provincia de Rioja y Soritor de la provincia de Moyobamba en el departamento de San Martín, los límites máximos permisibles utilizados fueron los determinados por el estado peruano en su Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM, se llegaron a las conclusiones que en la planta de tratamiento de aguas residuales Elias Soplín Vargas, tiene una eficiencia superior en comparación con los límites máximos permisibles descritos en el DS. N° 003-2010-MINAM esto respecto a la PTAR de la PTAR del distrito de Soritor.

Briones (2019), explica como objetivo en su investigación ha sido definir la eficacia de eliminación de coliformes totales, fecales y Escherichia coli de la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Celendín. La muestra se hizo cada veintidós días, con cuatro reproducciones para cada parámetro, informando que en cien mililitros (NMP/100mL) de entrada se descubrió: coliformes totales: 35x106; 35x106; 92x106; 35x106; coliformes fecales: 92x105; 92x105; 54x106; 40x105 y E. coli: 92x105; 92x105; 54x106; 40x105. Para salida: coliformes totales: 35x106; 54x105; 35x104; 11x105; coliformes fecales: 35x106; 35x104; 17x104; 21x104 y E. coli: 11x106; 35x104; 13x104; 21x104. Los rendimientos sobrepasan notablemente los límites máximos permisibles (LMP) y los estándares de calidad ambiental (ECA) de la normativa nacional. La eficacia alcanzada para coliformes totales llegó a un valor de 78.76 %; para coliformes fecales 53,23%; y para E. coli 84.70%, con esto se comprueba que la mencionada PTAR es deficiente

Ancalle y Ledesma (2020) en su investigación realizada en el distrito de Yauli – Huancavelica, de acuerdo al protocolo de monitoreo de la calidad para efluentes de PTAR (R.M. 273-2013-VIVIENDA), muestra resultados donde la concentración promedio de la demanda bioquímica de oxígeno en el efluente de la PTAR es de 670.57 mg/L dicho parámetro no cumple con los límites máximos permisibles de acuerdo a D.S. N°003-2010 –MINAM, puesto que el % de remoción de la planta de tratamiento de aguas residuales del Distrito de Yauli es de 3.98% y con respecto a los cuatro parámetros (demanda química de oxígeno, aceites y grasas, coliformes termotolerantes y sólidos solubles totales), si cumplen con los límites máximos permisibles de acuerdo al D.S. N°003-2010 –MINAM, el % de remoción de demanda química de oxígeno es negativo porque la concentración en el afluente es menor a lo requerido en D.S. N°003-2010 –MINAM, el % de remoción de aceites y grasas es de 40.61%, el % de remoción de coliformes termotolerantes es de 44.48% y el % de remoción de sólidos solubles totales es de 73.15%. Los autores llegan a la conclusión que la PTAR del distrito de Yauli es óptima.

Cueva y García (2021) en su tesis se plantean determinar la eficiencia de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas respecto de los indicadores de agua doméstica, todo ello realizado en una empresa que pertenece al rubro minero en la ciudad de Cajamarca en el año 2020; los autores han utilizado los LMP establecidos en el D.S. N°003 – 2010- MINAM. Se obtuvieron como resultados los siguientes datos: Aceites y Grasas en cantidad de 99.213%, Sólidos Suspendidos Totales (SST) en 89.34%, DBO y DQO en cantidades de 99.487%, y 94.035% respectivamente, llegando a la conclusión de que la remoción de los contaminantes es adecuada porque cumplen límites de remoción establecidos. Se podría decir que la eficiencia de la PTAR es óptima aclarando que la dilución de los contaminantes es la adecuada, por lo que se establece que el agua tratada puede ser utilizada para el riego y también como bebida de los animales.

Chávez y Salazar (2019) plantean en su investigación analizar la eficiencia del sulfato de aluminio y policloruro de aluminio, como floculantes que serán utilizados en tratamientos

alternativos para el tratamiento de las aguas que contengan metales pesados del siguiente tipo: cobre, hierro, manganeso y plomo, los cuales se hallaron en concentraciones bajas sin embargo estaban sobre los Límites Permisibles Máximos. Los hallazgos obtenidos nos muestran que los floculantes sulfato y policloruro de aluminio son eficientes en las cantidades de 79.73% y 87.95% respectivamente todo ello realizado con el tratamiento respectivo del agua de la mina, esto debido a los resultados de los análisis obtenidos de muestras de agua donde se ha logrado disminuir la turbidez en cantidad de 10 NTU, de la misma manera el pH se mantiene dentro del parámetro sugerido en los LMP, la proporciones fueron las siguientes: proporción óptima de 25.75 (mg/L) de sulfato de aluminio y 0.49 (mg/L) de policloruro de aluminio con el objetivo de remover metales se utilizó 70 (mg/L) de policloruro de aluminio permitiendo reducir la concentración de metales de acuerdo a los LMP.

1.2.3. Locales.

Chambi (2018) en su investigación sobre el proceso de aguas residuales de lavanderías por el método de coagulación-floculación y adsorción, determina que la concentración de detergentes es de 2.84 mg/Litro, el objetivo de la investigación era remover éste detergente utilizando como alternativa una mezcla de Sulfato de Aluminio, encontrando los resultados siguientes: la remoción con Sulfato de Aluminio fue del 94.92% y tal como lo menciona el autor es la solución que tuvo más rendimiento en comparación con otras combinaciones como la utilización de carbón activado, cabe mencionar que en una primera etapa llegaron a utilizar floculantes como el $Al_n(OH)_mCl_{(3n-m)}$ y $Al_2(SO_4)_3$.

Galindo (2018) realizó su investigación en la Planta de tratamiento de agua de Yurajhuanca, planta que provee de agua a Cerro de Pasco, sucintamente a la urbe de los distritos de Pasco y Yanacancha, allí se desarrollaron ensayos para tratar el agua, para lo cual se utilizó sulfato de aluminio Granulado TIPO B como coagulante, para lograr definir las dosis necesarias en la remoción de la turbidez y color en las distintas muestras de agua que se recogieron durante periodo definido respectivamente, cada muestra

analizada les ha devuelto varios resultados significativos en cuanto a turbidez y color, el procedimiento utilizado para determinar las dosis más precisas ha sido el test de jarra, y para la determinación se han basado en el Decreto Supremo N° 031 – 2010 -SA (Reglamento de Calidad de Agua para Consumo Humano), llegando a la conclusión de que a raíz de la dosificación de sulfato de aluminio del tipo B (granulado) llegando a mostrar valores por encima de los parámetros LMP (Límites Máximos Permisibles) mencionados en la norma anterior.

También se quiere abarcar en la presente investigación como es que en un proceso de precipitación alcalina se puede ver la efectividad del sulfato de aluminio y también las proporciones y rendimiento alcanzado, así Escarcena (2018) en su investigación “Remoción del arsénico de las aguas municipales y pozos domésticos en la ciudad de Juliaca por precipitación alcalina” prueba como coagulante el $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ y como floculante la cal hidratada $\text{Ca}(\text{OH})_2$, demostrando que es preferible el operador sedimentable para el restablecimiento del ácido tetraoxoarsénico (H_3AsO_4) fue la cal hidratada $\text{Ca}(\text{OH})_2$, y no el $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, indica además que la conglomeración media de As en el agua municipal es de 0,0115 mg/L con un 78,3 % de restitución y de las aguas de pozo es de 0,0134 mg/L con un 77,29 % de restitución.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVOS GENERAL

- Determinar la correcta dosificación de Sulfato de Aluminio $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ e Hipoclorito de Calcio $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ para cumplir con los LMP en la PTARD de la minera TITÁN DEL PERÚ S.R.L.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar los parámetros en la PTARD de la minera TITÁN DEL PERÚ S.R.L para cumplir con los LMP establecidos en el D.S – 003 – 2010 – MINAM.

- Evaluar la correcta dosificación de Sulfato de Aluminio $Al_2(SO_4)_3$ para lograr una correcta floculación de materia orgánica disuelta en el agua.
- Evaluar la correcta dosificación de Hipoclorito de Calcio $Ca(ClO)_2$ que permita la disminución de Coliformes Termotolerantes.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO, CONCEPTUAL E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. MARCO TEÓRICO

El Agua Potable.

Está entendida por agua bebible, toda agua natural o elaborada por un método de depuración que cumpla con las Normativa de calidad ordenadas para tal finalidad (Pro-Sistemas Aqua S.A.S., 2021). Estas Normativas se apoyan en conocimientos toxicológicos y epidemiológicos, así como en consideraciones estéticas. El agua bebible se obtiene a partir del agua impurificada que procede de aguas visibles (lagos, arroyos, lagunas, ríos, mares, océanos y glaciares), subsuelo (pozos hondos) y meteorológico (precipitación). Debido por la extensa variedad de impurezas, a las distintas escalas de contaminantes, así como a la cinética química de los componentes, principios, sustancia viviente y microbios que se adhieren en el masa del agua, es imprescindible saber sus particularidades físicas, químicas y microbiológicas antes de seleccionarla como fuente de agua cruda, quedando el agua imprescindible para la existencia, es obligatorio que los usuarios habiliten un suministro de agua conveniente, por lo que el proveedor debe ejecutar con el superior empeño para suministrar agua de la mejor calidad de acuerdo con las normas establecidas (Martín-Domínguez et al., 2008). Cada país es el encargado de establecer dichas normas y de vigilar su cumplimiento.

Aguas Residuales.

Rolim (2000, p. 69), manifiesta que las aguas residuales permiten precisarse como los líquidos que se originan del sistema de abastecimiento de agua de una población después, de haber sido modificada por diferentes utilidades para actividades domésticas, industriales comunitarias, siendo recogidas por la red de alcantarillado que las conducirá hacia un destino apropiado.

Para Sáenz (1985, pp. 6-9), los fluidos sobrantes familiares se originan principalmente en las habitaciones, instalaciones sanitarias, lavado de utensilios domésticos, grifos de baño, lavado de ropa y otros usos domiciliarios. El volumen generado está en función del nivel de educación y de las costumbres de los habitantes de las ciudades. Los fluidos sobrantes familiares son el producto de viviendas que poseen un sistema de abastecimiento de aguas interconectadas a una red de alcantarillado en la que se vierten todas las aguas servidas de la vivienda como baño, cocina, etc.

Tipos de Aguas Residuales.

Las aguas residuales son aguas de desechos provenientes de sistemas de alcantarillado, que contienen aguas de inodoros, cocinas, duchas y lavanderías (OEFA, 2014, p. 5). Las aguas residuales pueden clasificarse por el lugar de donde provienen.

Tabla 01: Tipo de aguas residuales.

TIPO	Descripción
Aguas grises	Están considerados los líquidos que vienen producto de actividades familiares como, tintorería, bañeras, gastronomía, donde no incluyen desperdicio residual
Aguas negras	Están considerados los líquidos que son producto de los sanitarios, retretes y otros parecidos, donde

incluye desperdicio residual. De esta manera, estos líquidos son sumamente perjudiciales para el bienestar del ser vivo.

Aguas industriales

Están considerados los líquidos resultantes de plantas, industrias extractivas y otros parecidos, que incluye sustancias dañinas de principio sintético. Asimismo acceden a esta distribución los líquidos procedentes de camales, planta de lácteos e industrias agrarias como plantas de cacao y plantas arroceras, que incluyen niveles elevados de volumen de masa biológica, mayor a las aguas grises y aguas negras.

Aguas de policlínicos o lugares de atención médica

Están considerados los líquidos que incluyen bacterias que originan patologías y son gravemente dañinas. Las aguas de centros de salud no deben ingresar en los sistemas de alcantarillado sanitario y deben ser dispuestas en forma independiente, por su alto poder de contaminación

Composición de las aguas residuales.

Las aguas residuales consisten de agua y sólidos disueltos y suspendidos, la cantidad de sólidos es muy pequeña, por lo general siempre menos de un gramo en un litro de agua; pero esta pequeña fracción es la causa de problemas en todo sitio de descarga y encargará ser eliminado por un proceso y agrupamiento correcto. Los cuerpos de los líquidos secundarios se ordenan en dos conjuntos genéricos teniendo en cuenta su configuración o situación tangible. Según su configuración se dividen en biológicos y no

biológicos; según su condición física - resultante de su tamaño - se dividen en sólidos suspendidos y sólidos disueltos (GEDAR, 2011).

- **Sólidos Totales:** Se define a los masa global del componente que se recibe a manera de remanente luego de aplicar el líquido a un procedimiento de evaporación entre 103 y 105 °C, igual a la suma de sólidos orgánicos e inorgánicos o de los sólidos suspendidos y sólidos disueltos.
- **Sólidos suspendidos:** Son cuerpos que se encuentran en suspensión y que son visibles al ojo humano en el líquido. Mediante análisis se establece como una fracción de materia retenida en un filtraje de aberturas alrededor de un micrómetro. Se conocen en mg/l.
- **Sólidos sedimentables:** Se presentan como la fracción de los sólidos suspendidos cuyo volumen y pesaje es adecuado donde pueda asentarse en una extensión y un lapso determinado.
- **Sólidos coloidales:** Se presentan como la fracción de los sólidos suspendidos cuyo volumen y pesaje es bien reducido, donde se mantienen en el líquido sin asentarse por amplios periodos de tiempo. Donde se determinan mediante la resta entre las masas suspendidas y las masas asentadas. Aún no se cuenta con examen inmediato de experimentación donde contribuya concretamente que describa el cuerpo disuelto.
- **Sólidos disueltos:** Es la porción de sólidos que atraviesan por un filtro utilizado para determinar los sólidos suspendidos. Se definen analiza mediante evaporaciones entre el agua colado y que sea pasado por una balanza el remanente o por resta entre los sólidos totales y los sólidos suspendidos.
- **Sólidos inorgánicos:** Se les suele denominar a los elementos mineralógicos que pueden ser: polvo, arcilla y compuestos mineralógicos diluidos. Vienen a ser elementos inactivos donde no comprenden estar agarrados a la degeneración orgánica. En su mayoría no suelen ser combustibles. Se analizan e identifican como

el remanente estable que persiste luego de la incineración a 600 Centígrados de los sólidos absolutos.

- Volumen de masa viviente: Tal como se indicó precedentemente el líquido remanente comprende variados elementos de procedencia animal o vegetal.
- Contenido de Sales: Se le conoce que al líquido nativo tiene un contenido de compuestos mineralógicos por resultante el líquido sobrante se pueden encontrar también en las sales inorgánicas procedentes abiertamente de suministro de aprovisionamiento del agua nativo.
- Grasa y Aceite: La grasa y aceite son materia orgánica que en pequeñas cantidades, son componentes usuales del agua residual. Se trata generalmente de aceites vegetales y de origen animal.
- Oxígeno Disuelto: El oxígeno es un gas, componente normal del aire y que se encuentra disuelto como componente obligatorio de cualquier agua natural pura. La solubilidad del oxígeno depende especialmente de la temperatura y de la presión atmosférica.
- Diferentes Fluidos Disueltos: Los líquidos excrementicios incluyen minúsculas y cambiantes medidas de fluidos disueltos. Los fluidos que son repetidamente hallados son el dinitrógeno (N_2), dióxido de carbono (CO_2), sulfuro de hidrógeno (H_2S), hidruro de nitrógeno (NH_3) y hidruro de metilo (CH_4). El primero y el segundo se hallan en todas las aguas presentes al aire. El tercero, cuarto y quinto vienen de la putrefacción de la masa natural por la actuación de microorganismos.

Tratamiento de aguas residuales.

Metcalf y Eddy (1996), indica que diversos autores argumentan que el propósito esencial del procedimiento de AR, es cuidar la salubridad, fomentar la comodidad de las personas y proteger el ambiente. Para otros autores, el objetivo es modificar las características del agua de tal forma que el efluente tratado cumpla con los requisitos especificados en la

legislación, para ser vertido en un cuerpo receptor sin causar impactos adversos en el ecosistema o pueda ser reutilizado en otras actividades.

Desde el año 1900 hasta la década de los 70, los objetivos de tratamiento fueron inicialmente la reducción del material coloidal, suspendido, y material flotante. Hasta los 80 los objetivos estaban más relacionados con criterios estéticos y ambientales. Los criterios posteriores se hicieron más exigentes y empezó a considerarse la necesidad de eliminación de nutrientes.

Posteriormente en los años 90 como consecuencia del avance tecnológico, el estudio de aguas excrementicias se enfocó en solucionar los problemas de salud pública causados por sustancias tóxicas y microorganismos patógenos presentes en el agua residual y a desarrollar prácticas que permitan solucionar el problema en la fuente. Ahora bien, el enfoque tradicional del tratamiento de las AR. Difiere totalmente del tratamiento destinado al reúso, para el primer caso los objetivos se centran en la reducción de los compuestos orgánicos biodegradables, del material flotante y del suspendido, el tratamiento con finalidades de reúso consiste en aprovechar los nutrientes y parte de la materia orgánica, concentrándose básicamente en la reducción de patógenos.

Niveles y procesos de tratamiento de aguas residuales.

El enfoque global en una Planta de Tratamiento de Agua Residual, suceden trabajos, procesos físicos químicos y biológicos (AQUALEP, s. f.). Se puede considerar que las reacciones bioquímicas por lo que se conducen a cabo en estos procesos son las mismas que se realizan en la naturaleza (ríos, lagos, suelos, etc.), solo en forma controlada dentro de tanques o reactores y a velocidades mayores, los niveles y procesos de tratamiento son:

Tabla 02: Niveles y procesos de tratamiento de aguas residuales.

Nivel	Descripción	Tratamiento
-------	-------------	-------------

PRELIMINAR	Remueve material causante de problemas operacionales como trapos, ramas, materiales plásticos.	Rejas, tamices, desarenador, tanques de homogeneización, trampas de grasa, medidor y repartidor de caudal
PRIMARIO	Remueve sólidos orgánicos e inorgánicos sedimentables para disminuir la carga orgánica.	Sedimentador, unidades con inyección de aire tanque séptico Imhoff y tanques de flotación
SECUNDARIO	Procesos biológicos con una efectividad de depuración de DBO soluble mayor a 80%.	Lodos activados filtros percoladores humedales lagunas de estabilización. Reactores
TERCIARIO	Remueve sólidos suspendidos a través de microfiltración además en este nivel se remueven.	Microfiltración, la coagulación y precipitación la absorción por carbón activado, cloración, destilación, oxidación química extracción por solvente remoción por espuma nitrificación - de nitrificación

Fuente: (RNE- Norma OS – 090 PTAR).

Tratamiento de Aguas mediante lodos activados.

El tratamiento de aguas residuales mediante lodos activados se considera como un método de tratamiento biológico aerobio en suspensión, su nombre proviene de la producción de una masa activada de microorganismos contenidos en un reactor capaces de metabolizar y consumir la materia orgánica presente en el agua residual en un medio aerobio.

Al poseer las aguas residuales tanto domésticas como industriales una gran variedad de microorganismos capaces de remover materia orgánica, patógenos y nutrientes (Nitrógeno y Fósforo), el empleo del tratamiento por lodos activados ofrece una buena alternativa para su depuración (Castillo Reinoso et al., 2020).

Normatividad Peruana.

Dentro de la normatividad vigente, debemos citar el Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM donde se aprueban los LMP, para los efluentes de Plantas de Tratamiento de aguas residuales Domésticos o Municipales, en este decreto en la parte de anexos se puede distinguir los parámetros:

Tabla 03: Límites Máximos Permisibles para los efluentes de PTAR.

PARÁMETRO	UNIDAD	LMP DE EFLUENTES PARA VERTIDOS A CUERPOS DE AGUAS
Aceites y grasas	mg/L	20
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	10,000
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	100
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	200
pH	unidad	6.5 - 8.5

Sólidos Totales en Suspensión	mL/L	150
Temperatura	°C	<35

Fuente: Elaborado a partir del Anexo del DS N° 003-2010-MINAM.

2.2. MARCO CONCEPTUAL

PTAR. Las PTAR son infraestructuras en las que se eliminan los elementos contaminantes de las aguas de los desagües mediante procesos físicos, químicos y biológicos. El objetivo es que el agua tratada de esta manera alcance una calidad óptima para su descarga en ríos y quebradas. De esta forma, estas plantas ayudan a cuidar la salud de las personas que viven en zonas aledañas a las cuencas y a preservar el medio ambiente.

Tratamiento de Aguas Residuales. Los sistemas de tratamiento de aguas residuales son un conjunto integrado de operaciones y procesos físicos, químicos y biológicos, que se utilizan con la finalidad de depurar las aguas residuales hasta un nivel tal que permita alcanzar la calidad requerida para su disposición final, o su aprovechamiento mediante el reuso.

Niveles de Tratamiento de Aguas Residuales. La complejidad del sistema de tratamiento está en función de los objetivos que se establezca para el efluente resultante de dicho tratamiento. Teniendo en cuenta el gran número de operaciones y procesos disponibles para la depuración de las aguas residuales es común hablar de niveles de tratamiento, los cuales para fines prácticos han sido clasificados como: preliminar o pretratamiento, tratamiento primario, tratamiento secundario y tratamiento terciario o avanzado.

Sulfato de Aluminio. El sulfato de aluminio es una sal de fórmula $Al_2(SO_4)_3$, es sólido y blanco (en el caso del sulfato de aluminio tipo A, con un contenido de hierro inferior 0.5%) y marrón para el caso del sulfato de aluminio tipo B (contenido de hierro inferior al 1,5%).

Es ampliamente usada en la industria, comúnmente como coagulante en la purificación de agua potable y en la industria del papel.

Propiedad Floculante del Sulfato de Aluminio. Cuando el pH del agua es débilmente ácido, neutro o débilmente alcalino, el aluminio precipita arrastrando las partículas en suspensión, dejando el agua transparente. Esta propiedad es comúnmente usada en piscinas y para tratamiento de aguas industriales para evitar formación de gérmenes y algas.

Hipoclorito de Calcio. El hipoclorito de calcio también llamado "cal clorada" es un compuesto químico cuya fórmula es $\text{Ca}(\text{ClO})_2$. Es ampliamente utilizado en tratamiento de aguas por su alta eficacia contra bacterias, algas, moho, hongos y microorganismos peligrosos para la salud humana. Además es un agente blanqueador. Su apariencia es granulosa, de color beige claro. En solución acuosa desprende un olor similar al del hipoclorito sódico. El peso molecular del hipoclorito de calcio es de 142.98 g/mol.

LMP. El Límite Máximo Permissible – LMP, es la medida de la concentración o grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a un efluente o una emisión, que al ser excedida causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente. En nuestro país su determinación corresponde al Ministerio del Ambiente. Su cumplimiento es exigible legalmente por el Ministerio del Ambiente y los organismos que conforman el Sistema Nacional de Gestión Ambiental. Los criterios de determinación de supervisión y sanción son establecidos por dicho Ministerio.

El LMP guarda coherencia entre el nivel de protección ambiental establecido para una fuente determinada y los niveles generales que se establecen en los ECA. La implementación de estos instrumentos debe asegurar que no se exceda la capacidad de carga de los ecosistemas, de acuerdo con las normas sobre la materia.

2.3. HIPÓTESIS.

2.3.1 HIPÓTESIS GENERAL.

- La correcta dosificación de Sulfato de Aluminio $Al_2(SO_4)_3$ e Hipoclorito de Calcio $Ca(ClO)_2$ permite cumplir con los LMP en la PTARD de la minera TITÁN DEL PERÚ S.R.L.

2.3.2 HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

- Los parámetros determinados en la PTARD de la minera TITÁN DEL PERÚ S.R.L. permiten cumplir con los LMP establecidos en el D.S – 003 – 2010 – MINAM.
- La correcta dosificación de Sulfato de Aluminio $Al_2(SO_4)_3$ logra una correcta floculación de materia orgánica disuelta en el agua.
- La correcta dosificación de Hipoclorito de Calcio $Ca(ClO)_2$ permite la disminución de Coliformes Termotolerantes.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. ZONA DE ESTUDIO

3.1.1. Ubicación del Área de Estudio.

La zona de prospección se halla ubicada geográficamente en el distrito de Chala de la provincia de Caravelí del departamento de Arequipa, donde se encuentra ubicada la Minera Titan del PERÚ SRL. Ésta planta denominada Planta de Beneficio Belén de la compañía MINERA TITAN PERU S.R.L está ubicada en el kilómetro 618 de la Panamericana Sur, la zona de repercusión inminente que comprende a la concesión de beneficio “Belén” y sus áreas complementarias de uso minero metalúrgico inmediato suman en total una superficie de 22 hectáreas de terreno ubicado en la parte baja de la colina Chorrillos y parte de la terraza ubicada en la margen derecha de la quebrada de Chala.

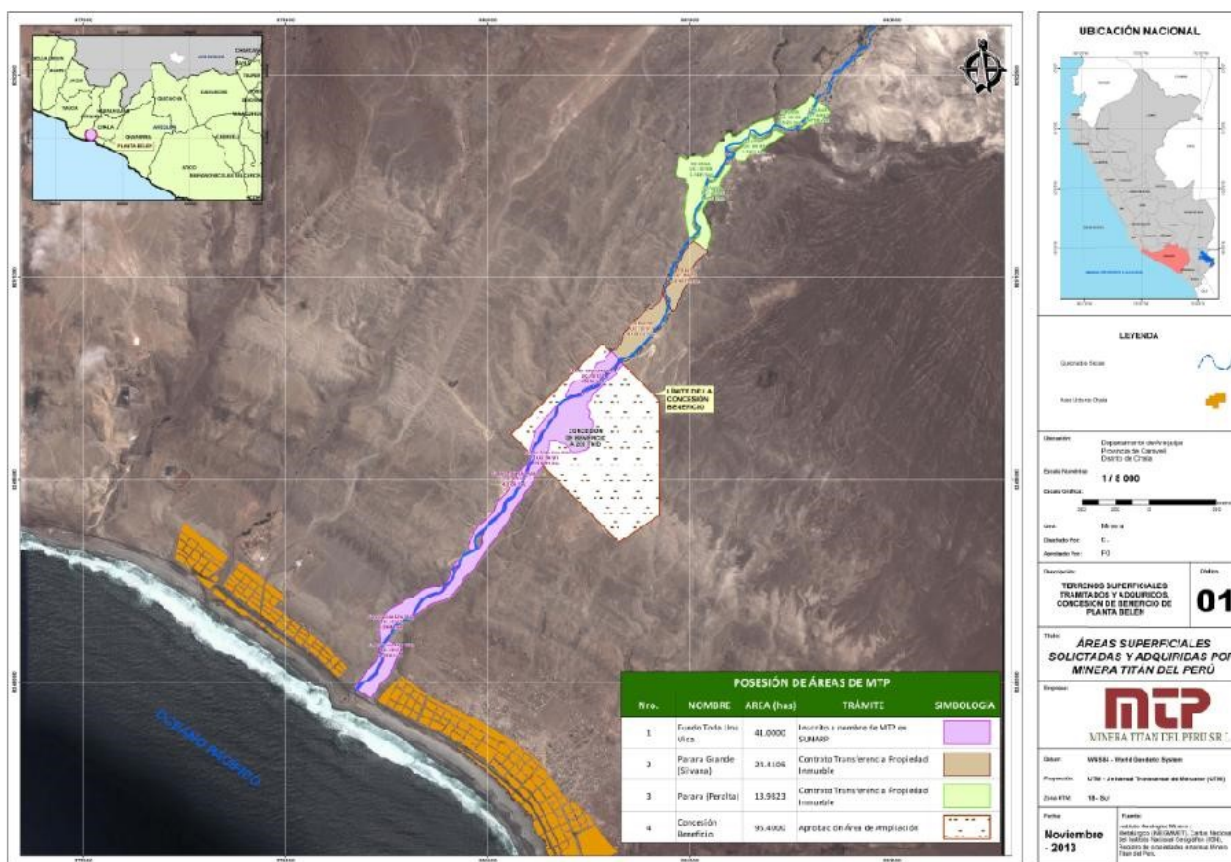


Figura 01: Ubicación de la Mina Titan del Perú SRL.

Fuente: Adaptado de las imágenes de las Memorias Descriptiva de la Minera TITAN (Minera TITAN, 2017).

3.1.2. Ubicación Geográfica.

Latitud : 15°50'52"S
 Longitud : 74°14'59"O
 Altura : 12 msnm.

3.1.3. Ubicación Política.

Región : Arequipa.
 Departamento : Arequipa.
 Provincia : Caravelí.
 Distrito : Chala.

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA.

3.2.1 POBLACIÓN.

La población está conformada por las aguas residuales clasificadas como aguas grises (duchas, lavamanos, lavandería y cocina de San Judas Tadeo) y aguas negras (inodoros y urinarios) estos dos se juntan pasando por cámaras sépticas (3 cámaras sépticas) descargando directamente a la planta de tratamiento de agua residual de la minera TITÁN DEL PERÚ S.R.L.

3.2.2 MUESTRA.

La muestra tomada, fue de 4 litros de agua residual doméstica en el afluente y efluente en 02 puntos (entrada y salida de la PTAR), el nivel de contaminación presente en el agua servida fueron analizados en un laboratorio especializado.

3.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS

3.3.1. Tipo de Investigación.

Descriptivo.

3.3.2. Diseño de la Investigación.

No Experimental - Analítico.

3.3.3. Método.

Deductivo , cuantitativo.

3.3.4. Materiales e Instrumentos.

Materiales de Laboratorio:

- Sulfato de aluminio tipo A.
- Hipoclorito de calcio AQUA POOL.
- Agua destilada.
- Papel toalla.
- Preservantes químicos a emplearse en el campo para la preservación de las muestras para la determinación de DQO, aceites y grasas, etc.

Instrumentos de Laboratorio:

- Probeta graduada de 1 L de plástico.
- Balanza electrónica.
- Pipeta.
- Bulbo para pipeta.
- Agitador con pedestal.
- Multiparametro HQ40d hach, con sondas de pH, TDS, Conductividad eléctrica y Oxígeno Disuelto.
- Pizeta.
- Guantes.
- Luna de reloj de laboratorio
- Guantes de latex descartables
- Barbijo descartable
- Cadena de custodia.
- Frascos para la toma de muestras.
- Cooler para envío de muestras.

Instrumentos de Escritorio.

- Marcador indeleble para rotular los frascos.
- Lapiceros.
- Papel bond blanco.

3.3.5. Metodología.**Para el cumplimiento del Objetivo General:**

En éste punto se ha considerado lo recomendado por el MINAM, de acuerdo a la siguiente metodología.

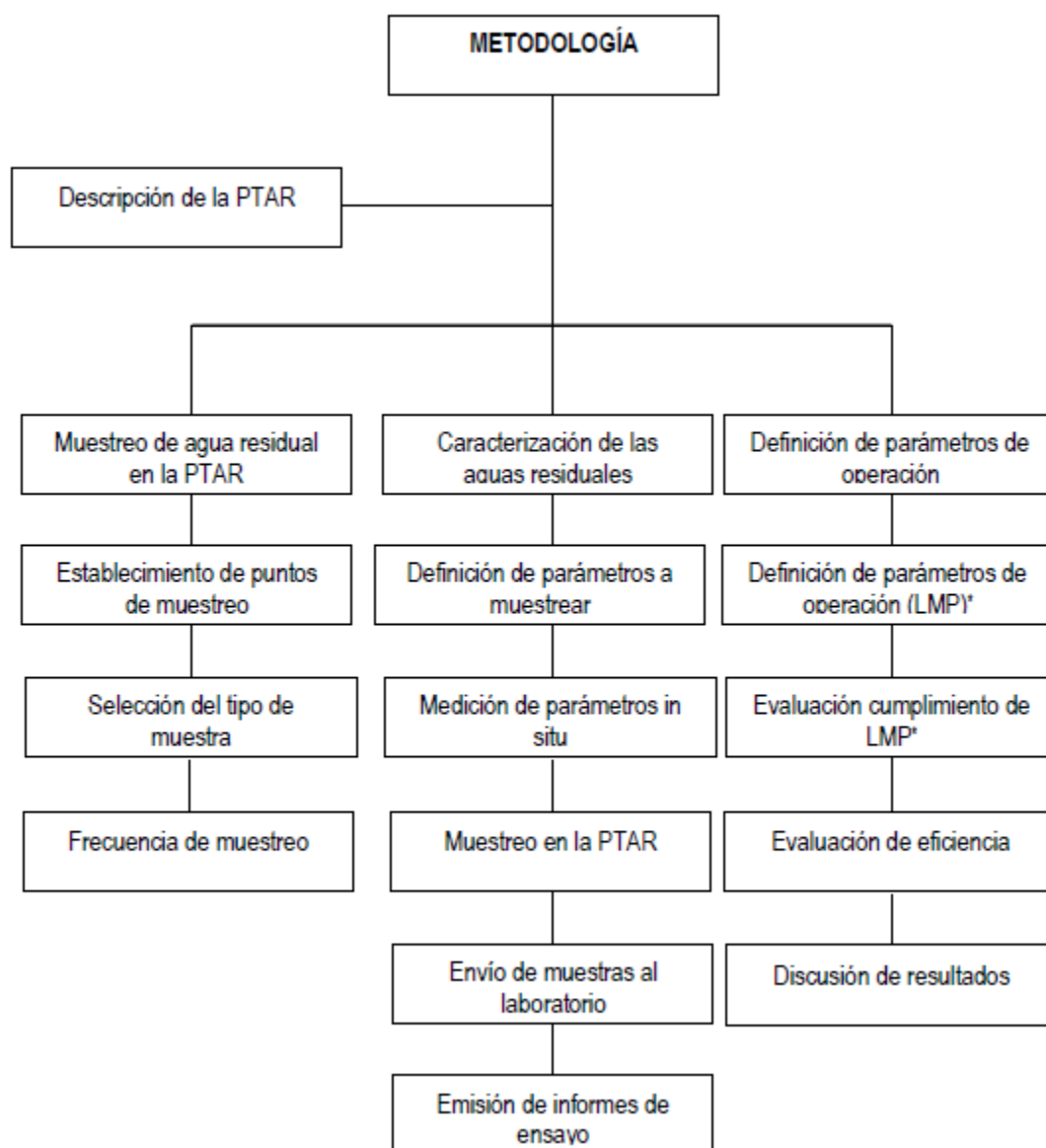


Figura 02: Esquema de la metodología empleada para la evaluación de la Eficiencia de PTAR.

Fuente: D.S. N° 003-2010-MINAM.

En base al esquema de la figura anterior, se plantea las siguientes fases:

Fase de la Planificación.

Ésta fase nos ha permitido recabar documentalmente aspectos técnicos relacionados a la evaluación de la Planta de Tratamiento, los criterios de evaluación, los parámetros físicos, químicos y biológicos del agua residual a evaluar, establecimiento de los puntos a monitorear, la frecuencia de muestreo.

Fase de coordinación.

En esta fase se realizaron las coordinaciones con el directorio de la minera TITÁN DEL PERÚ S.R.L, ello con la finalidad de informar respecto a los objetivos y alcances del estudio, así como para la obtención del respectivo permiso de ingreso a la infraestructura de la PTAR.

Fase de Campo.

Esta fase nos permitió la toma de muestras compuestas de aguas residuales, en dos (2) puntos de la PTAR, a los cuales se les denominó PTAR 01 y PTAR02, tomando en cuenta los criterios establecidos en el Protocolo de Monitoreo de la Calidad de los Efluentes de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales, del Ministerio de Vivienda Saneamiento y Construcción, aprobado mediante R.M N° 273-2013-VIVIENDA.

Fase de evaluación.

Se realizó la verificación del cumplimiento de los Límites Máximos Permisibles (LMP) de los parámetros regulados en efluente de la planta de tratamiento, éste procedimiento se ha logrado comparando el promedio de valores de concentración de cada uno de los indicadores evaluados con el valor del LMP.

- **Para el cumplimiento del Objetivo Específico: Determinar los parámetros a cumplir en la PTARD de la minera TITÁN DEL PERÚ S.R.L para cumplir con los LMP establecidos en el D.S – 003 – 2010 – MINAM**

Para la determinación de los parámetros que se deben de cumplir en la PTARD, se ha revisado la normatividad vigente peruana, llegando a la conclusión que el Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM donde se aprueban los Límites Máximos Permisibles, para los efluentes de Plantas de Tratamiento de aguas residuales Domésticos o Municipales, es la norma actual que ha de tomarse como referencia en la presente investigación, dichos valores a cumplir se encuentran descritos en la Tabla N° 03 del presente documento.

- **Para el cumplimiento del Objetivo Específico: Evaluar la correcta dosificación de Sulfato de Aluminio $Al_2 (SO_4)_3$ para lograr una correcta floculación de materia orgánica disuelta en el agua.**

Para el cumplimiento de éste objetivo se ha cumplido con las siguientes fases:

Análisis Documental:

Se recolectó la información de trabajos de investigación con relación a tratamientos de agua con sulfato de aluminio para tener una perspectiva referencial acerca de la eficiencia de ambos productos.

Análisis de Laboratorio.

Se realizaron un total de 30 pruebas con diferentes concentraciones que serán al 1%, 5% y 10% (se hicieron 10 pruebas para cada concentración con distintos milimetraje de solución) esto se realizó en probetas graduadas de 1 Litro, en un laboratorio que se ha acondicionado en las mismas instalaciones de la PTARD de Minera Titán del Perú , todo ésto realizado con 2 probetas milimetradas de 1 litro cada uno en los cuales se probaron diferentes dosificaciones de $Al_2 (SO_4)_3$ para ver el volumen de sedimentación de la materia orgánica, hasta encontrar la dosis óptima teniendo como indicador el pH, el cual a su vez debe estar dentro de los LPM, el instrumento considerado para la realización de ésta fase fué el equipo multiparametro HQ40d.

- **Para el cumplimiento del Objetivo Específico: Evaluar la correcta dosificación de Hipoclorito de Calcio $Ca(ClO)_2$ que permita la disminución de Coliformes Termotolerantes.**

Análisis Documental:

Se recolectó información de trabajos de investigación con relación a tratamientos de agua con Hipoclorito de Calcio para tener una perspectiva referencial acerca de la eficiencia de ambos productos.

Análisis de Laboratorio:

En el laboratorio se procedió a realizar el tratamiento con hipoclorito de calcio (Morales & Solsona, 2006), debido a ello el agua residual ha sido sometida a cloración, utilizando hipoclorito de calcio: $\text{Ca}(\text{ClO})_2$, para éste propósito primero se realizó la preparación de la solución madre (cloro granulado que es de 65%), esta solución madre fué preparada en concentración de 1 % con 15 gramos de cloro granulado disuelto en 1 litro de agua fresca, posteriormente se procedió a tomar 1 litro de agua residual en una probeta graduada de 1 Litro y con la ayuda de una pipeta con su bulbo se le se le pondrá 8 gotas de la solución madre de cloro granulado al 1% a la probeta con el agua residual y se ha dejado actuar por un periodo de 30 minutos para su proceso de desinfección.

3.4. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES

Tabla 04: Operacionalización de las variables en la investigación.

Variable	Definición	Indicador o Definición Operativa	Escala de Medición	Categoría y Valores
V. Independiente Optimización en la dosificación de $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ en la PTARD de la Minera Titan SRL	Consiste en una serie de procesos físicos y químicos y biológicos que tiene por finalidad eliminar los contaminantes.	Concentración de DBO5, DQO en el efluente.	Ppm o mg/L	Numérico

V.	Técnica que	LMP	Rangos	Numérico
Dependiente	determina el	(003-2010-MIN	Numéricos	
Cumplimiento	ingreso y salida	AM)		
con los LMP en	de			
la PTARD de la	los			
minera TITAN	contaminantes			
DEL PERÚ	en partículas			
SRL	que			
	se dan en			
	partes			
	por millón			
	(ppm).			

3.5. MÉTODO O DISEÑO ESTADÍSTICO.

De acuerdo a los resultados obtenidos en el cálculo de la concentración de DBO5 y DQO en el efluente durante el periodo del 2020 al 2021, se realizaron los cálculos de los promedios aritméticos correspondientes.

Para el caso del cumplimiento de los Límites Máximos permisibles se ha complementado utilizando gráficos de control los cuales nos permitirán establecer y visualizar si se mantuvieron los rangos de variabilidad de las concentraciones de DBO5 y DQO durante el periodo mencionado, ello de acuerdo a la imagen siguiente:

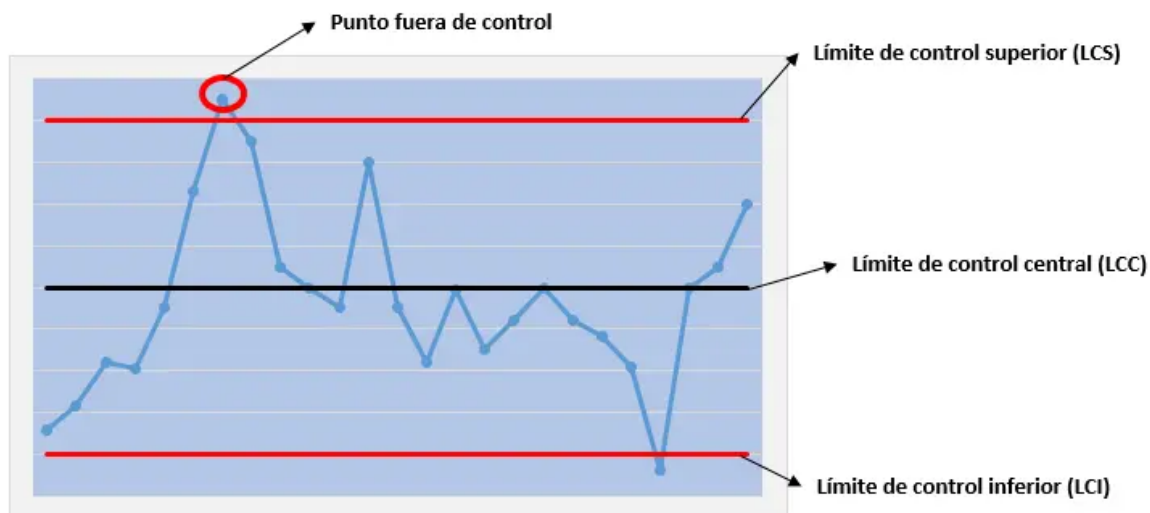


Figura 03: Gráfico de Control.

Fuente: Adaptado de las imágenes de Gráficos o Diagramas de Control (Hernández, s. f.).

En la figura 03 se puede observar los límites superiores (LCS) y límites inferiores (LCI), dicho formato ha sido utilizado para mostrar la información sobre los resultados obtenidos de los parámetros analizados, y ver si cumplen con el LMP que para nuestro caso corresponderá al LCS. El tipo de gráfico a utilizar será el de tipo gráfico de control por atributo (Hernández, s. f.) ya que éstos tienen la ventaja la ventaja de sintetizar de forma rápida toda la información referida a diferentes aspectos de una medición ya que permiten clasificar éste como aceptable o inaceptable; además, no suelen necesitar de sistemas de medición muy complejos y son más fácilmente entendibles por los no especialistas.

CAPÍTULO IV

EXPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

4.1. RESPECTO AL CUMPLIMIENTO DEL OBJETIVO GENERAL.

Se tomó como pauta lo recomendado por el MINAM, de acuerdo a la metodología explicada en el punto 3.3.5 de la presente investigación, por lo que pasamos a describir los resultados de cada una de las fases.

En la Fase de la Planificación.

Como resultado en ésta fase se recabaron los siguientes documentos:

- Memoria Descriptiva del año 2015 de la Minera TITAN del Perú SRL Arequipa, elaborado por Ing. Yuri Arturo Díaz Trigos, Consultor en Ingeniería de Aguas.
- Memoria Descriptiva del año 2017 de la Minera TITAN del Perú SRL Arequipa, elaborado por la misma Minera.
- Manual de Operaciones y Mantenimiento de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la Minera Titan del Perú S.R.L., elaborado por Harodl Monzón Marcavillaca en el año 2020.
- Informe Técnico 2019-SSOMA de fecha enero del 2019 donde se explica el proceso de optimización de la PTARD, presentado por el practicante Harodl Renzo Monzón Marcavillaca al Gerente de SSOMA de la Minera Titan del Perú S.R.L.

- Informe Técnico 013-2019-SSOMA de fecha marzo de 2019 donde se explica las pruebas de dosificación de $Al_2(SO_4)_3$, presentado por el practicante Haroldl Renzo Monzón Marcavillaca al Superintendente de la Minera Titan del Perú S.R.L.
- FlowSheet de la Planta de Tratamiento de Agua Residual - Planta Unidad Belen 2019, documento que contiene el flujo de procesos realizados en la planta de tratamiento (Ver Anexo 01).
- Ficha Técnica de la PTARD del Distrito de Chala, provincia de Caravelí del Departamento de Arequipa, de código FT-003-2019, con fecha de julio del 2019.
- Diagrama de flujo de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales - PTAR (Ver Anexo 02), elaborado en agosto del 2019.

Los documentos anteriores sirvieron de base para la elaboración de la presente investigación.

Fase de coordinación.

En esta fase se realizaron las coordinaciones con el directorio de la minera TITÁN DEL PERÚ S.R.L, ello con la finalidad de informar respecto a los objetivos y alcances del estudio, así como para la obtención del respectivo permiso de ingreso a la infraestructura de la PTAR, a continuación detallo los nombres y cargos de las personas que permitieron y apoyaron en el desarrollo de la presente investigación.

- Gerente de Operaciones de Minera Titan del Peru S.R.L. el Ing. Emilio Uribe Alegría quien dirige la organización y de quien se ha recibido la aprobación y autorización para la realización de la presente investigación (Ver Anexo 03).
- Superintendente de Minera Titan del Peru S.R.L. : Ing. Hugo Huamani Mamani.
- Administración de Minera Titan del Peru S.R.L : Sr. Adrian Bulnes Sopprani.
- Gerente de SSOMA de Minera Titan del Peru S.R.L. : Ing. Luis Morales Marcavillaca, persona con quien se ha realizado las coordinaciones principales para los análisis, pruebas y reportes de campo.
- Ingeniero de Seguridad de Minera Titan del Peru S.R.L. : Ing. Sonia Garcia Jara.

- Jefe de Investigación Metalúrgica Operativa de Minera Titan del Perú S.R.L. : Ing. Jesús Reyes Palacios, con quien se ha coordinado la provisión de los materiales necesarios para los trabajos de campo correspondientes.

Fase de Campo.

En base a los criterios establecidos en el Protocolo de Monitoreo de la Calidad de los Efluentes de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales, del Ministerio de Vivienda Saneamiento y Construcción, aprobado mediante R.M N° 273-2013-VIVIENDA, y de acuerdo a la metodología utilizada en la PTAR se han determinado dos puntos de muestreo, los cuales describimos a continuación:

Punto de Muestreo N° 01.

- Denominación: Estación de Monitoreo.
- Codificación: PTAR-1
- Coordenadas UTM: Este 580243, Norte 8249550
- Altitud (msnm): 42
- Descripción: Entrada de Planta de Tratamiento de Agua Residual.



Figura 04. Entrada a la Planta de Tratamiento por una tubería HDPE de 4" de aguas residuales a la laguna de homogenización de caudal.

Punto de Muestreo N° 02.

- Denominación: Estación de Monitoreo.
- Codificación: PTAR-2
- Coordenadas UTM: Este 580219, Norte 8249481
- Altitud (msnm): 42
- Descripción: Salida de Planta de Tratamiento de Agua Residual.



Figura 05. Salida del agua residual tratada, el cual se almacena en un tanque de 25m³. Durante el periodo del 2020 al 2021 se realizaron la medición de los siguientes parámetros los cuales se muestran en las siguiente tabla:

Tabla 05: Monitoreos realizados el 28, 29 de febrero y 01 de marzo de 2020.

Parámetros	Unidad	Puntos de Muestreo	
		PTAR01	PTAR02
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)	mg O ₂ /L	307.3	98.2
Demanda química de oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	614.2	210.4
Numeración de Coliformes Fecales o Termotolerantes	NMP/100 mL	5'400,000	920

Tabla 06: Monitoreos realizados el 23, 24 y 25 de junio del 2020.

Parámetros	Unidad	Puntos de Muestreo	
		PTAR01	PTAR02
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)	mg O ₂ /L	165.2	96.5
Demanda química de oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	380.6	180.3
Numeración de Coliformes Fecales o Termotolerantes	NMP/100 mL	540,000	< 1,8

Tabla 07: Monitoreos realizados el 18, 19 de septiembre del 2020.

Parámetros	Unidad	Puntos de Muestreo	
		PTAR01	PTAR02
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)	mg O ₂ /L	243.5	17.4
Demanda química de oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	500.1	37.04
Numeración de Coliformes Fecales o Termotolerantes	NMP/100 mL	1'100,000	1,700

Tabla 08: Monitoreos realizados el 19 y 20 de noviembre del 2020.

Parámetros	Unidad	Puntos de Muestreo	
		PTAR01	PTAR02
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)	mg O ₂ /L	244.8	81.5
Demanda química de oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	484.6	167.8
Numeración de Coliformes Fecales o Termotolerantes	NMP/100 mL	700,000	4.5

Tabla 09: Monitoreos realizados el 21,22 y 23 de febrero del 2021.

Parámetros	Unidad	Puntos de Muestreo	
		PTAR01	PTAR02
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)	mg O ₂ /L	130.0	145.7
Demanda química de oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	351.4	248.3
Numeración de Coliformes Fecales o Termotolerantes	NMP/100 mL	920,000	< 1.8

Tabla 10: Monitoreos realizados el 14 y 15 de junio del 2021.

Parámetros	Unidad	Puntos de Muestreo	
		PTAR01	PTAR02
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)	mg O ₂ /L	244.8	79.3
Demanda química de oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	575.5	160.2
Numeración de Coliformes Fecales o Termotolerantes	NMP/100 mL	170,000	46

Tabla 11: Monitoreos realizados el 20, 21 y 22 de agosto del 2021.

Parámetros	Unidad	Puntos de Muestreo	
		PTAR01	PTAR02
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)	mg O ₂ /L	254.4	73.0
Demanda química de oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	458.8	113.5
Numeración de Coliformes Fecales o Termotolerantes	NMP/100 mL	1'700,000	< 1,8

Tabla 12: Monitoreos realizados el 08 y 09 de noviembre del 2021.

Parámetros	Unidad	Puntos de Muestreo	
		PTAR01	PTAR02
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)	mg O ₂ /L	173.9	97.3
Demanda química de oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	392.5	196.8
Numeración de Coliformes Fecales o Termotolerantes	NMP/100 mL	790000	490

Fase de evaluación.

En ésta fase realizamos la verificación del cumplimiento de los Límites Máximos Permisibles (LMP) de los parámetros regulados en efluente de la planta de tratamiento, para ello determinaremos los valores de los parámetros, resumiendo los resultados en la tabla siguiente:

Tabla 13: Resumen de los resultados de los parámetros en el periodo 2020 -2021.

Parámetros	Unidad	Valores en el 2020				Valores en el 2021			
		Marzo	Junio	Sept.	Nov.	Feb	Junio	Ago	Nov
DBO	mg O ₂ /L	98.2	96.5	96.5	81.5	145.7	79.3	73.0	97.3
DQO	mg O ₂ /L	210.4	180.3	180.3	167.8	248.3	160.2	113.5	196.8

Numeración de Coliformes Fecales o Termotolerantes	NMP/100 mL	920	< 1.8	1,700	4.5	< 1.8	46	< 1,8	490
--	------------	-----	-------	-------	-----	-------	----	-------	-----

Con los resultados anteriores realizamos la tabla estadística descriptiva, el cual nos muestra los siguientes resultados:

Tabla 14: Estadísticos descriptivos de los valores de los parámetros para el periodo 2020-2021.

Parámetros	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. Desviación
DBO	8	17,40	145,70	86,1125	35,63880
DQO	8	37,40	248,30	164,3375	64,59407
COL	8	1,80	1700,00	395,7375	624,01701
N válido (por lista)	8				

Fuente: Generado en el software IBM SPSS Statistics versión 26.

Para poder visualizar mejor los resultados, ahora utilizaremos los gráficos de control para determinar si cada uno de los parámetros cumplieron con los LMP del D.S. No 003-2010-MINAM.

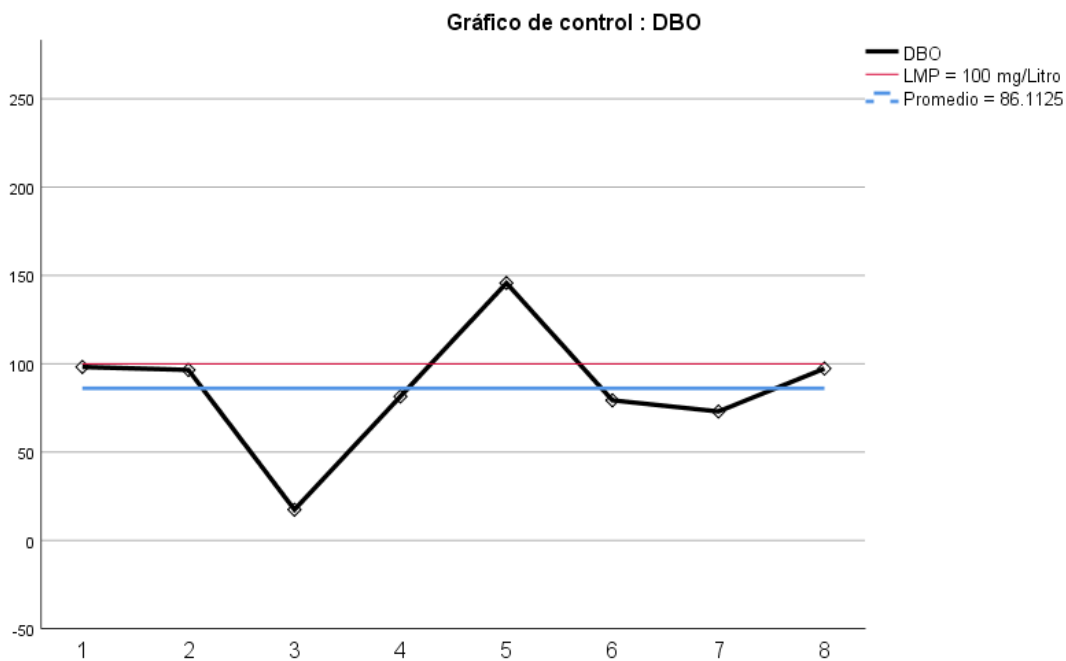


Figura 06: Gráfico de control para el parámetro DBO (Demanda Bioquímica de Oxígeno) Puede observarse en la figura 06 que al final de noviembre del 2021, se ha conseguido un valor igual a 97.3 mg/Litro que está por debajo del LMP que es 100, también es necesario aclarar que a inicios del año 2021 se ha superado del LMP ésto debido a que se estaban ensayando los valores óptimos y eran necesarios éste tipo de pruebas.

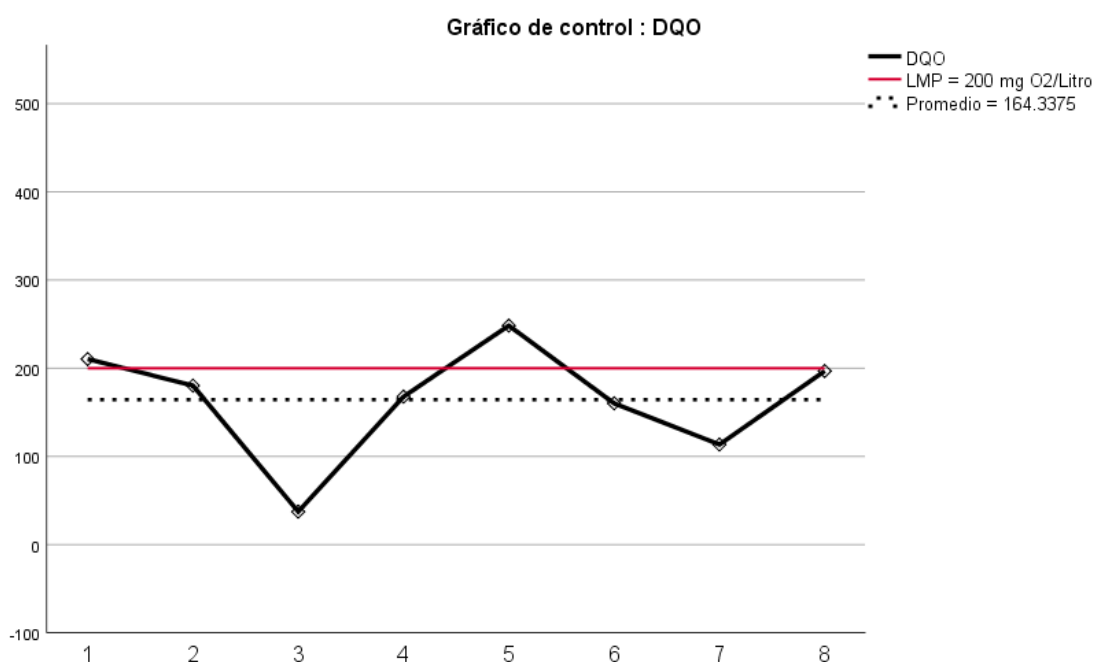


Figura 07: Gráfico de control para el parámetro DQO (Demanda Química de Oxígeno).

De la misma manera, como puede apreciarse en el gráfico anterior durante todo el periodo 2 veces (al inicio y al medio del periodo) hemos sobrepasado los LMP, sin embargo al final se ha encontrado un nivel óptimo igual a 196.8 mg O₂/L llegando a cumplir con el LMP que es 200 mg O₂/L.

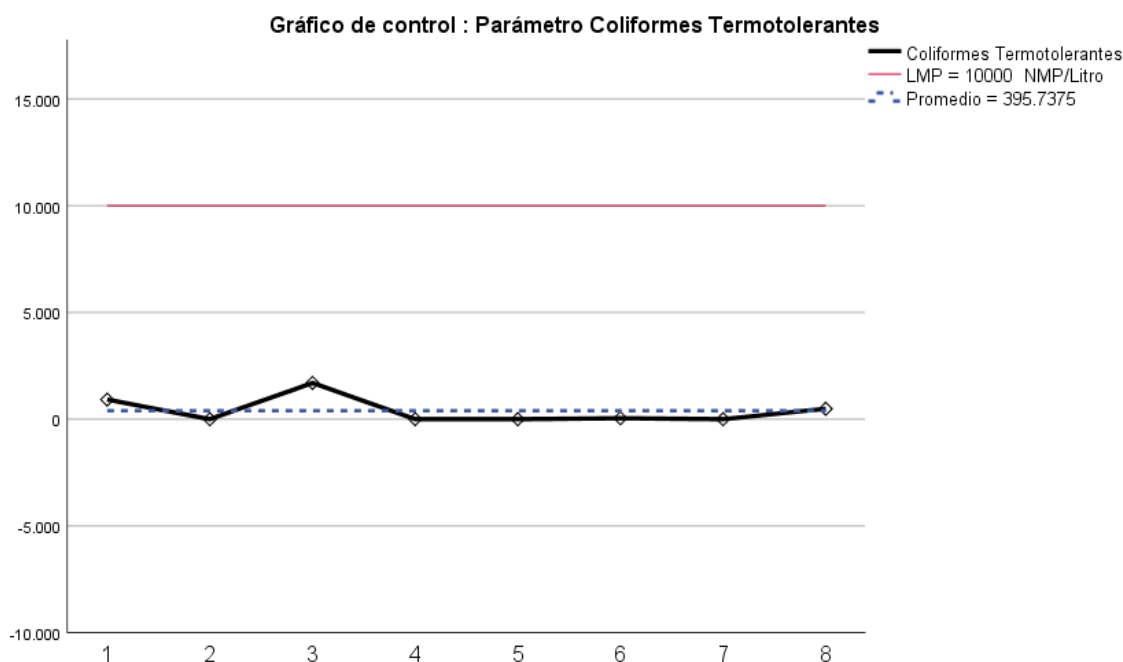


Figura 08: Gráfico de control para el parámetro Coliformes Termotolerantes.

Fácilmente puede apreciarse en el gráfico anterior que durante todo el periodo 2020 - 2021 se han mantenido los resultados del parámetro Coliformes Termotolerantes en promedio iguales a 395.7 NMP/100 mL. el cual son valores muy por debajo del LMP que es igual a 10,000 NMP/100 mL.

4.2. RESPECTO AL CUMPLIMIENTO DEL OBJETIVO ESPECÍFICO: Determinar los parámetros a cumplir en la PTARD de la minera TITÁN DEL PERÚ S.R.L para cumplir con los LMP establecidos en el D.S – 003 – 2010 – MINAM

Para la determinación de los parámetros a cumplir, debemos de enfocarlo desde dos puntos de vista, pues la primera es determinar los parámetros de acuerdo a la

normatividad vigente y la segunda es la verificar la necesidad de cumplimiento de los parámetros de parte de la minera TITAN DEL PERÚ S.R.L.

LA NORMATIVIDAD APLICADA:

En la siguiente tabla mostramos la normatividad vigente aplicada, las cuales sustentan el monitoreo ambiental realizado en el área de la presente investigación:

Tabla 15. Normatividad Vigente aplicada.

Norma Legal	Título	Fecha de Publicación
D.L. No 635	Código Penal, Título XIII – Delitos Contra la Ecología,	08/04/1991
D.L. No 757	Ley Marco para el Crecimiento de la Inversión Privada.	13/11/1991
Norma Jurídica Suprema	Constitución Política del Perú.	31/12/1993
R.D. No 004-94-EM/DGAA	Aprueban Protocolos de Monitoreo de Calidad de Agua y Calidad de Aire.	28/02/1994
D.L. No 28611	Ley General del Ambiente.	15/10/2005
D.S. No 001-2010-AG	Aprueban Reglamento de la Ley No 29338, Ley de Recursos Hídricos.	24/03/2010
D.S. No 003-2010-MINAM	Aprueban Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o	17/03/2010

Municipales.

D.S. No 024-2016-EM

Aprueban Reglamento de

28/07/2016

Seguridad y Salud Ocupacional en

Minería.

Una vez aplicada la normatividad vigente, se determina que la última norma vigente relacionada a las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales es el D.S. No 003-2010-MINAM del 17/03/2010, decreto donde se aprueban los Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales, las que describimos en la siguiente tabla:

Tabla 16: Límites Máximos Permisibles para los efluentes de PTAR.

PARÁMETRO	UNIDAD	LMP DE EFLUENTES PARA VERTIDOS A CUERPOS DE AGUAS
Aceites y grasas	mg/L	20
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	10,000
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	100
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	200
pH	unidad	6.5-8.5
Sólidos Totales en Suspensión	mL/L	150

Tabla 17: Prueba con una concentración de $Al_2(SO_4)_3$ al 10%.

N° Prueba	$Al_2(SO_4)_3$ al (10 %)	Volumen de sedimentación (ml)	Tiempo de sedimentación	Fecha
1	10 ml	120	30 minutos	6/4/2019
2	20 ml	170	30 minutos	6/4/2019
3	30 ml	240	30 minutos	6/4/2019
4	40 ml	300	30 minutos	6/4/2019
5	50 ml	410	30 minutos	6/4/2019
6	60 ml	460	30 minutos	7/4/2019
7	70 ml	480	30 minutos	7/4/2019
8	80 ml	565	30 minutos	7/4/2019
9	90 ml	600	30 minutos	7/4/2019
10	100 ml	630	30 minutos	7/4/2019

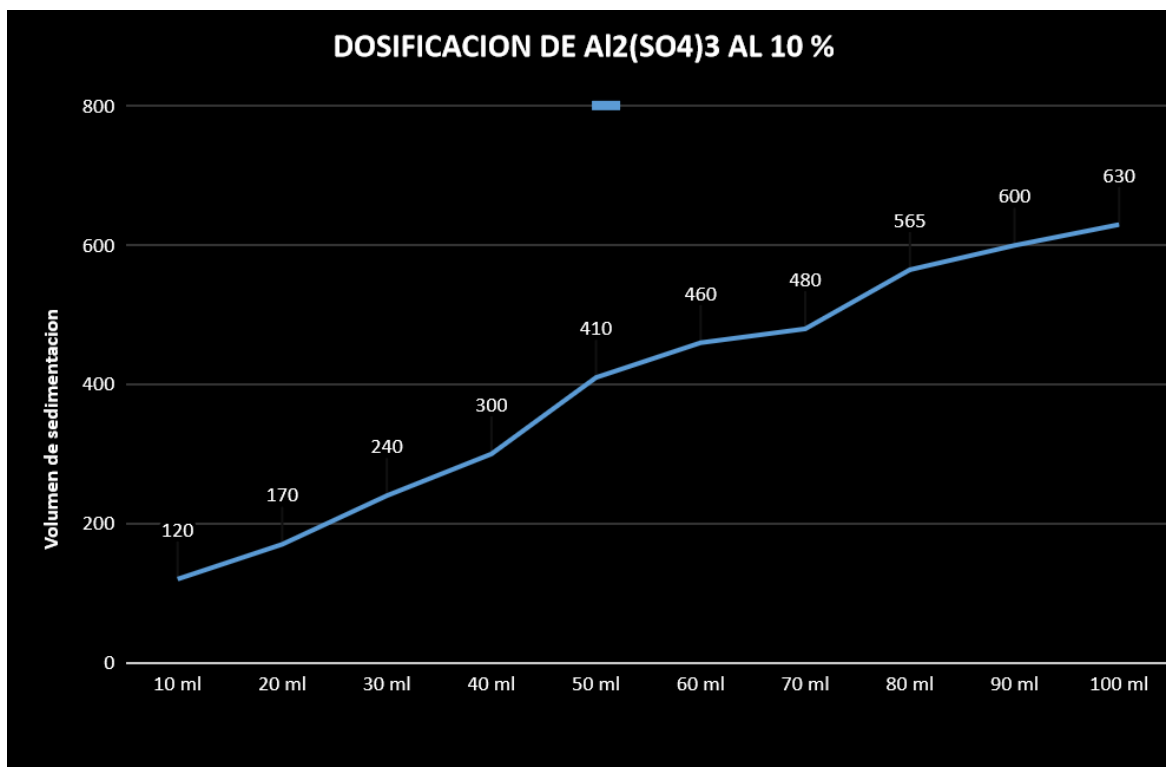


Figura 09: Gráfico representativo de los valores de la tabla 17.

Tabla 18: Prueba con una concentración de $Al_2(SO_4)_3$ al 5%.

N° Prueba	$Al_2(SO_4)_3$ al (5 %)	Volumen de sedimentación (ml)	Tiempo de sedimentación	Fecha
11	10 ml	60	30 minutos	8/4/2019
12	20 ml	85	30 minutos	8/4/2019
13	30 ml	120	30 minutos	8/4/2019
14	40 ml	140	30 minutos	8/4/2019
15	50 ml	210	30 minutos	8/4/2019
16	60 ml	230	30 minutos	8/4/2019
17	70 ml	240	30 minutos	9/4/2019
18	80 ml	270	30 minutos	9/4/2019
19	90 ml	295	30 minutos	9/4/2019
20	100 ml	315	30 minutos	9/4/2019

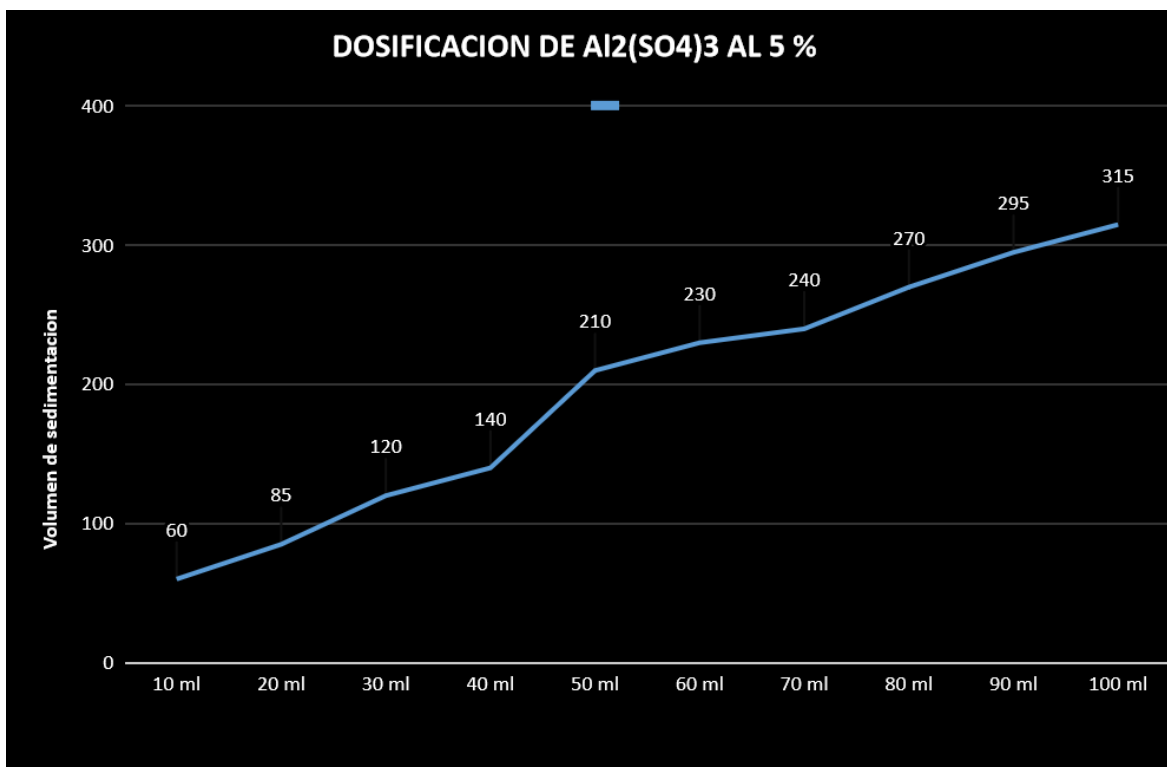


Figura 10: Gráfico representativo de los valores de la tabla 18.

Tabla 19: Prueba con una concentración de $Al_2(SO_4)_3$ al 1%.

N° Prueba	$Al_2(SO_4)_3$ al (1 %)	Volumen de sedimentación (ml)	Tiempo de sedimentación	Fecha
21	10 ml	10	1 hora	10/4/2019
22	20 ml	18	1 hora	10/4/2019
23	30 ml	28	1 hora	10/4/2019
24	40 ml	50	1 hora	10/4/2019
35	50 ml	70	1 hora	10/4/2019
26	60 ml	80	1 hora	10/4/2019
27	70 ml	85	1 hora	10/4/2019
28	80 ml	85	1 hora	10/4/2019
29	90 ml	85	1 hora	10/4/2019
30	100 ml	90	1 hora	11/4/2019

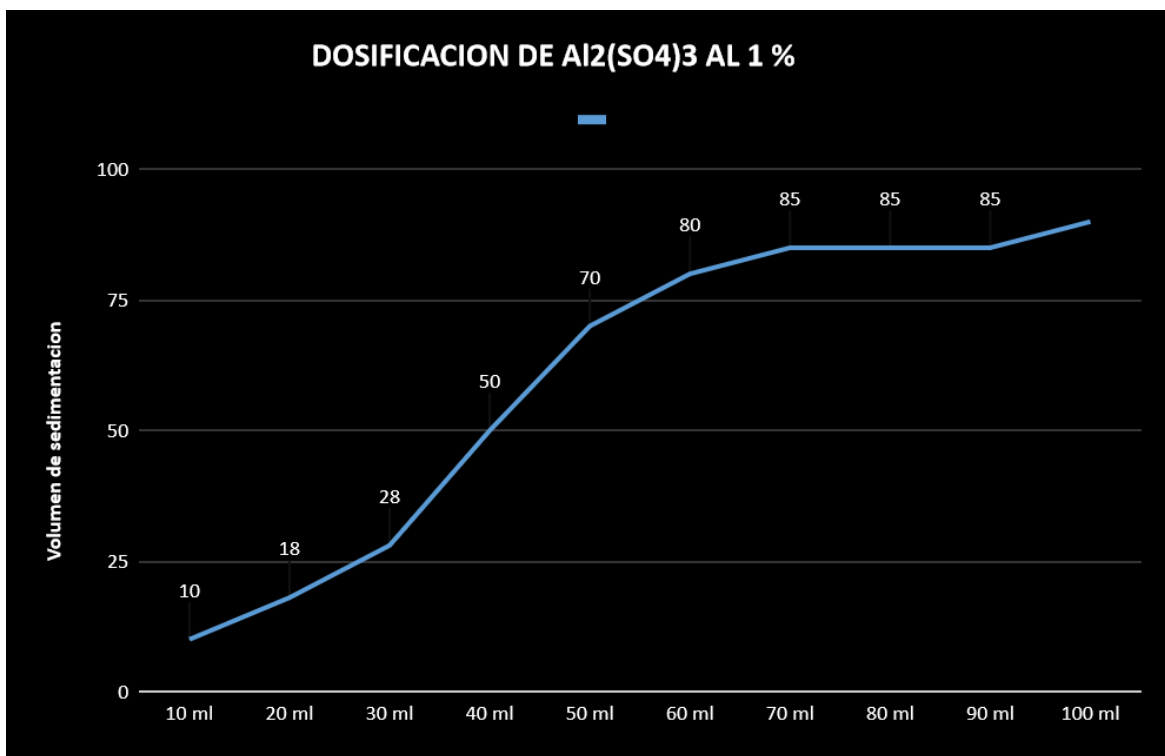


Figura 11: Gráfico representativo de los valores de la tabla 19.

4.3.2. Cálculo de la Dosificación Óptima:

De todas las pruebas realizadas en probetas, se ha optado por la prueba N° 10 es decir, se ha tomado la dosificación del sulfato de aluminio en una concentración al 10%, pues ésta solución es el resultado de agregar 100 ml de $Al_2(SO_4)_3$ en 1 Litro de agua residual este porcentaje tuvo una buena cantidad de sedimentos.

De esta manera se realizó pruebas con mayor volumen de agua residual en baldes de 20 Litros donde se procedió lo siguiente:

$$100 \text{ ml } (Al_2(SO_4)_3 \text{ al } 10\%) \text{ -----} > 20 \text{ L (Agua residual)}$$

Donde se apreció el mismo resultado de sedimentos, por tal razón se procedió a realizar cálculos para la PTARD donde se dio lo siguiente:

$$100 \text{ ml } (Al_2(SO_4)_3 \text{ al } 10\%) \text{ -----} 20 \text{ L (Agua residual)}$$

$$X (Al_2(SO_4)_3 \text{ al } 10\%) \text{ -----} 24930 \text{ L (Agua residual que entra a la PTARD al día)}$$

$$x = \frac{(100 \text{ ml})(24930 \text{ l})}{20 \text{ l}}$$

$$X = 124650 \text{ ml.}$$

Este resultado nos sirve para saber la dosificación de sulfato de aluminio que tiene que suministrarse a diario, el cálculo lo realizamos de la siguiente manera:

$$x = \frac{124650 \text{ ml}}{\text{día}} \cdot \frac{1 \text{ día}}{24 \text{ horas}} \cdot \frac{1 \text{ hora}}{60 \text{ minutos}} = \frac{124650 \text{ ml}}{1440 \text{ minutos}}$$

$$X = 86,56 \text{ ml/min}$$

Este es la dosificación de sulfato de aluminio que se le suministra en la PTARD.

4.4. PARA EL CUMPLIMIENTO DEL OBJETIVO ESPECÍFICO: Evaluar la correcta dosificación de Hipoclorito de Calcio $Ca(ClO)_2$ que permita la disminución de Coliformes Termotolerantes.

4.4.1 Análisis de Laboratorio.

Para ello se ha realizado el tratamiento con hipoclorito de calcio $\text{Ca}(\text{ClO})_2$. Para ello primero se debe realizar la preparación de la solución madre (cloro granulado que es de 65%), esta solución madre se preparó en concentración de 1 % con 15 gramos de cloro granulado disuelto en 1 litro de agua fresca, donde se procedió a tomar 1 litro de agua residual en una probeta graduada de 1 Litro y con la ayuda de una pipeta con su bulbo se le se le pondrá 8 gotas de la solución madre de cloro granulado al 1% a la probeta con el agua residual y se le dejara actuar por un periodo de 30 minutos para su proceso de desinfección.

4.4.2. Cálculo de la Dosificación Óptima de Hipoclorito de Calcio $\text{Ca}(\text{ClO})_2$

El Hipoclorito de Calcio que viene de fábrica al 65% (granulado)

Se optó por preparar el Hipoclorito de Calcio al 1% (como solución madre) para ello se tomó 15 gramos de $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ donde se disolvió en 1 litro de agua fresca.

Con esta solución patrón de $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ se procedió a pipetear a una probeta de 1L de agua residual tratada, donde se le agregó 2 ml de la solución madre.

$$2 \text{ ml } (\text{Ca}(\text{ClO})_2 \text{ al } 1\%) \text{ -----} > 1 \text{ L } (\text{Agua residual tratada})$$

Se dejó actuar 30 minutos como agente desinfectante y se mandó a analizar al laboratorio TYP SA para conocer el parámetro de Coliformes Termotolerantes, donde los resultados fueron positivos, por tal motivo procedió a realizar cálculos para el agua residual tratada de PTARD donde se dio lo siguiente:

$$2 \text{ ml } (\text{Ca}(\text{ClO})_2 \text{ al } 1\%) \text{ -----} > 1 \text{ L } (\text{Agua residual tratada})$$

$$x (\text{Ca}(\text{ClO})_2 \text{ al } 1\%) \text{ -----} > 24930 (\text{Agua residual tratada})$$

$$x = \frac{(2 \text{ ml})(24930 \text{ l})}{1 \text{ l}}$$

X= 49860 ml.

Este resultado nos servirá para saber la dosificación de hipoclorito de calcio que tiene que suministrarse a diario donde se expone en la siguiente ecuación:

$$x = \frac{49860 \text{ ml}}{\text{día}} \cdot \frac{1 \text{ día}}{24 \text{ horas}} \cdot \frac{1 \text{ hora}}{60 \text{ minutos}} = \frac{49860 \text{ ml}}{1440 \text{ minutos}}$$

$$x = \mathbf{34.63 \text{ ml/min}}$$

Este es la dosificación de hipoclorito de calcio que se le suministra en la PTARD

4.5. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.

Para enmarcar éste apartado debemos explicar la potencialidad del Sulfato de Aluminio como coagulante, por ende va a depender bastante del medio o del líquido donde se quiera aplicar como sedimentador, comparando los resultados de Rivas et. al. (2017) donde se utiliza el sulfato de aluminio para recuperar níquel, se ve que su dosis es 300 mg/L comparado con nuestros valores donde sólo se desea sedimentar agua residual es de casi 3 veces más, explicando que para recuperar metales la dosificación obviamente tiende al incremento.

En el caso de la investigación de Garzón (2021), él realiza la utilización de combinaciones de almidón de papa, pectina y almidón de plátano combinado con el Sulfato de Aluminio para el proceso de la remoción de turbidez, alcanzando un valor de remoción del 97.4 % para el caso de la combinación con almidón de plátano, lo cual hace una referencia muy atractiva de cómo utilizar el sulfato de aluminio no sólo en su forma básica si no en combinación con otras sustancias para elevar su poder de sedimentación.

Comparando nuestros resultados dentro del ámbito nacional encontramos que Aspajo (2018) en la PTAR de Moyobamba también al igual que la presente investigación determinó valores de LMP satisfactorios, sin embargo Briones (2019) en la PTAR de Celendín encontró que ésta no cumple con los LMP específicamente el parámetro de coliformes totales, por ende no siempre es posible alcanzar valores óptimos dentro del tratamiento de las aguas residuales.

En su investigación Ancalle y Ledesma (2020) de la PTAR de Yauli, no llegan a alcanzar los valores de los LMP ya que el porcentaje de remoción solamente alcanza el 3.98%, sin embargo debido a la utilización adecuada del sulfato de aluminio la remoción de sólidos totales es del 73.15 % cumpliendo con los parámetros de acuerdo al DS 003-2010-MINAM, que de acuerdo a la presente investigación corrobora la eficiencia del sulfato de aluminio como buen coagulante.

De acuerdo a lo descrito, podríamos afirmar la eficiencia que tiene tanto el sulfato de aluminio, como el hipoclorito de calcio $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ ya sea en remoción y actuando como floculante - sedimentador, es evidente; citaremos la investigación de Chávez y Salazar (2019) donde analiza la eficiencia del sulfato de aluminio y policloruro de aluminio, concentrándonos en el primero donde hallan una eficiencia de 79.73% con una proporción de 25.75 mg/l de $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ lo cual comparado con nuestra investigación sería una cuarta parte que se ha utilizado para lograr su buen porcentaje, esto podemos explicarlo que se debe al origen del agua residual que es típico de cada PTAR, pues en nuestro caso de la MINERA TITÁN la composición del efluente es mucho más concentrada y por ende necesita más proporción de sulfato de aluminio.

CONCLUSIONES

PRIMERA: Se ha determinado que la correcta dosificación de Sulfato de Aluminio $Al_2(SO_4)_3$ es igual a 100 ml al 10% e Hipoclorito de Calcio $Ca(ClO)_2$ es igual a 630 ml; de tal forma que con estos valores se ha cumplido con los LMP en la PTARD de la minera TITÁN DEL PERÚ S.R.L.

SEGUNDA: Una vez evaluados los parámetros en la PTARD de la minera TITÁN DEL PERÚ S.R.L para cumplir con los LMP establecidos en el D.S – 003 – 2010 – MINAM, se ha determinado que se deben de cumplir con no sobrepasar los límites de: 100 mg/L, 200 mg/L, 10000 NMP/100mL en la Demanda Bioquímica de Oxígeno, Demanda Química de Oxígeno y Coliformes Termotolerantes respectivamente.

TERCERA: Después de la evaluación correspondiente, se ha encontrado un valor de 86.56 ml/minuto para la correcta dosificación de Sulfato de Aluminio $Al_2(SO_4)_3$ al 10%; con ello se logra una correcta floculación de materia orgánica disuelta en el agua, ésta es la proporción que se suministra actualmente en la PTARD.

CUARTA: La correcta dosificación de Hipoclorito de Calcio $Ca(ClO)_2$ que permite la disminución de Coliformes Termotolerantes es igual a 34.63 ml/minuto de solución, éste preparado tuvo una concentración al 1% tomando 15 gr de $Ca(ClO)_2$ disuelto en 1 litro de agua fresca; por ende ésta es la medida que se debe de suministrar en la PTARD.

RECOMENDACIONES

- A la MINERA TITAN DEL PERÚ S.R.L. Chala – Caravelí – Arequipa, seguir promocionando e incentivando actividades de investigación relacionadas a temas medioambientales y sobre todo que permita la retroalimentación de la información de forma permanente.
- A los investigadores de líneas de investigación afines al control de aguas residuales, debido a que nuevas técnicas, nuevas metodologías están constantemente en evaluación y la innovación en éste área sería de gran aporte.

BIBLIOGRAFÍA

- Ancalle, C., & Ledesma, W. (2020). *CARACTERIZACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES EN EL AFLUENTE Y EFLUENTE DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL DISTRITO DE YAULI – HUANCAMELICA*. UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAMELICA.
- AQUALEP (Director). (s. f.). *Empresa de tratamiento de aguas residuales y potable*. Recuperado 17 de noviembre de 2022, de <https://www.youtube.com/watch?v=jwo1gk0EjG0>
- Aspajo, L. (2018). *Evaluación de la eficiencia de las plantas de tratamiento de aguas residuales respecto a los límites máximos permisibles de aguas residuales de los distritos de Elías Soplín Vargas y Soritor – 2017 [CÉSAR VALLEJO]*. https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/19159/aspajo_ql.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Briones, L. (2019). *EFICIENCIA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES, EN LA REMOCIÓN DE COLIFORMES TOTALES, FECALES Y Escherichia coli, EN CELENDÍN – CAJAMARCA*. [UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA]. <https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/3459/TESIS%20LENIN%20BRIONES%20.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Castillo Reinoso, A. M., Criollo Quizphi, E. C., & Oñate Oñate, M. P. (2020). Diseño e implementación de una PTAR por lodos activos a escala de laboratorio, Facultad de Ciencias Espoch. *Ciencia Digital*, 4(1), 385-406. <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v4i1.1119>
- Chambi, Z. (2018). *Tratamiento de aguas residuales de lavanderías por el proceso de coagulación-floculación y adsorción*. <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/8347>
- Chávez, C., & Salazar, E. (2019). *EFICIENCIA DEL FLOCULANTE SULFATO DE*

- ALUMINIO Y POLIFLOC (POLICLORURO DE ALUMNIO) EN LA REMOCION DE METALES Y DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES DE UNA EMPRESA MINERA EN CAJAMARCA, 2019* [Universidad Privada del Norte].
<https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/23840/Ch%C3%A1vez%20Villanueva%20Cristian%20-%20Salazar%20Torres%20Edgar%20Javier.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Cueva, C., & García, R. (2021). *EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS EN UNA EMPRESA MINERA, CAJAMARCA 2020* [Universidad Privada del Norte].
https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/29775/Tesis_Carolita%20Margot%20Cueva%20Olano%20-%20Raquel%20Emelina%20Garcia%20Diaz.pdf?sequence=2&isAllowed=y
- Escarcena, C. (2018). *Remoción del arsénico de las aguas municipales y pozos domésticos en la ciudad de Juliaca por precipitación alcalina* [Universidad Nacional del Altiplano]. <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/8400>
- Escobar Llano, D. S., & Escobar Llano, D. M. (2019). *Evaluación del sistema operativo de la planta de tratamiento de aguas residuales no domésticas en la central de abastos de Villavicencio*. <https://repository.usta.edu.co/handle/11634/15572>
- Galindo, G. (2018). *DETERMINACIÓN DE LA DOSIS ÓPTIMA DE SULFATO DE ALUMINIO GRANULADO TIPO B EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE YURAJHUANCA – EMAPA PASCO* [UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRION].
<http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/347/1/TESIS%20GIANCARLO%20OGALINDO%20YANTAS1.pdf>
- Garzón, W. (2021). *Estudio Sobre la Combinación de Mezclas Naturales y Químicas para el Proceso de Coagulación/Floculación en la Remoción de la Turbidez del Agua desde una Perspectiva Química en el Tratamiento del Agua* [Universidad Nacional Abierta y a Distancia].

<https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwikkfKDz5z7AhVfBLkGHYTPBiU4ChAWegQICRAB&url=https%3A%2F%2Frepository.unad.edu.co%2Fbitstream%2Fhandle%2F10596%2F44813%2FWgarzonmu.pdf%3Fsequence%3D1%26isAllowed%3Dy&usg=AOvVaw0rh2klvp4cmLvVZTz-S3lr>

GEDAR. (2011). Clasificación de los Sólidos del Agua Residual • 【GEDAR: Equipos y Productos para el AGUA】. *GEDAR: Equipos y Productos para el AGUA*.
<https://www.gedar.es/clasificacion-de-los-solidos-del-agua-residual/>

Hernández, G. (s. f.). *El gráfico o diagrama de control*.
<https://aprendiendocalidadyadr.com/grafico-o-diagrama-de-control/>

Martín-Domínguez, A., Rivera Huerta, M. de L., Piña Soberanis, M., & Pérez Castrejón, S. (2008). INCIDENCIA DEL GRADIENTE DE VELOCIDAD EN LA EFICIENCIA DE LA ELECTROCOAGULACIÓN PARA REMOVER ARSÉNICO EN UN REACTOR A FLUJO PISTÓN. *Interciencia*, 33(7), 503-509.

Metcalf, & Eddy. (1996). *Ingeniería de las aguas residuales, tratamiento, vertido y reutilización* (McGraw-Hill).

Minera TITAN. (2017). *Memoria Descriptiva 2017*.

Morales, C., & Solsona, F. (2006). *TRATAMIENTO Y DESINFECCIÓN DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO POR MEDIO DE CLORO*.
<https://docplayer.es/8265918-Tratamiento-y-desinfeccion-de-agua-para-consumo-humano-por-medio-de-cloro.html>

OEFA. (2014). *FISCALIZACIÓN AMBIENTAL EN AGUAS RESIDUALES*.
https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwjF_vibsrX7AhXjJrkGHbRAD_wQFnoECAgQAw&url=https%3A%2F%2Fwww.oefa.gob.pe%2F%3Fwpfb_dl%3D7827&usg=AOvVaw3IRJYT3_YX5AgFioTIH5zs

Pro-Sistemas Aqua S.A.S. (2021). *PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE –PTAP*. Pro sistemas Aqua.
<http://psaqua.com/index.php/productos/plantas-de-tratamiento-de-agua-potable>

- Rivas, S., Menés, G., & Aimet, R. (2017). *Tratamiento por coagulación-floculación a efluente de la Empresa del Níquel Comandante Ernesto Che Guevara*. Centro de Investigaciones del Níquel.
- Rolim, S. (2000). *Sistemas de Lagunas de Estabilización* (Cuarta). McGraw-Hill Interamericana.
- Saéñz, R. (1985). *Lagunas de estabilización y otros sistemas simplificados para el tratamiento de aguas residuales*. CEPIS.

ANEXOS.

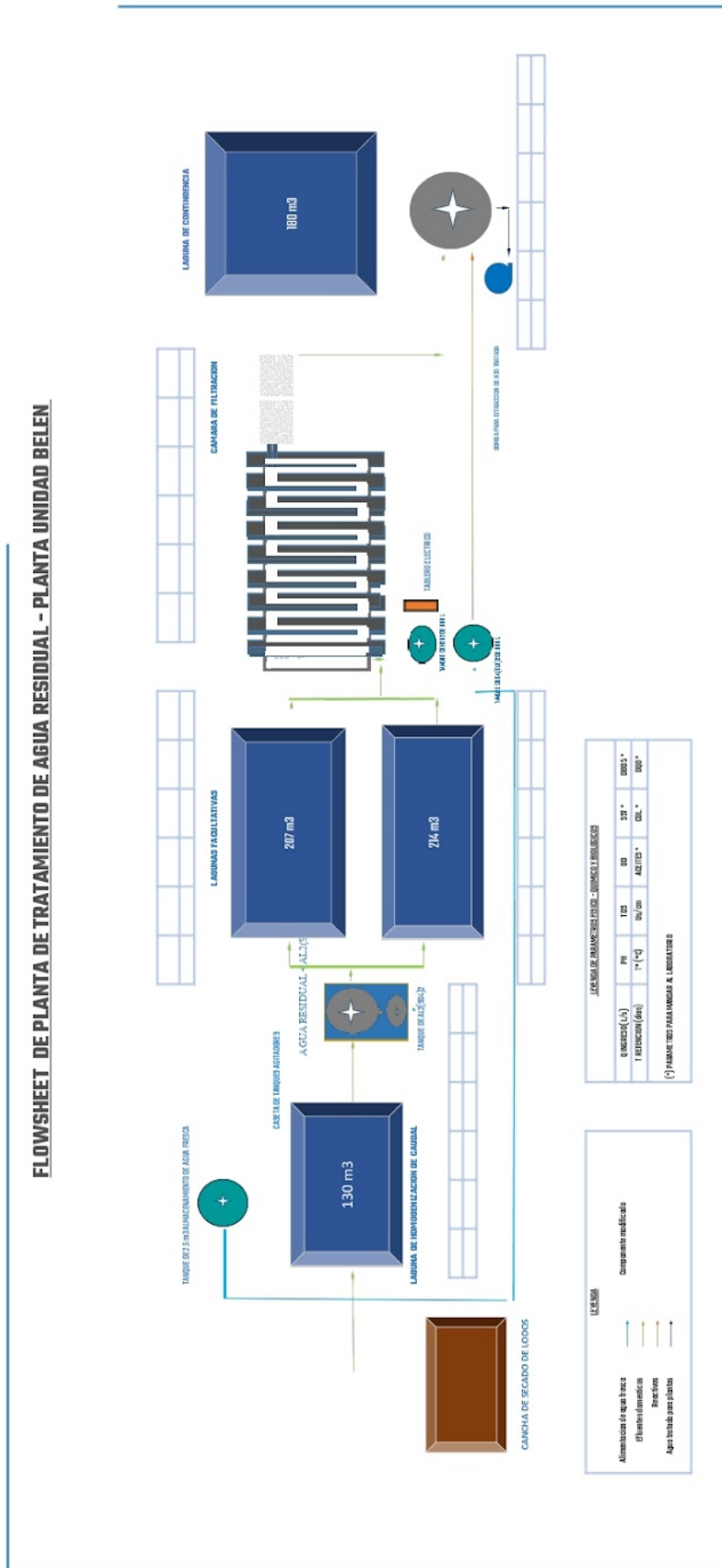
ANEXO 01. Matriz de Consistencia de la Investigación.

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES	INSTRUMENTOS	TÉCNICA DE PROCESAMIENTO DE DATOS
<p>PROBLEMA GENERAL:</p> <p>¿Cuál es la correcta dosificación de Sulfato de Aluminio $Al_2(SO_4)_3$ e Hipoclorito de Calcio $Ca(ClO)_2$ que permita cumplir con los LMP en la PTARD de la minera TITÁN DEL PERÚ S.R.L</p>	<p>OBJETIVO GENERAL:</p> <p>Determinar la correcta dosificación de Sulfato de Aluminio $Al_2(SO_4)_3$ e Hipoclorito de Calcio $Ca(ClO)_2$ que permita cumplir con los LMP en la PTARD de la minera TITÁN DEL PERÚ S.R.L.</p>	<p>HIPÓTESIS GENERAL:</p> <p>La correcta dosificación de Sulfato de Aluminio $Al_2(SO_4)_3$ e Hipoclorito de Calcio $Ca(ClO)_2$ permite cumplir con los LMP en la PTARD de la minera TITÁN DEL PERÚ S.R.L.</p>	<p>V. INDEPENDIENTE E:</p> <p>Dosificación de $Al_2(SO_4)_3$ en la PTARD de la Minera Titan SRL.</p>	<p>INDICADORES</p> <p>Concentración de DBO₅, DOO en el efluente.</p>	<p>INSTRUMENTOS</p> <ul style="list-style-type: none"> • Guía de Observación. • Pruebas de Rendimiento 	<ul style="list-style-type: none"> • Recolección de Datos, mediante observación y registro. • Limpieza de Datos para la conciliación en tablas.
<p>PROBLEMAS ESPECÍFICOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> • ¿Cuáles son los parámetros a cumplir en la PTARD de la minera TITÁN DEL PERÚ S.R.L para cumplir con los LMP establecidos en el D.S – 003 – 2010 – MINAM? • ¿Cuál es la correcta dosificación de Sulfato de Aluminio $Al_2(SO_4)_3$ para lograr una correcta floculación 	<p>OBJETIVOS ESPECÍFICOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Determinar los parámetros en la PTARD de la minera TITÁN DEL PERÚ S.R.L para cumplir con los LMP establecidos en el D.S – 003 – 2010 – MINAM • Evaluar la correcta dosificación de Sulfato de Aluminio $Al_2(SO_4)_3$ para lograr una correcta floculación de 	<p>HIPÓTESIS ESPECÍFICAS:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Los parámetros determinados en la PTARD de la minera TITÁN DEL PERÚ S.R.L permiten cumplir con los LMP establecidos en el D.S – 003 – 2010 – MINAM. • La correcta dosificación de Sulfato de Aluminio $Al_2(SO_4)_3$ logra una correcta floculación de materia orgánica disuelta en el agua. • La correcta dosificación de Hipoclorito de Calcio $Ca(ClO)_2$ permite la 	<p>V. DEPENDIENTE:</p> <p>Cumplimiento con los LMP en la PTARD.</p>	<p>INDICADORES</p> <p>Límites Permisibles (DS. 003-2010-MINAM)</p> <p>Máximos</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Gráficos de Control. 	<ul style="list-style-type: none"> • Estructuración de los datos. • Determinación de Rangos mediante estadística descriptiva. • Comparación y diagramación de los controles (Límites).

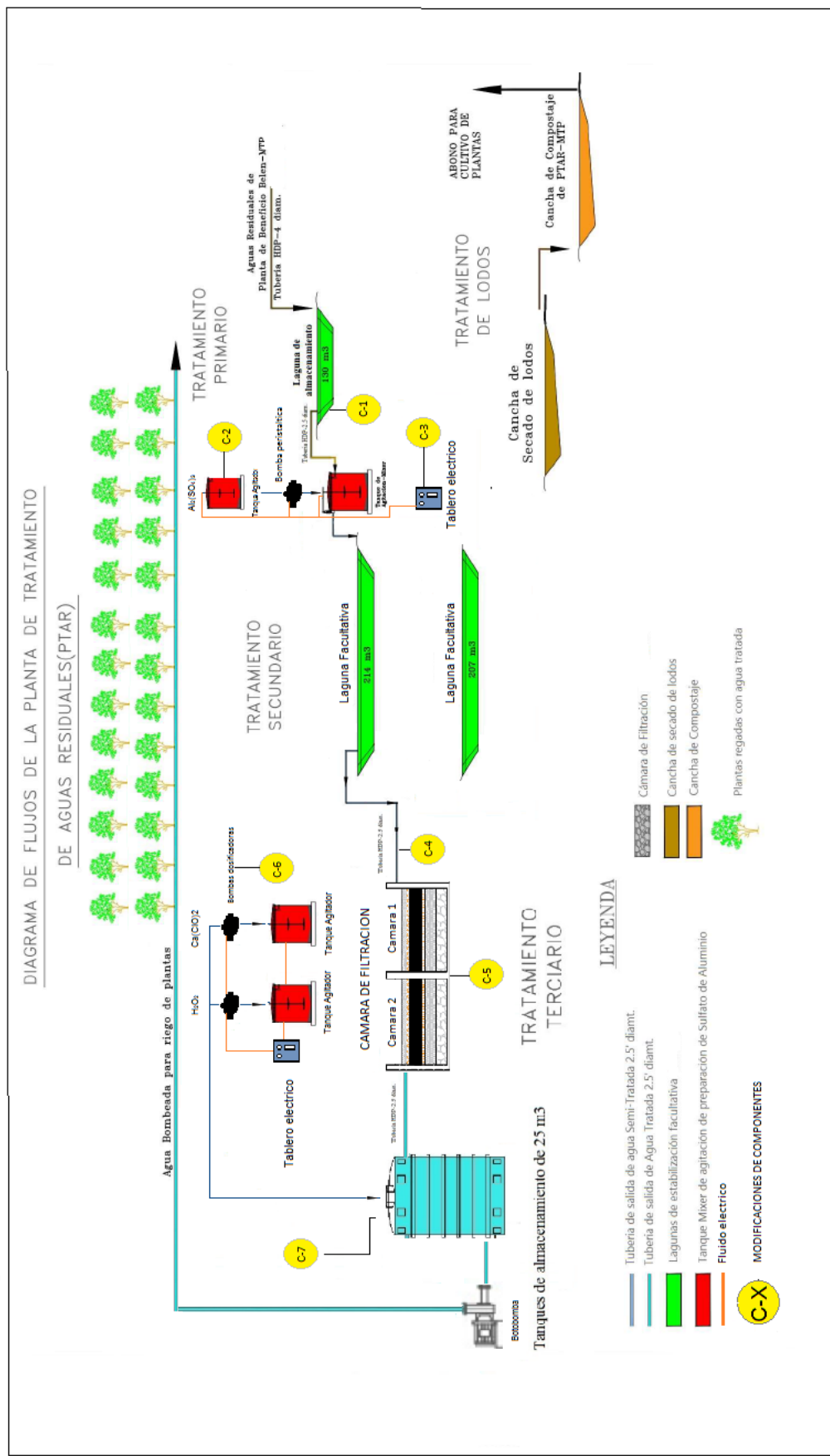


<p>materia orgánica disuelta en el agua?</p> <ul style="list-style-type: none"> • ¿Cuál es la correcta dosificación de Hipoclorito de Calcio $Ca(ClO)_2$ que permita la disminución de Coliformes Termotolerantes? 	<p>materia orgánica disuelta en el agua.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Evaluar la correcta dosificación de Hipoclorito de Calcio $Ca(ClO)_2$ que permita la disminución de Coliformes Termotolerantes 	<p>disminución de Coliformes Termotolerantes.</p>					
--	--	---	--	--	--	--	--


ANEXO 02. FlowSheet de la PTARD



ANEXO 03. Diagrama de Flujo de la PTAR



ANEXO 04. Aprobación y Ejecución de Proyecto de Tesis de parte de la Minera TITÁN del PERÚ S.R.L.



MINERA TITÁN DEL PERÚ S.R.L.

SOLICITUD


Solicitó: Aprobación y ejecución de proyecto de Tesis.

Ing. Emilio Jesús Uribe Alegría
Superintendente de la Minera Titán del Perú S.R.L. – Planta

Yo, Harold Renzo Monzón Marcavillaca, identificado con DNI N° 71046704, domiciliado en el Psje. Las Mercedes N° 220 – Puno, ante usted me presento y expongo:

Con el motivo de desarrollar mi proyecto de tesis referido al tema: "Optimización en la Dosificación de Sulfato de Aluminio y Dosificación de Hipoclorito de Calcio en la Planta de Tratamientos de Aguas Residuales Domesticas de la Minera Titán del Perú S.R.L – Chala – Caraveli - Arequipa" es que solicito me brinde su aprobación para desarrollar las actividades concernientes al proyecto de Tesis planteado a fin de obtener el título de Ingeniero Ambiental en la Universidad Privada San Carlos S.A.C. de la ciudad de Puno. Mencionarle que dicho Proyecto se llevó a cabo, contribuyo al desempeño ambiental de la Empresa conjuntamente se cumplió con los Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento Residuales Domesticas o Municipales según el Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM, de esta manera se trató el agua residual producidos en la Minera Titán del Perú S.R.L.

Por tal caso, solicito la autorización de la Minera Titán del Perú S.R.L para hacer uso de los datos, informes y certificados del laboratorio de TYPISA, Planos realizados de la PTARD, controles de monitoreos de parámetros físico químico y biológico realizados con el equipo Multiparametro HACH HQ40D para la ejecución del Proyecto de Tesis mencionado, sin más que decir quedo a la espera de su aprobación.



MINERA TITÁN DEL PERÚ S.R.L.
ING. EMILIO URIBE ALEGRIA
SUPERINTENDENTE DE PLANTA
APROBADO


POR LO EXPUESTO

Ruego a Usted acceder a mi solicitud

Chala 31 de Marzo del 2020



Harold Renzo Monzón Marcavillaca
DNI: 71046704



ANEXO 05. Certificado de Calibración del Multiparametro HQ40d



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL -DA CON REGISTRO N° LC- 019

Certificado de Calibración
LA-076-2021



Pág. 1 de 1

- 1 **Cliente** : TÉCNICA Y PROYECTOS S.A - SUCURSAL DEL PERÚ
- 2 **Dirección** : Calle Delta N°269, Urb. Parque Industrial - Callao
- 3 **Datos del Instrumento**
 - . Instrumento de medición : Medidor de Conductividad* . N° de serie del instrumento : 161000006136
 - . Marca : HACH . N° de serie de sensor : 192062584241
 - . Modelo : HQ40d . Intervalo de indicación : 0,01 uS/cm a 200,0 mS/cm
 - . Identificación : LEQ-221 . Resolución : 0,1uS /cm -1uS /cm -0,01mS /cm
- 4 **Lugar de calibración** : Laboratorio de Aguas - Green Group PE S.A.C.
- 5 **Fecha de calibración** : 2021-01-22

6 **Método de calibración**

La calibración se realizó por comparación del instrumento con valores asignados a materiales de referencia de conductividad específica certificados, según procedimiento "PC-022 Calibración de conductímetros" de INDECOPI.

7 **Condiciones Ambientales.**

	Temperatura (°C)	Humedad relativa (% hr)
Inicial	27,3	65,0
Final	27,4	65,2

8 **Trazabilidad**

Patrón usado	Código Interno	N° de lote o N° de certificado	F. Vencimiento
MRC 99 uS/cm	GGP-S-04.72	CC20146	2021-08-10
MRC 1411 uS/cm	GGP-S-05.67	CC19840	2021-05-18
MRC 9992 uS/cm	GGP-S-07.65	CC20188	2021-08-18

9 **Resultados de medición**

Indicación del instrumento	Valor del patrón	Error	Incertidumbre
100,5 uS/cm	99,0 uS/cm	1,5 uS/cm	2,2 uS/cm
1413 uS/cm	1411 uS/cm	2 uS/cm	7 uS/cm
10,07 mS/cm	9,99 mS/cm	0,08 mS/cm	0,05 mS/cm

10 **Observaciones**

- a) Los resultados están dados a la temperatura de 25 °C.
 - b) La precisión del instrumento declarado en el manual del fabricante es: ± 0,5 % de la lectura
 - * La calibración del medidor de conductividad se realizó en el Multiparámetro.
-
- La Incertidumbre de medición expandida reportada es la incertidumbre de medición estándar multiplicada por el factor de cobertura $k=2$, de modo que la probabilidad de cobertura corresponde aproximadamente a un nivel de confianza del 95%.
 - Los resultados emitidos son válidos solo para el instrumento y sensor calibrado, en el momento de la calibración.
 - Se recomienda al usuario recalibrar a intervalos adecuados, los cuales deben ser elegidos con base a las características del trabajo realizado, el mantenimiento, conservación y el tiempo de uso del instrumento.
 - La incertidumbre declarada en el presente certificado ha sido estimada siguiendo las directrices de: "Guía para la expresión de la incertidumbre de medida" primera edición, septiembre 2008 CEM.
 - Este certificado de calibración solo puede ser difundido completamente y sin modificaciones, sin firma y sello carecen de validez.

Fecha de Emisión

2021-01-27

LA IMPRESIÓN DE ESTE CERTIFICADO CONSTITUYE UNA COPIA DEL ORIGINAL EN VERSIÓN ELECTRÓNICA (FIRMA DIGITAL, SEGÚN LEY N° 27269 LEY DE FIRMAS Y CERTIFICADOS DIGITALES)

FO-[LC-PR-01]-03

Av. Avilación 4210 - Surquillo

Central: 560-6134 / 273-3550

www.greengroup.com.pe

"EL USO INDEBIDO DE ESTE CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LEY"

ANEXO 06. Panel Fotográfico.



Fig. N° 01 Primeras pruebas en IMO



Fig. N° 02 Laboratorio acondicionado PTARD



Fig. N° 03 Preparación de $Al_2(SO_4)_3$



Fig. N° 04 Equipos y materiales



Fig. N° 05 Laguna facultativa - PTARD

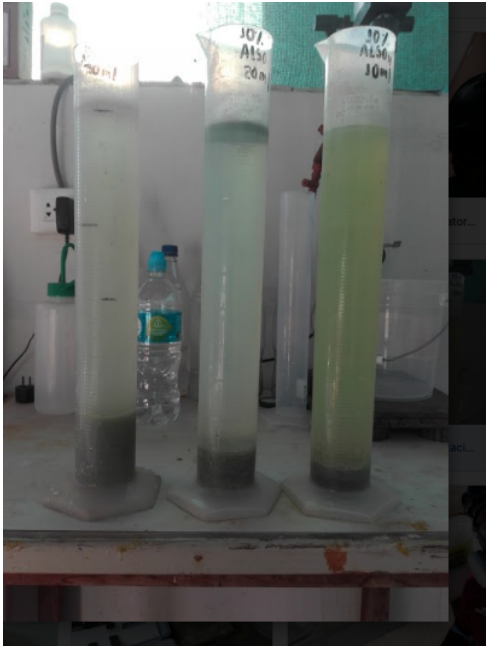


Fig. N° 07 Pruebas de sedimentación

Fig. N° 06 Pruebas realizadas con Al₂(SO₄)₃

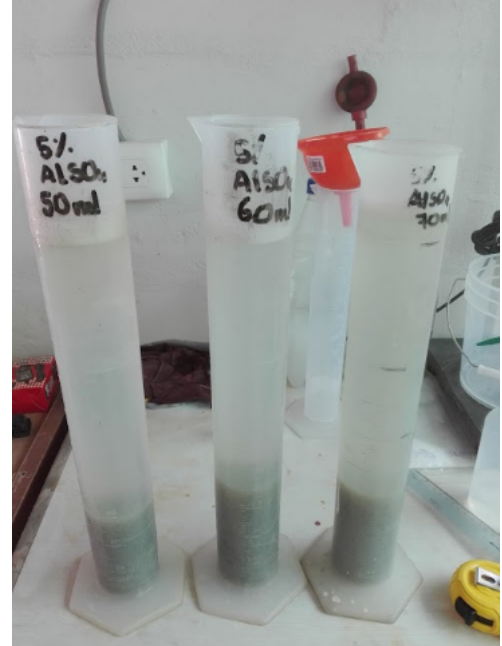


Fig. N° 08 Pruebas Al₂(SO₄)₃ en probetas



Fig. N° 09 Al₂(SO₄)₃ tipo A

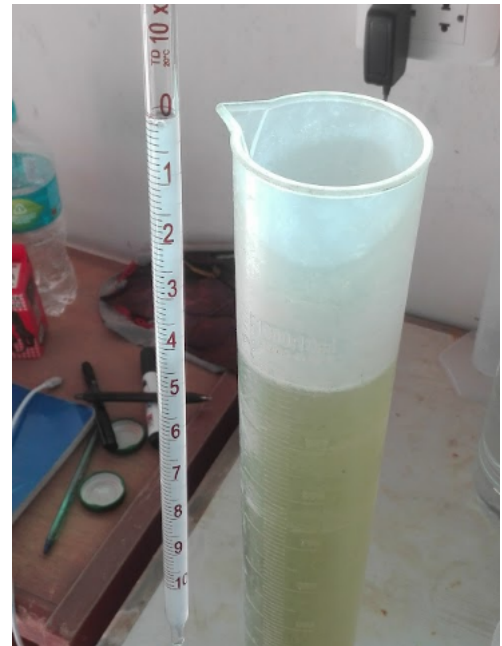


Fig. N° 10 Pipeteando el Al₂(SO₄)₃



Fig. N° 11 Agregando $Al_2(SO_4)_3$ y agitándolo



Fig. N° 12 Pruebas de sedimentación



Fig. N° 13 Pruebas de sedimentación



Fig. N° 14 Agitador de $Al_2(SO_4)_3$ - PTARD



Fig. N° 15 Toma de muestras en componentes



Fig. N° 17 Monitoreo de parámetros Físicos



Fig. N° 19 Preparación de $\text{Ca}(\text{ClO})_2$

Fig. N° 16 Instalaciones de la PTARD



Fig. N° 18 Monitoreo de parámetros Físicos



Fig. N° 20 Cooler para envío de muestras



Fig. N° 22 Frascos para toma de muestras



Fig. N° 23 Medición de parámetros físicos



Fig. N° 26 Llenado de cadena de custodia

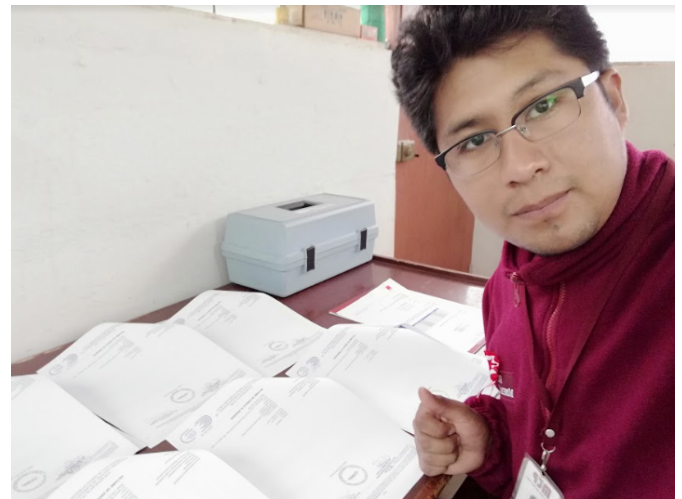


Fig. N° 25 Resultados del laboratorio TYPSA



Fig. N° 26 PTARD antes de la optimización



Fig. N° 27 PTARD después de la optimización

ANEXO 07. Carnet de Identificación Personal.



ANEXO 08. Decreto Supremo 003-2010-MINAM

de impuestos o de derechos aduaneros de ninguna clase o denominación.

Artículo 5°.- La presente Resolución Suprema será referendada por el Presidente del Consejo de Ministros.

Regístrese, comuníquese y publíquese.

ALAN GARCÍA PÉREZ
Presidente Constitucional de la República

JAVIER VELASQUEZ QUESQUÉN
Presidente del Consejo de Ministros

469446-6

AMBIENTE

Aprueba Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales

**DECRETO SUPREMO
N° 003-2010-MINAM**

EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA

CONSIDERANDO:

Que, el artículo 3° de la Ley N° 28811, Ley General del Ambiente, dispone que el Estado, a través de sus entidades y órganos correspondientes, diseña y aplica, las políticas, normas, instrumentos, incentivos y sanciones que sean necesarias para garantizar el efectivo ejercicio de los derechos y el cumplimiento de las obligaciones y responsabilidades contenidas en dicha ley;

Que, el numeral 32.1 del artículo 32° de la Ley General del Ambiente define al Límite Máximo Permisible - LMP, como la medida de concentración o grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a un efluente o una emisión, que al ser excedida causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente. Su determinación corresponde al Ministerio del Ambiente. Su cumplimiento es exigible legalmente por el Ministerio del Ambiente y los organismos que conforman el Sistema Nacional de Gestión Ambiental. Los criterios para la determinación de la supervisión y sanción serán establecidos por dicho Ministerio;

Que, el numeral 33.4 del artículo 33° de la Ley N° 28811 en mención dispone que, en el proceso de revisión de los parámetros de contaminación ambiental, con la finalidad de determinar nuevos niveles de calidad, se aplique el principio de la gradualidad, permitiendo ajustes progresivos a dichos niveles para las actividades en curso;

Que, el literal d) del artículo 7° del Decreto Legislativo N° 1013, Ley de Creación, Organización y Funciones del Ministerio del Ambiente - MINAM, establece como función específica de dicho Ministerio, elaborar los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) y Límites Máximos Permisibles (LMP), de acuerdo con los planes respectivos. Deben contar con la opinión del sector correspondiente, debiendo ser aprobados mediante Decreto Supremo;

Que, mediante Resolución Ministerial N° 121-2009-MINAM, se aprobó el Plan de Estándares de Calidad Ambiental (ECA) y Límites Máximos Permisibles (LMP) para el año fiscal 2009 que contiene dentro de su anexo la elaboración del Límite Máximo Permisible para los efluentes de Plantas de Tratamiento de aguas domésticas;

Que el artículo 14° del Reglamento de la Ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA) aprobado mediante Decreto Supremo N° 019-2009-MINAM, establece que el proceso de evaluación de impacto ambiental comprende medidas que aseguren, entre otros, el cumplimiento de los Estándares de Calidad Ambiental, los Límites Máximos Permisibles y otros parámetros y requerimientos aprobados de acuerdo a la legislación ambiental vigente; del mismo modo, en su artículo 28° el citado reglamento señala que, la modificación del estudio ambiental o la aprobación de instrumentos de gestión ambiental complementarios,

implica necesariamente y según corresponda, la actualización de los planes originalmente aprobados al emitirse la Certificación Ambiental;

De conformidad con lo dispuesto en el numeral 8) del artículo 118° de la Constitución Política del Perú, y el numeral 3 del artículo 11° de la Ley N° 28158, Ley Orgánica del Poder Ejecutivo;

DECRETA:

Artículo 1°.- Aprobación de Límites Máximos Permisibles (LMP) para efluentes de Plantas de Tratamiento de Agua Residuales Domésticas o Municipales (PTAR)

Aprobar los Límites Máximos Permisibles para efluentes de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales, los que en Anexo forman parte integrante del presente Decreto Supremo y que son aplicables en el ámbito nacional.

Artículo 2°.- Definiciones

Para la aplicación del presente Decreto Supremo se utilizarán los siguientes términos:

- **Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales (PTAR):** Infraestructura y procesos que permiten la depuración de las aguas residuales Domésticas o Municipales.

- **Límite Máximo Permisible (LMP):** Es la medida de la concentración o del grado de 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. Su cumplimiento es exigible legalmente por el MINAM y los organismos que conforman el Sistema de Gestión Ambiental.

- **Protocolo de Monitoreo:** Procedimientos y metodologías establecidas por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento en coordinación con el MINAM y que deben cumplirse en la ejecución de los Programas de Monitoreo.

Artículo 3°.- Cumplimiento de los Límites Máximos Permisibles de Efluentes de PTAR

3.1 Los LMP de efluentes de PTAR que se establecen en la presente norma entran en vigencia y son de cumplimiento obligatorio a partir del día siguiente de su publicación en el Diario Oficial El Peruano.

3.2 Los LMP aprobados mediante el presente Decreto Supremo, no serán de aplicación a las PTAR con tratamiento preliminar avanzado o tratamiento primario que cuenten con disposición final mediante emisario submarino.

3.3. Los titulares de las PTAR que se encuentran en operación a la dación del presente Decreto Supremo y que no cuenten con certificación ambiental, tendrán un plazo no mayor de dos (02) años, contados a partir de la publicación del presente Decreto Supremo, para presentar ante el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento su Programa de Adecuación y Manejo Ambiental; autoridad que definirá el respectivo plazo de adecuación.

3.4 Los titulares de las PTAR que se encuentran en operación a la dación del presente Decreto Supremo y que cuenten con certificación ambiental, tendrán un plazo no mayor de tres (03) años, contados a partir de la publicación del presente Decreto Supremo, para presentar ante el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, la actualización de los Planes de Manejo Ambiental de los Estudios Ambientales; autoridad que definirá el respectivo plazo de adecuación.

Artículo 4°.- Programa de Monitoreo

4.1 Los titulares de las PTAR están obligados a realizar el monitoreo de sus efluentes, de conformidad con el Programa de Monitoreo aprobado por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. El Programa de Monitoreo especificará la ubicación de los puntos de control, métodos y técnicas adecuadas; así como los parámetros y frecuencia de muestreo para cada uno de ellos.

415676

NORMAS LEGALES

El Peruano
Lima, miércoles 17 de marzo de 2010

4.2 El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento podrá disponer el monitoreo de otros parámetros que no estén regulados en el presente Decreto Supremo, cuando existan indicios razonables de riesgo a la salud humana o al ambiente.

4.3 Sólo será considerado válido el monitoreo conforme al Protocolo de Monitoreo establecido por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, realizado por Laboratorios acreditados ante el Instituto Nacional de Defensa del Consumidor y de la Propiedad Intelectual - INDECOPI.

Artículo 5°.- Resultados de monitoreo

5.1 El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento es responsable de la administración de la base de datos del monitoreo de los efluentes de las PTAR, por lo que los titulares de las actividades están obligados a reportar periódicamente los resultados del monitoreo de los parámetros regulados en el Anexo de la presente norma, de conformidad con los procedimientos establecidos en el Protocolo de Monitoreo aprobado por dicho Sector.

5.2 El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento deberá elaborar y remitir al Ministerio del Ambiente dentro de los primeros noventa (90) días de cada año, un informe estadístico a partir de los datos de monitoreo presentados por los Titulares de las PTAR, durante el año anterior, lo cual será de acceso público a través del portal institucional de ambas entidades.

Artículo 6°.- Fiscalización y Sanción

La fiscalización del cumplimiento de los LMP y otras disposiciones aprobadas en el presente Decreto Supremo estará a cargo de la autoridad competente de fiscalización, según corresponda.

Artículo 7°.- Refrendo

El presente Decreto Supremo será refrendado por el Ministro del Ambiente y por el Ministro de Vivienda, Construcción y Saneamiento.

DISPOSICIÓN COMPLEMENTARIA FINAL

Única.- El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, en coordinación con el MINAM, aprobará el Protocolo de Monitoreo de Efluentes de PTAR en un plazo no mayor a doce (12) meses contados a partir de la vigencia del presente dispositivo.

Dado en la Casa de Gobierno, en Lima, a los dieciséis días del mes de marzo del año dos mil diez.

ALAN GARCÍA PÉREZ
Presidente Constitucional de la República

ANTONIO JOSÉ BRACK EGG
Ministro del Ambiente

JUAN SARMIENTO SOTO
Ministro de Vivienda, Construcción y Saneamiento

ANEXO

LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA LOS EFLUENTES DE PTAR

PARÁMETRO	UNIDAD	LMP DE EFLUENTES PARA VERTIDOS A CUERPOS DE AGUAS
Aceites y grasas	mg/L	20
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	10,000
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	100
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	200
pH	unidad	6.5-8.5
Sólidos Totales en Suspensión	en mL/L	150
Temperatura	°C	<35

469446-2

Designan responsable de brindar información pública y del contenido del portal de internet institucional del Ministerio

RESOLUCIÓN MINISTERIAL N° 036-2010-MINAM

Lima, 16 de marzo de 2010

CONSIDERANDO:

Que, mediante Decreto Legislativo N° 1013, se aprobó la Ley de Creación, Organización y Funciones del Ministerio del Ambiente;

Que, la Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública, cuyo Texto Único Ordenado fue aprobado por Decreto Supremo N° 043-2003-PCM, tiene por finalidad promover la transparencia de los actos del Estado y regular el derecho fundamental del acceso a la información consagrado en el numeral 5 del artículo 2° de la Constitución Política del Perú;

Que, el artículo 3° de la citada Ley, señala que el Estado tiene la obligación de entregar la información que demandan las personas en aplicación del principio de publicidad, para cuyo efecto se designa al funcionario responsable de entregar la información solicitada;

Que, asimismo, de acuerdo a lo previsto en el artículo 5° de la mencionada Ley, las Entidades Públicas deben identificar al funcionario responsable de la elaboración de los Portales de Internet;

Que, mediante Resolución Ministerial N° 070-2008-MINAM, se designó a la señorita Cristina Miranda Beas, como funcionaria responsable de brindar información que demandan las personas, y responsable del contenido de la información ofrecida en el Portal de Internet del Ministerio del Ambiente;

Que, por razones del servicio y considerando la renuncia al cargo que desempeñaba en el Ministerio del Ambiente la servidora citada en el considerando precedente, resulta necesario designar al personal responsable de brindar información en el marco de la Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública y responsable del Portal de Internet Institucional;

Con el visado de la Secretaría General y de la Oficina de Asesoría Jurídica; y

De conformidad con lo establecido en el Decreto Legislativo N° 1013, Ley de Creación, Organización y Funciones del Ministerio del Ambiente; el Texto Único Ordenado de la Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública, aprobado por Decreto Supremo N° 043-2003-PCM; y el Decreto Supremo N° 007-2008-MINAM que aprueba el Reglamento de Organización y Funciones del Ministerio del Ambiente;

SE RESUELVE:

Artículo 1°.- Designar al abogado Hugo Milko Ortega Polar como Responsable de brindar la información pública del Ministerio del Ambiente y Responsable del contenido de la información ofrecida en el Portal de Internet Institucional, de conformidad con el Texto Único Ordenado de la Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública, aprobado por Decreto Supremo N° 043-2003-PCM.

Artículo 2°.- Todos los órganos del Ministerio del Ambiente, bajo responsabilidad, deberán facilitar la información y/o documentación que les sea solicitada como consecuencia de lo dispuesto en el artículo precedente, dentro de los plazos establecidos en la normatividad vigente.

Artículo 3°.- Disponer que la presente Resolución se publique en el Diario Oficial El Peruano y en Portal de Internet del Ministerio del Ambiente.

Artículo 4°.- Notificar la presente Resolución a todos los órganos del Ministerio del Ambiente, al Órgano de Control Institucional y al responsable designado.

Regístrese, comuníquese y publíquese.

ANTONIO JOSÉ BRACK EGG
Ministro del Ambiente

469445-1