

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONIO GUILLERMO URRELO



FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y DE
PREVENCIÓN DE RIESGOS

“EFICIENCIA DEL PRETRATAMIENTO EN LA PTAR DE UNA
INDUSTRIA LACTEA DE LOS BAÑOS DEL INCA –
CAJAMARCA, 2021”

Bachilleres:

Aristi Celis Edwar

Calderón Mosqueira Karina

Asesor:

Dr. Persi Vera Zelada

Cajamarca – Perú

Agosto - 2021

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONIO GUILLERMO URRELO



Facultad de Ingeniería

Carrera Profesional de Ingeniería Ambiental y Prevención Riesgos

**EFICIENCIA DEL PRETRATAMIENTO EN LA PTAR DE UNA
INDUSTRIA LACTEA DE LOS BAÑOS DEL INCA –
CAJAMARCA, 2021.**

**Tesis presentada en cumplimiento parcial de los requerimientos para optar el Título
Profesional de Ingeniería Ambiental y Prevención de Riesgos**

Bachilleres:

Aristi Celis Edwar

Calderón Mosqueira Karina

Asesor:

Dr. Vera Zelada Persi

Cajamarca – Perú

Agosto – 2021

COPYRIGHT © 2021 by

ARISTI CELIS EDWAR

CALDERÓN MOSQUEIRA KARINA

Todos los derechos reservados

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONIO GUILLERMO URRELO

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y

PREVENCIÓN DE RIESGOS

**APROBACIÓN DE TESIS PARA OPTAR TÍTULO
PROFESIONAL**

**EFICIENCIA DEL PRETRATAMIENTO EN LA PTAR DE UNA
INDUSTRIA LACTEA DE LOS BAÑOS DEL INCA –
CAJAMARCA, 2021.**

Presidente: _____

Secretario: _____

Vocal: _____

Asesor: _____

Dedicatoria

A Dios, por habernos dado salud para llegar a cumplir uno de nuestros objetivos, además de su infinita bondad y su amor, por los triunfos y los momentos difíciles que nos ha enseñado a valorarlo cada día más.

A nuestros Padres, porque nunca dejaron de apoyarnos, confiaron en nosotros, siempre estuvieron a nuestro lado brindándonos su apoyo y sus consejos; para hacer de nosotros mejores personas, por acompañarnos durante todo nuestro trayecto estudiantil y de vida.

A nuestros familiares y amistades, gracias por su tiempo, por su apoyo, así como por la sabiduría que me transmitieron en el desarrollo de mi formación profesional.

Agradecimientos

A Dios siempre estaremos agradecidos por darnos la vida, y permitirnos así compartir momentos de felicidad con nuestros seres queridos, y por habernos dado fuerza y valor para culminar uno de nuestros objetivos en nuestras vidas.

A nuestros Padres por brindarnos su apoyo incondicional por su confianza, por su tiempo valioso que nos dedican, porque gracias a ustedes estamos realizando uno de nuestros objetivos gracias los amamos, gracias por siempre estar con cada uno de nosotros.

A los Ingenieros de la Facultad de Ingeniería Ambiental y Prevención de Riesgos de la Universidad Privada Antonio Guillermo Urrelo por compartir sus conocimientos para lograr cumplir uno de nuestros objetivos.

A nuestro asesor el Dr. Persi Vera Zelada, por toda la colaboración brindada, durante la elaboración de este proyecto, a quien le estaremos agradecidos, por hacer posible la realización de este Proyecto de Tesis para optar por nuestro Título Profesional.

Para ellos: Muchas gracias y que Dios los bendiga.

Resumen

El presente estudio de investigación evaluó la eficiencia del pretratamiento en la PTAR de una industria láctea de Los Baños del Inca – Cajamarca, 2021. La industria láctea representa un sector importante dentro de la industria alimentaria y su contribución material en términos de contaminación de las aguas receptoras es significativa, lo que hace necesario y obligatorio el tratamiento previo de sus desechos líquidos antes del vertimiento. El caudal producido por la industria láctea depende del consumo de agua en la planta procesadora. Es por ello, que se evaluó la eficiencia del pretratamiento en la PTAR de una industria láctea de Los Baños del Inca – Cajamarca. El estudio de investigación tiene diseño longitudinal; ya que, implica la existencia de medidas repetidas (más de dos) a lo largo de un seguimiento. Finalmente, después del proceso de pretratamiento, se logró la reducción de concentración de los parámetros: Temperatura, pH, turbiedad y conductividad. Finalmente se logró comparar con el DS N° 004-2017-MINAM, los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, Cat 3. Concluyendo con la eficacia del proceso de pretratamiento para el agua residual de la industria láctea.

Palabras clave: Agua residual industrial, agua residual láctea, pretratamiento.

Abstract

This research study evaluated the efficiency of pretreatment in the WWTP of a dairy industry in Baños del Inca - Cajamarca, 2021. The dairy industry represents an important sector within the food industry and its material contribution in terms of water pollution receptors is significant, which makes it necessary and mandatory to pre-treat their liquid waste before dumping. The flow produced by the dairy industry depends on the water consumption in the processing plant. That is why the efficiency of the pretreatment in the WWTP of the dairy industry of the Baños del Inca - Cajamarca was evaluated. The research study has a longitudinal design; since it implies the existence of repeated measures (more than two) throughout a follow-up. Finally, after the pretreatment process, the concentration of the parameters was removed: Temperature, pH, turbidity and conductivity. Finally, it was possible to compare with DS No. 004-2017-MINAM, the Environmental Quality Standards (ECA) for Water, Cat 3. Concluding with the effectiveness of the pre-treatment process for wastewater from the dairy industry.

Keywords: Industrial wastewater, dairy wastewater, pretreatment.

ÍNDICE

Dedicatoria.....	V
Agradecimientos.....	VI
Resumen.....	VII
Abstract.....	VIII
ÍNDICE	IX
LISTA DE TABLAS	XI
LISTA DE FIGURAS	XIII
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	14
1. Planteamiento del problema	14
1.1. Descripción de la realidad problemática	14
1.2. Formulación del problema	15
1.3. Objetivos	15
1.3.1. Objetivo general	15
1.3.2. Objetivos específicos	15
1.4. Justificación e importancia	16
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	17
2. Fundamentos teóricos de la investigación.....	17
2.1. Antecedentes teóricos.....	17
2.2. Marco teórico	24
2.3. Marco Conceptual.....	30

2.4. Hipótesis.....	32
CAPÍTULO III: MÉTODO DE INVESTIGACIÓN	33
3.1. Tipo de investigación	33
3.2. Diseño de investigación.....	33
3.3. Área de investigación.....	34
3.4. Población.....	34
3.5. Muestra	34
3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	35
3.7. Técnicas para el procesamiento y análisis de datos	36
3.7.2. Técnicas de análisis de datos	36
CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	37
4.1. Presentación, análisis e interpretación de resultados	37
4.1.1. Parámetros analizados durante junio de 2021.	37
4.1.2. Parámetros analizados durante julio de 2021.	44
4.1.3. Parámetros analizados durante agosto de 2021.	51
4.2. Discusión	57
4.3. Proceso de prueba de hipótesis	59
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	64
5.1. Conclusiones	64
5.2. Recomendaciones	65

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Resultados del pre-tratamiento del potencial de hidrogeno (pH) en comparación con el DS 004 – 2017 MINAM- CAT 3, durante el mes de junio de 2021.	37
Tabla 2. Resultados del pre-tratamiento de temperatura (T°) en comparación con el DS 004 – 2017 MINAM- CAT 3, durante el mes de junio de 2021.	40
Tabla 3. Resultados del pre-tratamiento de conductividad (C) en comparación con el DS 004 – 2017 MINAM- CAT 3, durante el mes de junio de 2021.	42
Tabla 4. Resultados del pre-tratamiento del potencial de hidrogeno (pH) en comparación con el DS 004 – 2017 MINAM- CAT 3, durante el mes de julio de 2021.	44
Tabla 5. Resultados del pre-tratamiento de temperatura (T) en comparación con el DS 004 – 2017 MINAM- CAT 3, durante el mes de julio de 2021.	46
Tabla 6. Resultados del pre-tratamiento de conductividad (C) en comparación con el DS 004 – 2017 MINAM- CAT 3, durante el mes de julio de 2021.	48
Tabla 7. Resultados del pre-tratamiento del potencial de hidrogeno (pH) en comparación con el DS 004 – 2017 MINAM- CAT 3, durante el mes de agosto de 2021.	51
Tabla 8. Resultados del pre-tratamiento de temperatura (T) en comparación con el DS 004 – 2017 MINAM- CAT 3, durante el mes de agosto de 2021.	53
Tabla 9. Resultados del pre-tratamiento de conductividad (C) en comparación con el DS 004 – 2017 MINAM- CAT 3, durante el mes de agosto de 2021.	55
Tabla 10. Estadísticas de la muestra emparejada de los parámetros pH, T° y C en la PTAR de la industria láctea de los Baños del Inca – Cajamarca, durante el mes de junio de 2021.	60

Tabla 11. Prueba T para el grado de significancia los parámetros pH, T° y C en la PTAR de la industria láctea de los Baños del Inca – Cajamarca, durante el mes de junio de 2021.	60
Tabla 12. Estadísticas de la muestra emparejada de los parámetros pH, T° y C en la PTAR de la industria láctea de los Baños del Inca – Cajamarca, durante el mes de julio de 2021.	61
Tabla 13. Prueba T para el grado de significancia los parámetros pH, T° y C en la PTAR de la industria láctea de los Baños del Inca – Cajamarca, durante el mes de julio de 2021.	61
Tabla 14. Estadísticas de la muestra emparejada de los parámetros pH, T° y C en la PTAR de la industria láctea de los Baños del Inca – Cajamarca, durante el mes de agosto de 2021.	61
Tabla 15. Prueba T para el grado de significancia los parámetros pH, T° y C en la PTAR de la industria láctea de los Baños del Inca – Cajamarca, durante el mes de agosto de 2021.	62

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del área de estudio – Planta Nestle Perú S.A.	34
Figura 3. Resultados del pre-tratamiento del potencial de hidrogeno (pH) en comparación con el DS 004 – 2017 MINAM- CAT 3, durante el mes de junio de 2021.	39
Figura 4. Resultados del pre-tratamiento de temperatura (T°) en comparación con el DS 004 – 2017 MINAM- CAT 3, durante el mes de junio de 2021.	41
Figura 5. Resultados del pre-tratamiento de conductividad (C) en comparación con el DS 004 – 2017 MINAM- CAT 3, durante el mes de junio de 2021.	43
Figura 6. Resultados del pre-tratamiento del potencial de hidrogeno (pH) en comparación con el DS 004 – 2017 MINAM- CAT 3, durante el mes de julio de 2021.	45
Figura 7. Resultados del pre-tratamiento de temperatura (T) en comparación con el DS 004 – 2017 MINAM- CAT 3, durante el mes de julio de 2021.	47
Figura 8. Resultados del pre-tratamiento de conductividad (C) en comparación con el DS 004 – 2017 MINAM- CAT 3, durante el mes de julio de 2021.	50
Figura 9. Resultados del pre-tratamiento del potencial de hidrogeno (pH) en comparación con el DS 004 – 2017 MINAM- CAT 3, durante el mes de agosto de 2021.	52
Figura 10. Resultados del pre-tratamiento de temperatura (T) en comparación con el DS 004 – 2017 MINAM- CAT 3, durante el mes de agosto de 2021.	54
Figura 11. Resultados del pre-tratamiento de conductividad (C) en comparación con el DS 004 – 2017 MINAM- CAT 3, durante el mes de agosto de 2021.	56

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1. Planteamiento del problema

1.1. Descripción de la realidad problemática

Las descargas de aguas residuales son un problema de índole global, por la falta de conciencia de empresarios y control de autoridades se ha vivido un proceso acelerado de contaminación. Hoy en día las descargas de las industrias lácteas, en su mayoría son vertidas de manera directa a los cuerpos de agua. Por ende, en la presente investigación se propone evaluar la eficiencia del pretratamiento en la PTAR de una industria láctea de Los Baños del Inca – Cajamarca, 2021. En base a los siguientes parámetros: Temperatura, pH, Conductividad y Turbiedad. Con la finalidad de eliminar el suero de leche de la descarga para que sea aprovechado en otras actividades y con esta nueva muestra se realizó el pretratamiento antes mencionado llegando debajo de los parámetros máximos permisibles. De tal manera, que este efluente al ser descargado en el agua del río Chonta, aguas abajo, sea usado para riego de vegetales y bebidas de animales.

La industria láctea es un sector económico importante en el país, en especial en la zona sur, la cual se encuentra sujeta muchas veces a cambios, producto de las variables de mercado y de producción. En la actualidad ha alcanzado avances importantes, logrando elevados estándares de calidad en sus productos, llegando

incluso a exportar a algunos países del mundo. Sin embargo, hoy los mercados no sólo exigen calidad del producto, sino, además, que los procesos productivos se desarrollen cuidando el ambiente; por lo que deben poner especial atención en el manejo y tratamiento de los desechos (Cárdenas, 2009).

1.2. Formulación del problema:

¿Cuál es la eficiencia del pretratamiento en la PTAR de una industria láctea de Los Baños del Inca – Cajamarca, 2021?

1.3. Objetivos.

1.3.1. Objetivo general:

Evaluar la eficiencia del pretratamiento en la PTAR de una industria láctea de Los Baños del Inca – Cajamarca, 2021.

1.3.2. Objetivos específicos:

Determinar los valores después del pretratamiento de los parámetros: pH, Temperatura, Conductividad y Turbiedad, en la PTAR de la industria láctea de los Baños del Inca – Cajamarca, 2021.

Comparar los valores obtenidos de los siguientes parámetros fisicoquímicos con la normativa vigente, DS N° 004 – 2017 MINAM, Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, categoría 3.

1.4. Justificación e importancia

El presente trabajo de investigación surge a partir de la problemática actual que presentan las industrias lácteas en la región Cajamarca – Los Baños del Inca, en cuanto a la generación de efluentes industriales lácteos que son vertidos directamente a los cuerpos de agua natural, causando el deterioro de estos recursos. Esta industria, sin duda, debe enfrentar dificultades que surgen de la eliminación de estos desechos, donde la eficiencia y el costo de los sistemas de tratamiento, suele representar un obstáculo para alcanzar altos estándares de calidad, en especial en el tratamiento de aguas residuales. Por esta razón, la búsqueda de técnicas eficaces, puede contribuir a mejorar los sistemas de producción, reduciendo significativamente los impactos ambientales que provoca la eliminación de desechos generados por esta industria. Por lo que, el presente estudio propone evaluar la eficiencia del pretratamiento en la PTAR de una industria láctea de Los Baños del Inca – Cajamarca, 2021.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2. Fundamentos teóricos de la investigación

2.1. Antecedentes teóricos

Pazmiño, G. (2017) El presente trabajo se realizó en la industria láctea “MONTEVERDE” con el propósito de analizar el carbón activado como filtro en el tratamiento de aguas residuales para la disminución de los parámetros de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5), Demanda Química de Oxígeno (DQO) y, aceites y grasas. Para el presente estudio se diseñó una estructura metálica con una altura de 1,80 m, se colocó un tanque que contendrá 55 gal. de agua residual con el fin de que el sistema funcione por gravedad, después pasa por un tubo PVC de $\frac{1}{2}$ “con un caudal inicial de 0,105 L/min, que se distribuye mediante una lámina en toda la superficie del material filtrante (20Kg de carbón activado).

Los resultados obtenidos evidencian la eficiencia del carbón activado con relación a la DQO que tuvo una eficiencia del 94,55% es decir el filtro tiene una gran capacidad de remoción de materia orgánica respecto con aceites y grasas también hubo una alta eficiencia del 72,02% lo que quiere decir que éste filtro tiene una gran capacidad para remoción de las mismas; por otro lado en la DBO_5 el nivel de eficiencia fue de - 10,66%, lo que quiere decir que existieron valores superiores de contaminación con relación al de agua cruda, se debe tomar en

cuenta que este no es un método integral de remoción materia orgánica y que para aumentar la eficiencia se puede mezclar el carbón activado con otro material que ayude a la disminución de contaminantes de este parámetro.

Hernández, N. (2010) Realiza el siguiente estudio con el objetivo de evaluar la eficiencia de la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) de la Sociedad Cooperativa de Producción de Quesería Holanda S.C.L, ubicada en Campo Hermoso, Nuevo Ideal, Durango, conforme a la Normatividad Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-1996. Los parámetros monitoreados fueron potencial de hidrógeno (pH), conductividad (CE), grasas y aceites (GA), sólidos totales (ST), volátiles (SVT), fijos (SFT), sedimentables (SS) y nitrógeno total (NTK).

La evaluación se llevó a cabo al comparar las entradas y salidas por parámetro de cada operación y/o proceso involucrado en la PTAR de la quesería, tomando en cuenta sus tiempos de residencia hidráulica (TRH). Los resultados indican que la planta opera con una eficiencia de remoción de GA del 87% y un 100% para los SS. Sin embargo, la concentración de GA en el efluente final excede de 8 a 11 veces lo que marca la norma (15 a 25 mg/L como límite máximo permisible). El efluente del sistema de tratamiento no cumple lo establecido por la normatividad, lo cual se ha adjudicado a varias situaciones como la falta de estandarización del proceso de producción, a la variabilidad de las características del efluente industrial, sumado al alto consumo de detergentes que ha provocado

la emulsión de las grasas y formación de espumas dentro del sistema de tratamiento (Hernández, 2010).

En Sao Paulo Brasil se construyó un sistema de biofiltración por el aumento de la contaminación de cuerpos hídricos por pesticidas, se ha incrementado el interés en la remoción de dichos compuestos durante el tratamiento de agua potable, el uso de filtros lentos de arena seguidos por filtros de carbón activado puede representar un sistema eficiente en el tratamiento del agua. El experimento se realizó durante 16 semanas para evaluar la eficiencia de la filtración lenta utilizando carbón activado granular (CAG) como materia prima en la remoción del herbicida atrazina. El sistema de biofiltración está constituido por un tanque en el que se deposita el agua a tratarse, el agua sube a través de tubos de PVC con la ayuda de una bomba a un reservorio de agua más pequeño que distribuye por tubos de PVC a 2 filtros de carbón activado para finalmente depositar el agua en un reservorio. La eficiencia media en la remoción de atrazina fue del 97,3% y las concentraciones registradas en el efluente final durante el 97% del tiempo fueron inferiores a los límites máximos permitidos por las normas para agua potable de dicho país, posibilitando el uso del sistema adoptado en la remoción del pesticida, asegurando la calidad del líquido para su distribución y consumo humano (Hernández, 2010).

Hernández, N. (2010) Las industrias lácteas se pueden dividir en diversos tipos de factorías dependiendo del tipo de producto que procesen, como la obtención de leche fresca, pasteurizada y descremada, fabricación de mantequillas, leche condensada, leche en polvo y fabricación de quesos. Las AR generadas por estas factorías están constituidas en su mayor parte por leche entera, leche tratada y suero de derrames obligados o accidentales; derrames que llegan a los sistemas de tratamiento debido a un deficiente diseño o funcionamiento del proceso; restos de lavados que contienen productos químicos, alcalinos u otros, utilizados para limpiar los recipientes, lo mismo que restos parcialmente caramelizados de depósitos, tanques, utensillos, zonas calientes, y sistemas de evaporación.

Gómez, G. & Ramos, M. (2013) Señala que las aguas residuales de las industrias lácteas contienen altos niveles de grasa; esta, debido a su baja velocidad de degradación, dificulta el tratamiento biológico y causa problemas operacionales. Objetivo. Evaluar la eficiencia de la lipasa de *Candida rugosa* inmovilizada en una organobentonita en el pre-tratamiento de las aguas residuales de la industria láctea. Materiales y métodos. Se utilizó una lipasa de *Candida rugosa* inmovilizada sobre una organobentonita para hidrolizar las grasas presentes en una muestra de agua residual proveniente del proceso de elaboración de quesos. La constante de *Michaelis-Menten* (K_m) y la velocidad de reacción máxima (V_{max}) se obtuvieron por regresión no lineal. Se determinó el

grado de reducción del contenido de grasas totales y demanda química de oxígeno (DQO) como resultado del pre-tratamiento enzimático.

Finalmente, se evaluó la estabilidad operacional del sistema biocatalítico mediante la reutilización de la enzima inmovilizada en 3 ciclos de reacción. Resultados. Los valores de K_m fueron $421, 71 \pm 40, 54$ y $1513, 79 \pm 239, 03$ ppm, mientras que los valores de V_{max} fueron $10, 74 \pm 1, 03$ y $0, 30 \pm 0, 05$ $\mu\text{mol/mL} \cdot \text{min}$ para la enzima libre e inmovilizada, respectivamente. Se logró una reducción del 70 % en el contenido de las grasas totales y 19, 20 % en la DQO después de la hidrólisis enzimática. Por último, la reducción en el contenido de grasas se mantuvo cercana a 67 % después de 3 ciclos de reacción usando la lipasa inmovilizada. Conclusiones. Los resultados obtenidos mostraron el potencial del uso de lipasas inmovilizadas para el pre-tratamiento de aguas residuales con alto contenido de grasas (Gómez & Ramos, 2013).

Bedoya, O. & Sousa, L. (2009) Debido a sus ventajas respecto a los procesos aerobios en términos de mayor grado de estabilización de las aguas residuales, bajo crecimiento de biomasa y requerimientos nutricionales, producción de metano y no requerimiento de oxígeno, la digestión anaerobia es una alternativa viable para el tratamiento de las aguas residuales de la industria láctea. En esta investigación se evaluó el rendimiento y capacidad de un reactor anaerobio de lecho de fangos (UASB) para remover la carga de materia orgánica contenida en suero de quesería.

El reactor UASB fue operado con un tiempo de retención hidráulica (TRH) de 1,3 días y velocidades de carga orgánica entre 1,7 a 18,5 g de DQO/L/d. Los máximos niveles de reducción de la demanda química de oxígeno (DQO) y de sólidos totales volátiles (STV) alcanzados fueron 98% y 97,2% respectivamente, con una velocidad de carga orgánica en el reactor de 9,6 g DQO/L/d, observándose una reducción en la eficiencia de remoción de la DQO hasta niveles de 77% cuando la carga orgánica se llevó a 18,6 g DQO/L/d. La producción máxima de gas metano generado a partir del suero de queso estudiado fue de 0,27 L CH₄/g DQO afluente, con un contenido de metano en el biogás de 56%. Con base en los resultados se puede concluir que es recomendable el uso de reactores UASB para el tratamiento anaerobio de sueros de quesería, obteniéndose un efluente de buena calidad para su descarga final (Bedoya & Sousa, 2009).

Herrera, F. & Corpas, E. (2013) El agua residual generada en la industria láctea posee altas cargas contaminantes que evidencian impactos en los cuerpos receptores y por tanto hacen necesarios técnicos más potentes para alcanzar las reducciones impuestas por la normatividad ambiental vigente. Los resultados aquí expuestos muestran la capacidad de una mezcla de microorganismos benéficos (MB) para reducir cargas contaminantes en agua residual generados en una planta de producción en la industria láctea, teniendo como indicadores, demanda biológica de oxígeno (DBO₅), demanda química de oxígeno (DQO), sólidos suspendidos totales (SST) y sólidos Totales (ST) para dos tipos de

residuos, aguas de lavado (mañana) y aguas de proceso (tarde), se encontraron reducciones en la DQO de 71,65 % (tarde) y 66,96 % (mañana), en la DBO de 68,58 % (tarde) y 61,22 % (mañana), en los ST de 70,45 % (tarde) y 70,34 % (mañana) y para los SST se alcanzaron reducciones de 78,77 % (tarde) y 71,48 % (mañana). Los resultados obtenidos experimentalmente fueron analizados mediante un Análisis de varianza (ANOVA) permitiendo encontrar niveles de interacción entre las variables de respuesta seleccionadas. Finalmente se hacen recomendaciones necesarias para alcanzar el cumplimiento de la Legislación Ambiental vigente en cuanto a calidad y uso del recurso hídrico.

Ruíz, A. & Giraldo, L. (2007) La industria láctea genera gran cantidad de aguas residuales, concentrando en estas la mayor cantidad de contaminantes originados en sus procesos. Las aguas residuales de la industria láctea se caracterizan por poseer una gran cantidad de materia orgánica, especialmente grasas y aceites, además de sólidos suspendidos y valores de pH que se salen de los rangos aceptables para vertimiento. La electrocoagulación es un proceso que se ha venido desarrollando en los últimos años y que se presenta como alternativa de tratamiento para las aguas residuales de esta industria, ofreciendo múltiples ventajas comparativas con las tecnologías tradicionales. Objetivo. Estudiar la aplicación de electrocoagulación como tratamiento de las aguas residuales de la industria láctea. Materiales y métodos. Las aguas residuales de la industria láctea fueron tratadas por electrocoagulación empleando un diseño experimental

factorial 3x2x3, que obedece a variaciones de pH, densidad de corriente y tiempo de tratamiento, las variables de respuesta medidas fueron porcentajes de remoción de DQO y grasas y aceites. Resultados. Las remociones de DQO fueron del orden del 94 % y la de grasas y aceites del orden del 99 % a pH ácido y a tiempo de tratamiento de 15 minutos. Conclusión. La electrocoagulación se vislumbra como un tratamiento eficiente para la remoción de contaminantes en las aguas residuales industriales, específicamente en el caso de la industria láctea como sucedió en esta investigación.

2.2. Marco teórico

Agua residual láctea

Las aguas residuales de las industrias lácteas contienen altos niveles de grasa, la cual, debido a su baja velocidad de degradación, dificulta el tratamiento biológico y causa problemas operacionales como pérdida de eficiencia, colapso del reactor debido a la formación de espuma que causa la flotación de biomasa granular; formación de capas de grasa en la superficie del reactor, las cuales no se digieren; obstrucciones y malos olores debido a la solidificación de las grasas a bajas temperaturas, entre otros.

Los métodos convencionales para retirar las grasas antes de la biodigestión, tales como trampas de grasa, filtración con membranas, coagulación, adsorción en carbón activado y tratamientos físico-químicos, tienen desventajas como la

necesidad de reactivos de alto costo, baja eficiencia de remoción, producción de lodos extremadamente problemáticos, etc. (Gómez & Ramos, 2013).

Composición de las aguas residuales lácteas

El agua residual, producto de la unidad de procesamiento de la leche, se genera en su mayoría en la pasteurización, homogeneización de la leche líquida y elaboración de productos lácteos tales como mantequilla, queso, leche en polvo, entre otros. El volumen, concentración y composición del efluente procedente de una planta de lácteos depende del tipo de producto que se está procesando, del programa de producción y de los métodos de operación y diseño de la planta de procesamiento (Ruíz & Giraldo, 2007).

La industria láctea representa una de las principales fuentes de contaminación de los recursos hídricos, ya que en sus procesos de producción se utiliza aproximadamente entre 1,3-3,2 L de agua/kg de leche recibida (Lopez & Harnisth, 2016).

Vertidos y composición general

Toda el agua consumida, exceptuando las pérdidas por evaporación en los circuitos de refrigeración, se vierte, ya que no se incorpora al producto final. Los consumos de agua son muy variables en función de: Número y tipo de productos elaborados, Tipo de proceso productivo, Existencia de sistemas de recirculación

de agua, en una fábrica lechera puede esperarse un volumen de vertido de entre 1,5 a 2,5 litros por cada litro de leche procesada, y en el conjunto de la industria láctea el rango se amplía de 2 a 5 litros (Pazmiño, 2017).

Sistemas de tratamiento para efluentes de industrias lácteas.

El creciente grado de exigencia relativo a los parámetros de impacto medioambiental hace que hoy día no sea suficiente instalar cualquier sistema de tratamiento que depure de manera eficiente los vertidos. Se debe seleccionar el mejor proceso de depuración, tanto desde el punto de vista técnico como económico, que permita obtener un efluente de calidad suficiente y por supuesto, alcanzar los parámetros de vertido establecidos por la legislación local. Los efluentes provenientes de la industria láctea contienen disueltos azúcares, proteínas, grasas y algunas veces los residuos de aditivos utilizados en producción (Cárdenas, 2009).

La planta de tratamiento debe ser diseñada basándose en las siguientes características: Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), Demanda Química de Oxígeno (DQO), Sólidos Totales Suspendedos (STS), Sólidos Totales Disueltos (STD), fósforo (P), nitrógeno (N) y pH (BYRNE, 2002). La serie de unidades de proceso elegidas para el tratamiento de cualquier efluente son determinadas dependiendo del tipo de contaminante a eliminar, el espacio disponible, la ubicación, la calidad requerida para el efluente final, las características de las aguas residuales y del medio receptor.

Existen distintas etapas o fases para tratar los efluentes, cada una de ellas implica diferentes procesos tanto químicos como físicos y biológicos. En general los tipos de tratamiento pueden agruparse en:

a. Pre-tratamiento.

El primer paso en el tratamiento del agua residual consiste en la separación de los sólidos gruesos. El procedimiento más habitual se basa en hacer pasar el agua residual a través de rejas de barras o de tamices. Las rejas de barras suelen tener aberturas libres entre barras de 15 mm o mayores, mientras que los tamices se caracterizan por disponer de aberturas libres inferiores a los 15 mm (METCALF y EDDY, 1995). RAMALHO (1996), señala que los pre-tratamientos de aguas residuales implican la reducción de sólidos en suspensión o el acondicionamiento de las aguas residuales para su descarga en los receptores o para pasar a un tratamiento secundario a través de una neutralización u homogeneización. Se describen en el pre-tratamiento los siguientes procedimientos:

Rejas de gruesos.

Para la eliminación de aquellos sólidos de gran tamaño (> 15 mm) que puedan interferir con las posteriores etapas del tratamiento, se deben instalar cámaras de reja de limpieza manual o auto limpiantes. Los sólidos separados mediante

este sistema son dispuestos como basura doméstica en rellenos sanitarios, o reciclados hacia otro sector, si son posibles de clasificar. Donde existen procesos de envasado, se evacuan hacia el efluente pedazos de plástico (producto del recorte de los envases de yogurt), papel aluminizado (producto de los envases larga vida y recortes de la tapa de yogurt y envases de helado), además es posible encontrar guantes plásticos, cofias y mascarillas. Estos sólidos no se degradan biológicamente y provocan problemas en las posteriores etapas, razón por la cual es necesario removerlos previamente (CHILE, COMISIÓN NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE. CONAMA, 1998).

Tamices

Los residuos finos son aquellos materiales que quedan retenidos en tamices con aberturas libres < 15 mm. Los tamices con aberturas entre 2 y 6 mm retienen del 5 al 10% de los sólidos suspendidos, mientras que los tamices con aberturas entre 0,75 y 1,5 mm pueden retener entre el 10 y el 15%, aunque se han obtenido porcentajes de retención mayores. Los residuos finos contienen cantidades substanciales de grasas y espumas, razón por la cual es necesario manejar y eliminar los residuos adecuada y constantemente (METCALF y EDDY, 1995).

Neutralización de pH

Se aplica cuando el afluente tiene un pH fuera de los límites aceptables. Normalmente, se utilizan ácidos o bases (soda cáustica) para llevar el pH a un rango cercano a 7 (ZAROR, 2000). La influencia del pH dentro de una planta de tratamiento es tanto química como biológica. El control del pH es necesario para asegurar que las aguas residuales no dañen las estructuras, equipos o cañerías. De igual forma es necesaria la neutralización del RIL ya que la mayoría de los procesos biológicos operan en un rango neutro (BYRNE, 2002). 18 En la actualidad, se usan sistemas automáticos de control de pH, los que permiten una buena regulación de éste frente a cambios de carga y flujo.

Ecualización de flujo

El estanque de ecualización tiene por objeto proporcionar tanto un caudal como características físico-químicas del RIL a tratar, lo más homogéneas posible (CHILE, CONAMA, 1998a). ZAROR (2000), señala que el flujo y composición de los residuos líquidos presenta enormes variaciones durante la operación rutinaria de la planta, reflejando diferentes operaciones que tienen lugar durante el proceso. Lo cual puede presentar serios problemas, particularmente para las operaciones de tratamiento secundario, que se caracterizan por ser procesos muy lentos, cuya eficiencia es muy sensible a las variaciones de flujo y concentración (Cárdenas, 2009).

2.3. Marco Conceptual

pH

El potencial Hidrógeno (pH) es una forma convencional y muy conveniente de expresar según una escala numérica adimensional, el grado de acidez o basicidad de soluciones acuosas diluidas. Es en realidad una medida de la actividad de los iones hidrógeno en una solución electrolítica (Coila, 2017).

Turbiedad

Reducción de la transparencia de un líquido causada por la presencia de materia sin disolver. La turbidez, también es nombrada turbiedad. (Olsen, 1986). se emplea para indicar calidad de las aguas vertidas en relación con la materia coloidal y residual en suspensión. La materia coloidal, absorbe la luz e impide su transmisión, sin embargo, no es posible decir que existe una relación entre turbiedad y concentración de sólidos en suspensión de un agua no tratada (Coila, 2017).

Temperatura

Influye decisivamente en la actividad de los microorganismos. Los rangos de temperatura se clasifican en:

Rango Psicrófilico

$T < 15^{\circ}\text{C}$

Rango Mesófilico

$$15 < T < 45\text{ }^{\circ}\text{C}$$

Rango Termófilico

$$50 < T < 65\text{ }^{\circ}\text{C}$$

La mayoría de las bacterias metanogénicas son mesófilicas y tienen una temperatura óptima de 35 °C (Morales, 2014)

Hanneman (2003), señala que la temperatura puede ser cuantificada on-line por medio de sensores los cuales poseen recursos o aplicaciones de almacenamiento. Este parámetro puede ser determinado con la ayuda de la medición del pH, puesto que la compensación de temperatura del electrodo del pH, proporciona información sobre este parámetro.

Conductividad

La conductividad es una medida de la propiedad que poseen las soluciones acuosas para conducir la corriente eléctrica. Esta propiedad depende de la presencia de iones, su concentración, movilidad, valencia y de la temperatura de la medición. Las soluciones de la mayor parte de los compuestos inorgánicos son buenas conductoras. Las moléculas orgánicas al no disociarse en el agua, conducen la corriente en muy baja escala. Para la determinación de la

conductividad la medida física hecha en el laboratorio es la resistencia, en ohmios o megaohmios. La conductividad es el inverso de la resistencia específica, y se expresa en micromho por centímetro ($\mu\text{mho/cm}$), equivalentes a microsiemens por centímetro ($\mu\text{S/cm}$) o milisiemens por centímetro (mS/cm) en el Sistema Internacional de Unidades (MINAM, 2006).

2.4. Hipótesis

H₁: El pretratamiento es eficiente en la PTAR de una industria láctea de Los Baños del Inca – Cajamarca, 2021.

H₀: El pretratamiento no es eficiente en la PTAR de una industria láctea de Los Baños del Inca – Cajamarca, 2021.

CAPÍTULO III: MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación

Es una investigación Cuasi - experimental, ya que evalúa el efecto de la variable independiente con el fin realizar un enfoque científico con la variable dependiente, sujeta a un experimento mediante un análisis sistemático en laboratorio, con el propósito de predecir y controlar los valores de: Temperatura, pH, turbiedad y conductividad del agua residual de la industria láctea, Baños del Inca, Cajamarca, 2021. Mediante el proceso de Pretratamiento.

3.2. Diseño de investigación

El estudio de investigación tiene diseño longitudinal, implica la existencia de medidas repetidas (más de dos) a lo largo de un seguimiento. Las particularidades de este tipo de diseño hacen que se tenga que prestar atención especial al control de calidad durante su ejecución, a los abandonos durante el seguimiento, y a los datos perdidos en algunas de las mediciones. El análisis debe tener en cuenta las medidas repetidas y esto es lo que confiere finalmente a un estudio su carácter longitudinal (Delgado & Llorca, 2009).

3.3. Área de investigación

NESTLE PERÚ S.A-Planta Cajamarca ubicado en Jirón Pachacutec N° 113, distrito de Baños del Inca, provincia y departamento de Cajamarca.

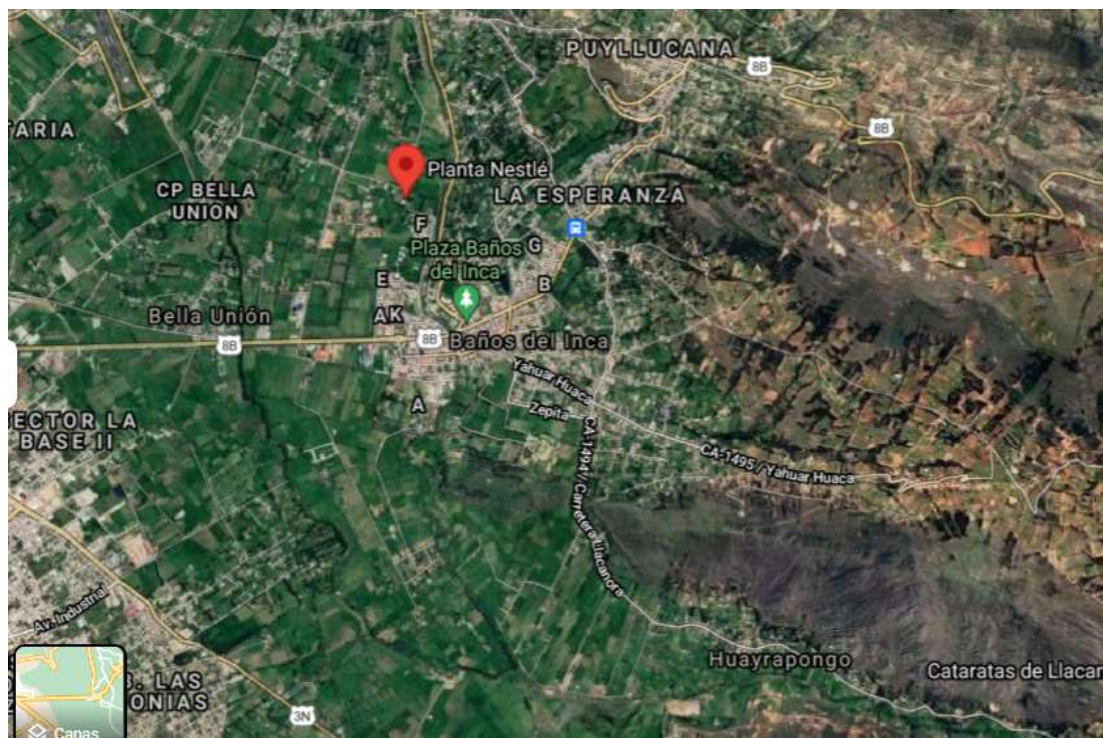


Figura 1. Ubicación del área de estudio – Planta Nestle Perú S.A.

3.4. Población

Agua residual de la industria láctea, Baños del Inca, Cajamarca, 2021

3.5. Muestra

Volumen del agua residual de una industria láctea necesaria para determinar los parámetros: Temperatura, pH, Conductividad y Turbiedad.

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnicas: La observación y registro de datos.

Instrumentos: Guías estandarizadas para descargas industriales y fichas de registros de datos.

Las actividades que nos permitan realizar lo antes indicado, son las siguientes:

- Medidas de pH
- Medidas de Temperatura
- Medidas de Conductividad
- Análisis estadístico de los datos obtenidos

Las principales técnicas que se utilizará en la investigación son:

- Analizar los datos, por medio de bases de datos (mensual)
- Evaluar el efecto del pretratamiento
- Comparar con el DS 004 – 2017 MINAM

3.7. Técnicas para el procesamiento y análisis de datos

Luego de recoger los datos para la investigación se desarrolló de forma manual, para luego ser calculados, analizados y comparados con la guía ambiental para descargas industriales. Y el análisis estadístico de la presente investigación se desarrollará mediante el software estadístico SPSS, con la prueba de t – Student.

3.7.2. Técnicas de análisis de datos

Finalmente, después de alcanzar los datos para la investigación se procederá de manera manual, para luego ser calculados, analizados y comparados con el D.S. N° 003-2010-MINAM, Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales. Y el análisis estadístico de la presente investigación se desarrollará mediante el software estadístico SPSS, con la prueba de t – Student.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Presentación, análisis e interpretación de resultados

Los parámetros analizados en esta investigación son: pH, Temperatura y Conductividad. Se realizó mediante la toma de muestras durante los meses junio, julio y agosto.

Realizando la toma de muestras mensualmente de manera diaria. En las siguientes tablas y gráficos se muestran los valores de los parámetros pH, Temperatura y Conductividad. Los resultados fueron comparados con el DS 004 -2017 MINAM, CAT 3.

4.1.1. Parámetros analizados durante de junio de 2021.

Tabla 1.

Resultados del pretratamiento del potencial de hidrógeno (pH) en comparación con el DS 004 – 2017 MINAM- CAT 3, durante el mes de junio de 2021.

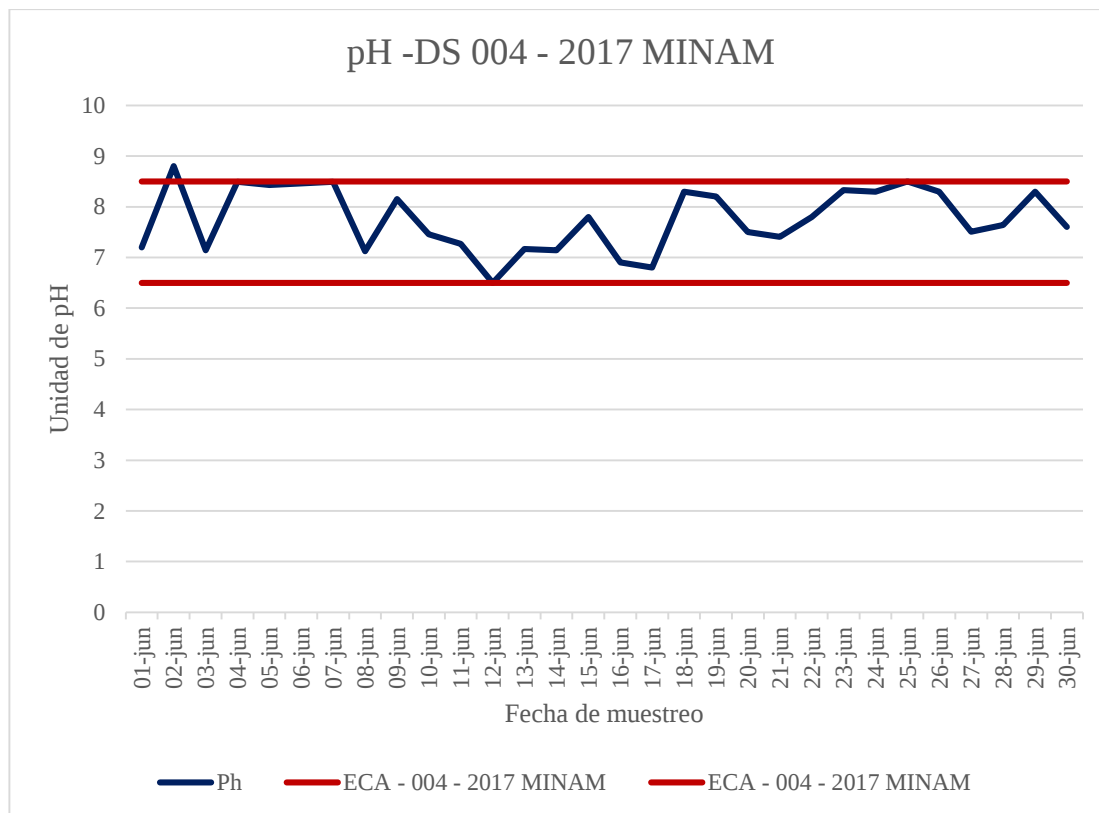
FECHAS DE MUESTREO	pH (unidad de pH)	ECA - 004 - 2017 MINAM	
1-Jun	7.2	6.5	8.5
2-Jun	8.8	6.5	8.5
3-Jun	7.14	6.5	8.5
4-Jun	8.49	6.5	8.5
5-Jun	8.43	6.5	8.5
6-Jun	8.46	6.5	8.5
7-Jun	8.49	6.5	8.5
8-Jun	7.12	6.5	8.5
9-Jun	8.15	6.5	8.5
10-Jun	7.46	6.5	8.5
11-Jun	7.27	6.5	8.5

12-Jun	6.5	6.5	8.5
13-Jun	7.17	6.5	8.5
14-Jun	7.14	6.5	8.5
15-Jun	7.8	6.5	8.5
16-Jun	6.9	6.5	8.5
17-Jun	6.8	6.5	8.5
18-Jun	8.3	6.5	8.5
19-Jun	8.2	6.5	8.5
20-Jun	7.5	6.5	8.5
21-Jun	7.41	6.5	8.5
22-Jun	7.8	6.5	8.5
23-Jun	8.33	6.5	8.5
24-Jun	8.3	6.5	8.5
25-Jun	8.5	6.5	8.5
26-Jun	8.3	6.5	8.5
27-Jun	7.51	6.5	8.5
28-Jun	7.64	6.5	8.5
29-Jun	8.3	6.5	8.5
30-Jun	7.6	6.5	8.5

Para facilitar la interpretación de los valores del parámetro pH, según la Tabla 1. La toma de muestra del agua residual de la PTAR de una industria láctea de los Baños del Inca – Cajamarca, 2021. Se realizó todos los días, durante los meses de junio, julio y agosto. Los resultados obtenidos en el pretratamiento cumplen con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, Cat 3, establecidos en el DS 004 -2017 MINAM, durante la primera semana del mes de junio.

Figura 2.

Resultados del pre-tratamiento del potencial de hidrógeno (pH) en comparación con el DS 004 – 2017 MINAM- CAT 3, durante el mes de junio de 2021.



La concentración de pH del agua residual de la PTAR de una industria láctea de los Baños del Inca – Cajamarca, 2021 se detallan en la tabla 1 y figura 2, según los datos arrojados cumplen con los valores establecidos en los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, Cat 3, establecidos en el DS 004 -2017 MINAM, durante la primera semana del mes de junio.

Tabla 2.

Resultados del pretratamiento de temperatura (T°) en comparación con el DS 004 – 2017 MINAM-CAT 3, durante el mes de junio de 2021.

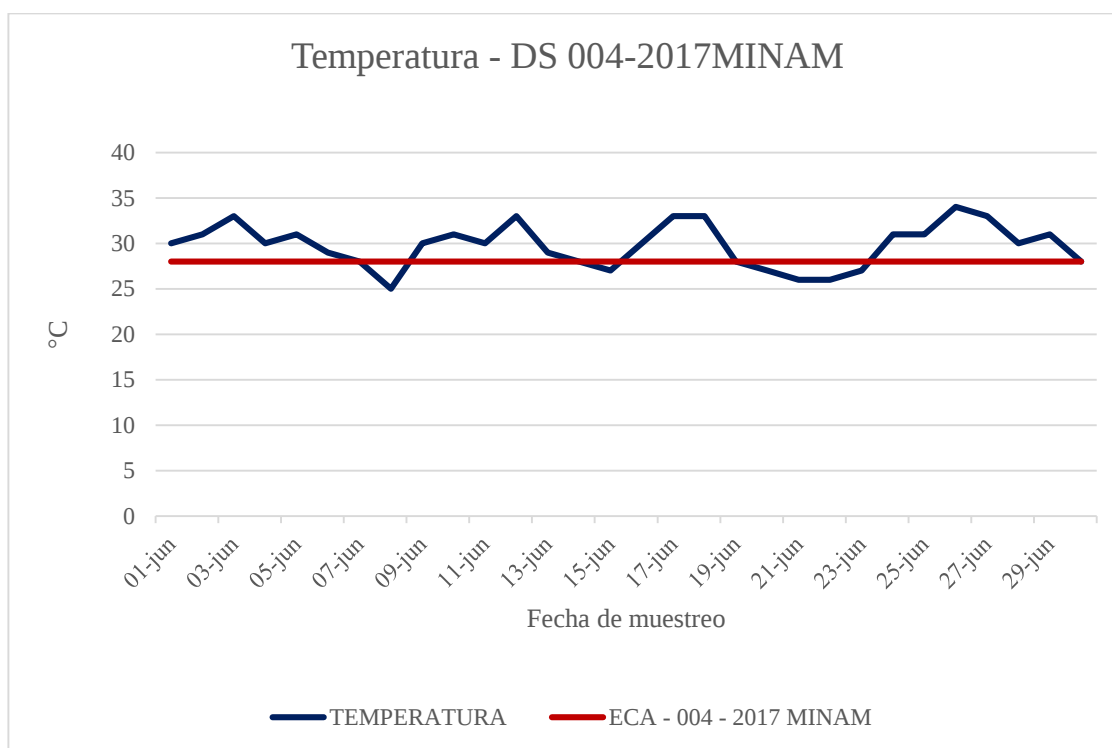
FECHAS DE MUESTREO	TEMPERATURA (°C)	ECA - 004 - 2017 MINAM
1-Jun	30	28
2-Jun	31	28
3-Jun	33	28
4-Jun	30	28
5-Jun	31	28
6-Jun	29	28
7-Jun	28	28
8-Jun	25	28
9-Jun	30	28
10-Jun	31	28
11-Jun	30	28
12-Jun	33	28
13-Jun	29	28
14-Jun	28	28
15-Jun	27	28
16-Jun	30	28
17-Jun	33	28
18-Jun	33	28
19-Jun	28	28
20-Jun	27	28
21-Jun	26	28
22-Jun	26	28
23-Jun	27	28
24-Jun	31	28
25-Jun	31	28
26-Jun	34	28
27-Jun	33	28
28-Jun	30	28
29-Jun	31	28
30-Jun	28	28

Para facilitar la interpretación de los valores del parámetro de Temperatura, según la Tabla 2. La toma de muestra del agua residual de la PTAR de una industria láctea de Los Baños del Inca – Cajamarca, 2021. Se realizó todos los días, durante los meses de

junio, julio y agosto. Producto del pretratamiento los resultados de la temperatura se encuentran en el rango establecido (variación de $\pm 3^{\circ}\text{C}$), con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, Cat 3, establecidos en el DS 004 -2017 MINAM.

Figura 3.

Resultados del pre-tratamiento de temperatura (T°) en comparación con el DS 004 – 2017 MINAM-CAT 3, durante el mes de junio de 2021.



La concentración de Temperatura del agua residual de la PTAR de una industria láctea de los Baños del Inca – Cajamarca, 2021 se detallan en la tabla 2 y figura 3, según los datos arrojados la temperatura después del pretratamiento se encuentran en los rangos establecidos en los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, Cat 3, establecidos en el DS 004 -2017 MINAM. Durante el mes de junio.

Tabla 3.

Resultados del pre-tratamiento de conductividad (C) en comparación con el DS 004 – 2017 MINAM-CAT 3, durante el mes de junio de 2021.

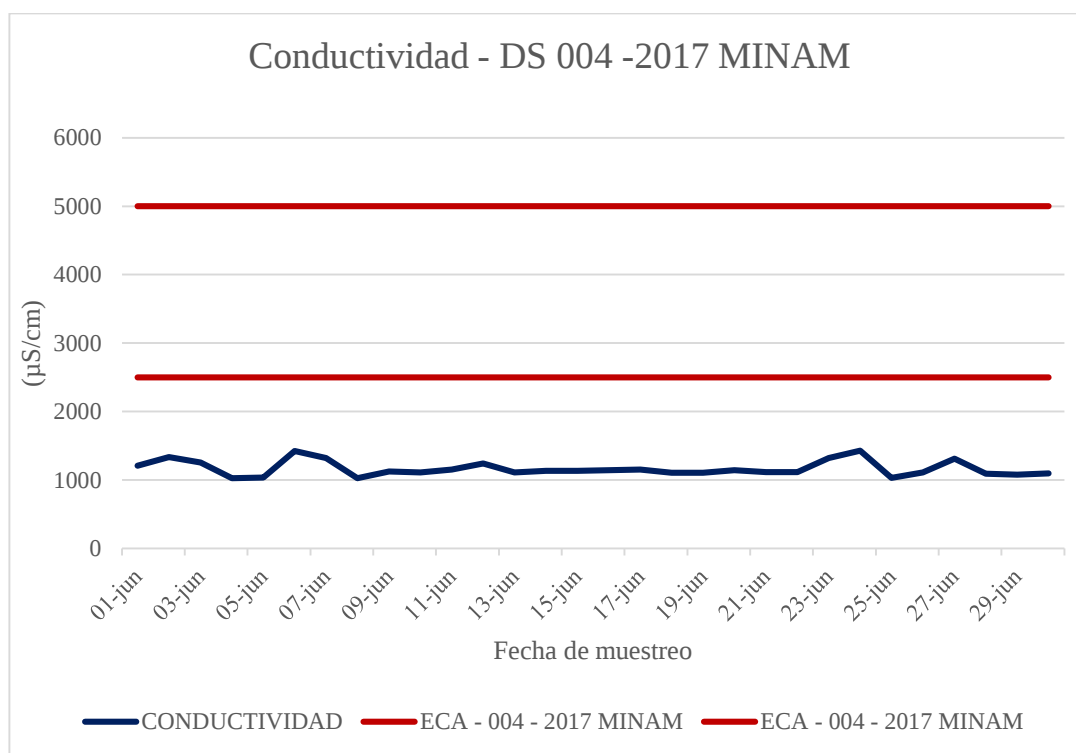
FECHAS DE MUESTREO	CONDUCTIVIDAD (µS/cm)	ECA - 004 - 2017 MINAM	
1-Jun	1206	2500	5000
2-Jun	1335	2500	5000
3-Jun	1256	2500	5000
4-Jun	1026	2500	5000
5-Jun	1035	2500	5000
6-Jun	1423	2500	5000
7-Jun	1320	2500	5000
8-Jun	1024	2500	5000
9-Jun	1124	2500	5000
10-Jun	1110	2500	5000
11-Jun	1150	2500	5000
12-Jun	1240	2500	5000
13-Jun	1112	2500	5000
14-Jun	1131	2500	5000
15-Jun	1132	2500	5000
16-Jun	1142	2500	5000
17-Jun	1150	2500	5000
18-Jun	1104	2500	5000
19-Jun	1106	2500	5000
20-Jun	1143	2500	5000
21-Jun	1113	2500	5000
22-Jun	1115	2500	5000
23-Jun	1320	2500	5000
24-Jun	1430	2500	5000
25-Jun	1032	2500	5000
26-Jun	1111	2500	5000
27-Jun	1311	2500	5000
28-Jun	1090	2500	5000
29-Jun	1075	2500	5000
30-Jun	1098	2500	5000

Para facilitar la interpretación de los valores de la conductividad, según la Tabla 3. La toma de muestra del agua residual de la PTAR de una industria láctea de los Baños del Inca – Cajamarca, 2021. Se realizó todos los días, durante los meses de junio, julio y

agosto. Los resultados del pretratamiento para la conductividad indican que se encuentran por debajo de lo establecido en los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, Cat 3, establecidos en el DS 004 – 2017 MINAM.

Figura 4.

Resultados del pre-tratamiento de conductividad (C) en comparación con el DS 004 – 2017 MINAM-CAT 3, durante el mes de junio de 2021.



Los valores de Conductividad del agua residual de la PTAR de una industria láctea de los Baños del Inca – Cajamarca, 2021 se detallan en la tabla 3 y figura 4, según los datos arrojados no sobrepasan el rango establecido por los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, Cat 3. Estipulados en el DS 004-2017MINAM. Durante el mes de junio.

4.1.2. Parámetros analizados durante de julio de 2021.

Tabla 4.

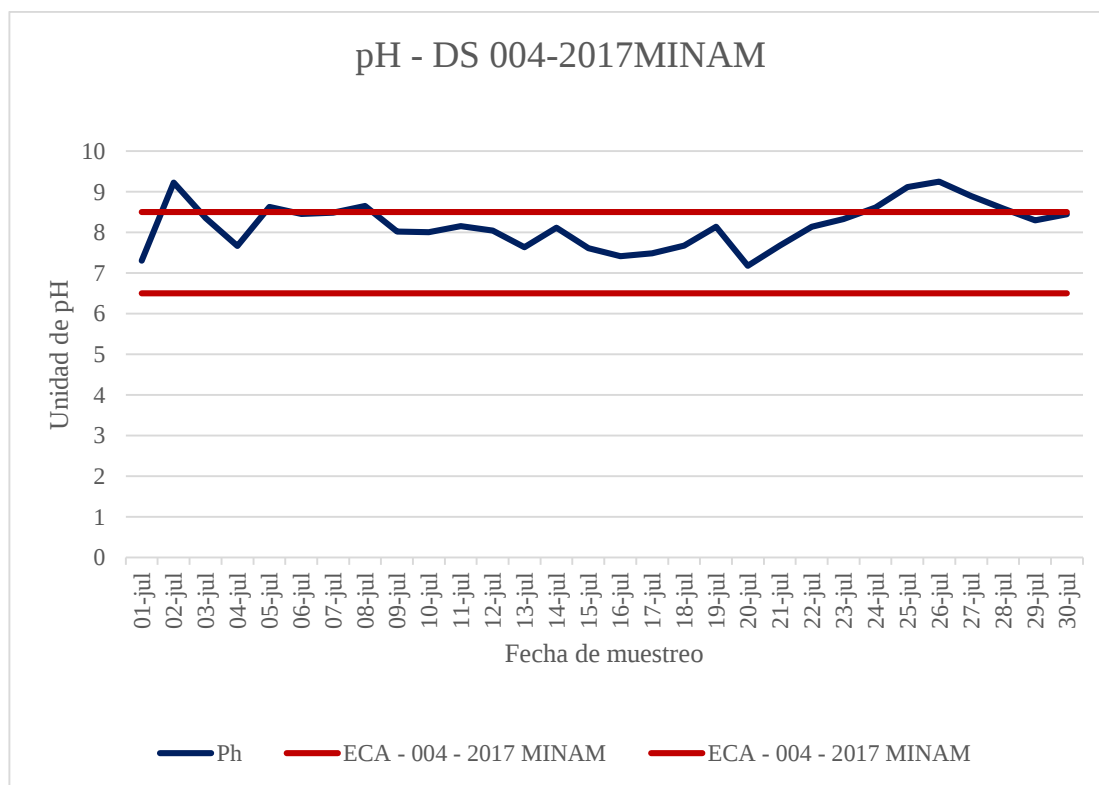
Resultados del pre-tratamiento del potencial de hidrógeno (pH) en comparación con el DS 004 – 2017 MINAM- CAT 3, durante el mes de julio de 2021.

FECHAS DE MUESTREO	pH (unidad de pH)	ECA - 004 - 2017 MINAM	
1-Jul	7.31	6.5	8.5
2-Jul	9.23	6.5	8.5
3-Jul	8.35	6.5	8.5
4-Jul	7.67	6.5	8.5
5-Jul	8.63	6.5	8.5
6-Jul	8.46	6.5	8.5
7-Jul	8.49	6.5	8.5
8-Jul	8.65	6.5	8.5
9-Jul	8.02	6.5	8.5
10-Jul	8.01	6.5	8.5
11-Jul	8.16	6.5	8.5
12-Jul	8.05	6.5	8.5
13-Jul	7.64	6.5	8.5
14-Jul	8.12	6.5	8.5
15-Jul	7.61	6.5	8.5
16-Jul	7.42	6.5	8.5
17-Jul	7.49	6.5	8.5
18-Jul	7.68	6.5	8.5
19-Jul	8.14	6.5	8.5
20-Jul	7.18	6.5	8.5
21-Jul	7.68	6.5	8.5
22-Jul	8.14	6.5	8.5
23-Jul	8.33	6.5	8.5
24-Jul	8.61	6.5	8.5
25-Jul	9.12	6.5	8.5
26-Jul	9.25	6.5	8.5
27-Jul	8.9	6.5	8.5
28-Jul	8.59	6.5	8.5
29-Jul	8.3	6.5	8.5
30-Jul	8.45	6.5	8.5

Para facilitar la interpretación de los valores del parámetro pH, según la Tabla 4. La toma de muestra del agua residual de la PTAR de una industria láctea de los Baños del Inca – Cajamarca, 2021. Se realizó todos los días, durante los meses de junio, julio y agosto. Los resultados indican que los días 2, 5, 8, 24, 25 ,26 y 28 de julio el pH fue superó al rango superior establecido en los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, Cat 3 establecidos en el DS 004-2017 MINAM.

Figura 5.

Resultados del pretratamiento del potencial de hidrógeno (pH) en comparación con el DS 004 – 2017 MINAM- CAT 3, durante el mes de julio de 2021.



La concentración de pH del agua residual de la PTAR de una industria láctea de los Baños del Inca – Cajamarca, 2021 se detallan en la tabla 4 y figura 5, según los datos arrojados sobrepasan con concentraciones significativas los Estándares de Calidad

Ambiental (ECA) para Agua, Cat 3, establecidos en el DS 004-2017MINAM, durante la primera y última semana del mes de julio.

Tabla 5.

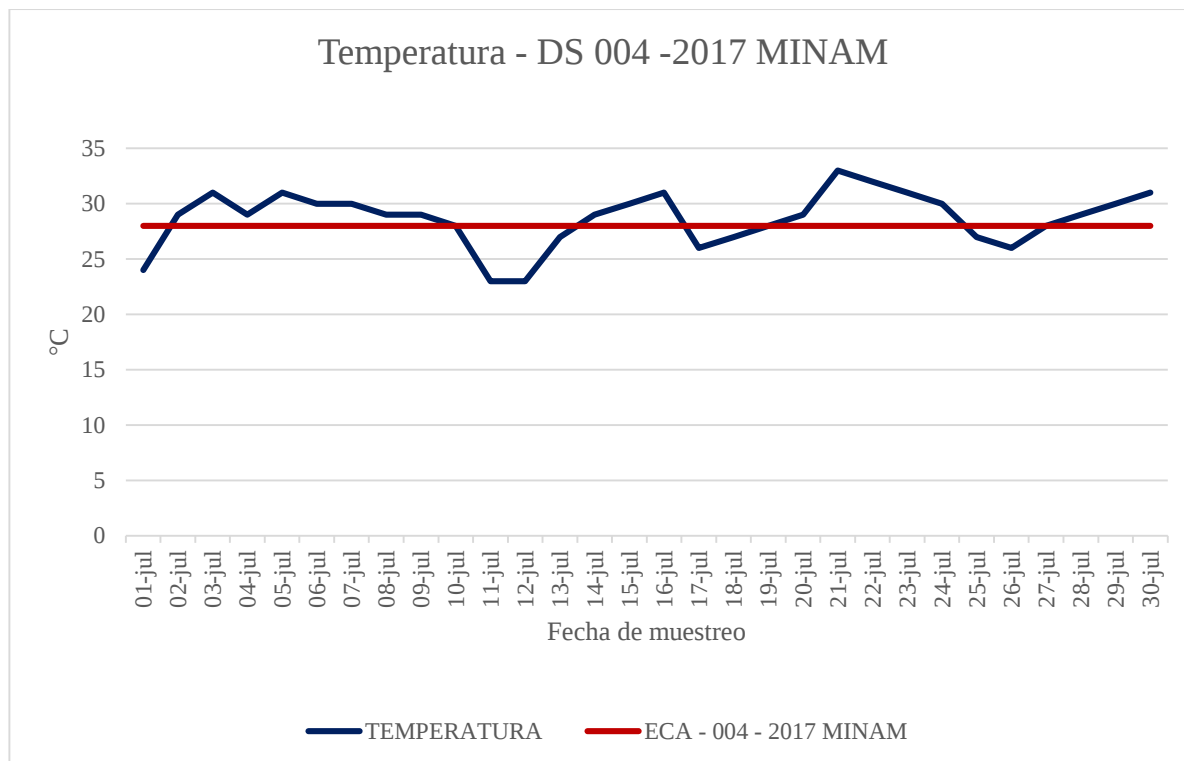
Resultados del pre-tratamiento de temperatura (T) en comparación con el DS 004 – 2017 MINAM-CAT 3, durante el mes de julio de 2021.

FECHAS DE MUESTREO	TEMPERATURA (°C)	ECA - 004 - 2017 MINAM
1-Jul	24	28
2-Jul	29	28
3-Jul	31	28
4-Jul	29	28
5-Jul	31	28
6-Jul	30	28
7-Jul	30	28
8-Jul	29	28
9-Jul	29	28
10-Jul	28	28
11-Jul	23	28
12-Jul	23	28
13-Jul	27	28
14-Jul	29	28
15-Jul	30	28
16-Jul	31	28
17-Jul	26	28
18-Jul	27	28
19-Jul	28	28
20-Jul	29	28
21-Jul	33	28
22-Jul	32	28
23-Jul	31	28
24-Jul	30	28
25-Jul	27	28
26-Jul	26	28
27-Jul	28	28
28-Jul	29	28
29-Jul	30	28
30-Jul	31	28

Para facilitar la interpretación de los valores del parámetro de Temperatura, según la Tabla 5. La toma de muestra del agua residual de la PTAR de una industria láctea de los Baños del Inca – Cajamarca, 2021. Se realizó todos los días, durante los meses de junio, julio y agosto. Los resultados del pretratamiento indican que las temperaturas registradas se encuentran dentro del rango (variación de $\pm 3^{\circ}\text{C}$) que consideran los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, Cat 3, establecidos en el DS 004 -2017 MINAM, excepto los días 1, 11, 12, 21 y 22 de julio que superaron los rangos inferiores y superiores respectivamente.

Figura 6.

Resultados del pre-tratamiento de temperatura (T) en comparación con el DS 004 – 2017 MINAM-CAT 3, durante el mes de julio de 2021.



La concentración de Temperatura del agua residual de la PTAR de una industria láctea de los Baños del Inca – Cajamarca, 2021 se detallan en la tabla 5 y figura 6. Los resultados del pretratamiento indican que las temperaturas registradas se encuentran dentro del rango (variación de $\pm 3^{\circ}\text{C}$) que consideran los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, Cat 3, establecidos en el DS 004 -2017 MINAM, excepto los días 1, 11, 12, 21 y 22 de julio que superaron los rangos inferiores y superiores respectivamente.

Tabla 6.

Resultados del pre-tratamiento de conductividad (C) en comparación con el DS 004 – 2017 MINAM-CAT 3, durante el mes de julio de 2021.

FECHAS DE MUESTREO	CONDUCTIVIDAD ($\mu\text{S/cm}$)	ECA - 004 - 2017 MINAM	ECA - 004 - 2017 MINAM
1-Jul	1386	2500	5000
2-Jul	1140	2500	5000
3-Jul	1235	2500	5000
4-Jul	1450	2500	5000
5-Jul	1320	2500	5000
6-Jul	1048	2500	5000
7-Jul	1056	2500	5000
8-Jul	1234	2500	5000
9-Jul	1354	2500	5000
10-Jul	1264	2500	5000
11-Jul	1234	2500	5000
12-Jul	1123	2500	5000
13-Jul	1150	2500	5000
14-Jul	1156	2500	5000
15-Jul	1341	2500	5000
16-Jul	1320	2500	5000
17-Jul	1420	2500	5000
18-Jul	1302	2500	5000
19-Jul	1306	2500	5000
20-Jul	1235	2500	5000
21-Jul	1152	2500	5000
22-Jul	1235	2500	5000

23-Jul	1245	2500	5000
24-Jul	1112	2500	5000
25-Jul	1110	2500	5000
26-Jul	1340	2500	5000
27-Jul	1334	2500	5000
28-Jul	1530	2500	5000
29-Jul	1524	2500	5000
30-Jul	1642	2500	5000

Para facilitar la interpretación de los valores de la conductividad, según la Tabla 6. La toma de muestra del agua residual de la PTAR de una industria láctea de los Baños del Inca – Cajamarca, 2021. Se realizó todos los días, durante los meses de junio, julio y agosto. Los resultados de los valores de conductividad del pre tratamiento se muestra que no superan tanto el rango inferior ni superior de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, Cat 3, establecidos en el DS 004 – 2017 MINAM.

Figura 7.

Resultados del pre-tratamiento de conductividad (C) en comparación con el DS 004 – 2017 MINAM-CAT 3, durante el mes de julio de 2021.



La concentración de Conductividad del agua residual de la PTAR de una industria láctea de los Baños del Inca – Cajamarca, 2021 se detallan en la tabla 6 y figura 7, según los datos arrojados no sobrepasan los rangos establecidos en los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, Cat 3. Estipulados en el DS 004-2017MINAM, durante el mes de julio.

4.1.3. Parámetros analizados durante de agosto de 2021.

Tabla 7.

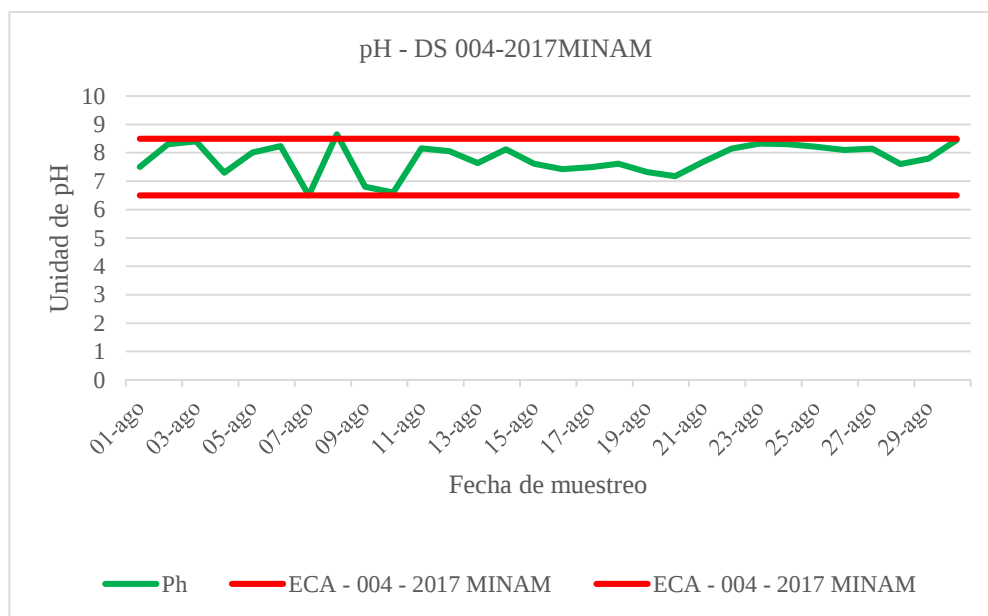
Resultados del pre-tratamiento del potencial de hidrógeno (pH) en comparación con el DS 004 – 2017 MINAM- CAT 3, durante el mes de agosto de 2021.

FECHAS DE MUESTREO	pH (unidad de pH)	ECA - 004 - 2017 MINAM	
1-Ago	7.5	6.5	8.5
2-Ago	8.3	6.5	8.5
3-Ago	8.4	6.5	8.5
4-Ago	7.3	6.5	8.5
5-Ago	8.01	6.5	8.5
6-Ago	8.23	6.5	8.5
7-Ago	6.5	6.5	8.5
8-Ago	8.65	6.5	8.5
9-Ago	6.8	6.5	8.5
10-Ago	6.6	6.5	8.5
11-Ago	8.16	6.5	8.5
12-Ago	8.05	6.5	8.5
13-Ago	7.64	6.5	8.5
14-Ago	8.12	6.5	8.5
15-Ago	7.61	6.5	8.5
16-Ago	7.42	6.5	8.5
17-Ago	7.49	6.5	8.5
18-Ago	7.62	6.5	8.5
19-Ago	7.32	6.5	8.5
20-Ago	7.18	6.5	8.5
21-Ago	7.68	6.5	8.5
22-Ago	8.14	6.5	8.5
23-Ago	8.33	6.5	8.5
24-Ago	8.3	6.5	8.5
25-Ago	8.21	6.5	8.5
26-Ago	8.1	6.5	8.5
27-Ago	8.14	6.5	8.5
28-Ago	7.6	6.5	8.5
29-Ago	7.8	6.5	8.5
30-Ago	8.45	6.5	8.5

Para facilitar la interpretación de los valores del parámetro pH, según la Tabla 7. La toma de muestra del agua residual de la PTAR de una industria láctea de los Baños del Inca – Cajamarca, 2021. Se realizó todos los días, durante los meses de junio, julio y agosto. Los valores de pH obtenidos del pretratamiento se muestra que los resultados cumplen los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, Cat 3 establecidos en el DS 004-2017 MINAM, durante el mes de agosto.

Figura 8.

Resultados del pre-tratamiento del potencial de hidrógeno (pH) en comparación con el DS 004 – 2017 MINAM- CAT 3, durante el mes de agosto de 2021.



La concentración de pH del agua residual de la PTAR de una industria láctea de los Baños del Inca – Cajamarca, 2021 se detallan en la tabla 7 y figura 8, según los datos arrojados cumplen con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, Cat 3, establecidos en el DS 004-2017MINAM.

Tabla 8.

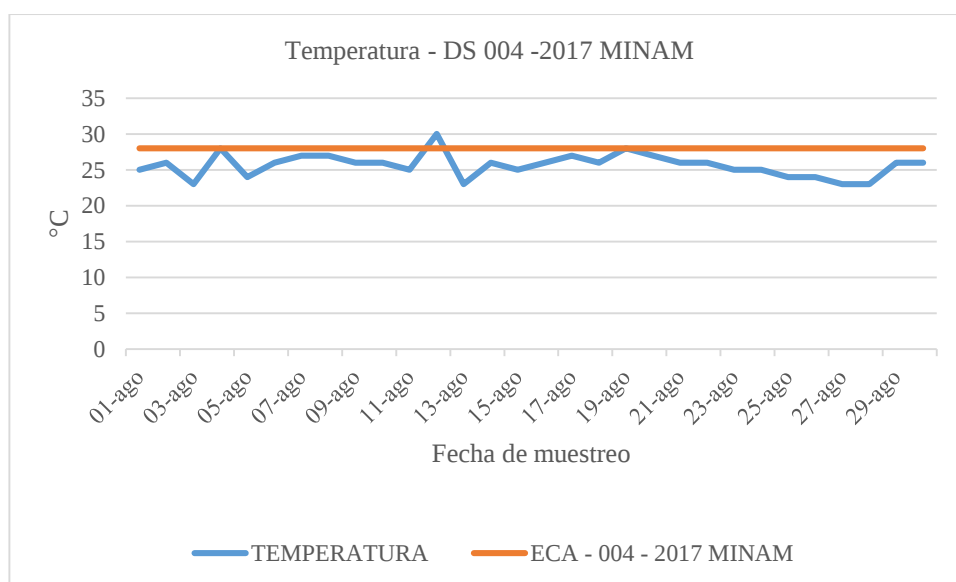
Resultados del pre-tratamiento de temperatura (T) en comparación con el DS 004 – 2017 MINAM-CAT 3, durante el mes de agosto de 2021.

FECHAS DE MUESTREO	TEMPERATURA (°C)	ECA - 004 - 2017 MINAM
1-Ago	25	28
2-Ago	26	28
3-Ago	23	28
4-Ago	28	28
5-Ago	24	28
6-Ago	26	28
7-Ago	27	28
8-Ago	27	28
9-Ago	26	28
10-Ago	26	28
11-Ago	25	28
12-Ago	30	28
13-Ago	23	28
14-Ago	26	28
15-Ago	25	28
16-Ago	26	28
17-Ago	27	28
18-Ago	26	28
19-Ago	28	28
20-Ago	27	28
21-Ago	26	28
22-Ago	26	28
23-Ago	25	28
24-Ago	25	28
25-Ago	24	28
26-Ago	24	28
27-Ago	23	28
28-Ago	23	28
29-Ago	26	28
30-Ago	26	28

Para facilitar la interpretación de los valores del parámetro de Temperatura, según la Tabla 8. La toma de muestra del agua residual de la PTAR de una industria láctea de los Baños del Inca – Cajamarca, 2021. Se realizó todos los días, durante los meses de junio, julio y agosto. Los resultados del pretratamiento indican que las temperaturas registradas se encuentran dentro del rango (variación de $\pm 3^{\circ}\text{C}$) que consideran los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, Cat 3, establecidos en el DS 004 -2017 MINAM, excepto durante los días 1, 3, 5, 11, 13, 24, 25, 26, 27 y 28 del mes de agosto.

Figura 2.

Resultados del pre-tratamiento de temperatura (T) en comparación con el DS 004 – 2017 MINAM-CAT 3, durante el mes de agosto de 2021.



La concentración de Temperatura del agua residual de la PTAR de una industria láctea de los Baños del Inca – Cajamarca, 2021 se detallan en la tabla 8 y figura 9, según los datos arrojados del pretratamiento durante los días 1, 3, 5, 11, 13, 24, 25, 26, 27 y 28 del mes de agosto no alcanzan la temperatura del rango mínimo establecidos en los

Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, Cat 3, establecidos en el DS 004 -2017 MINAM.

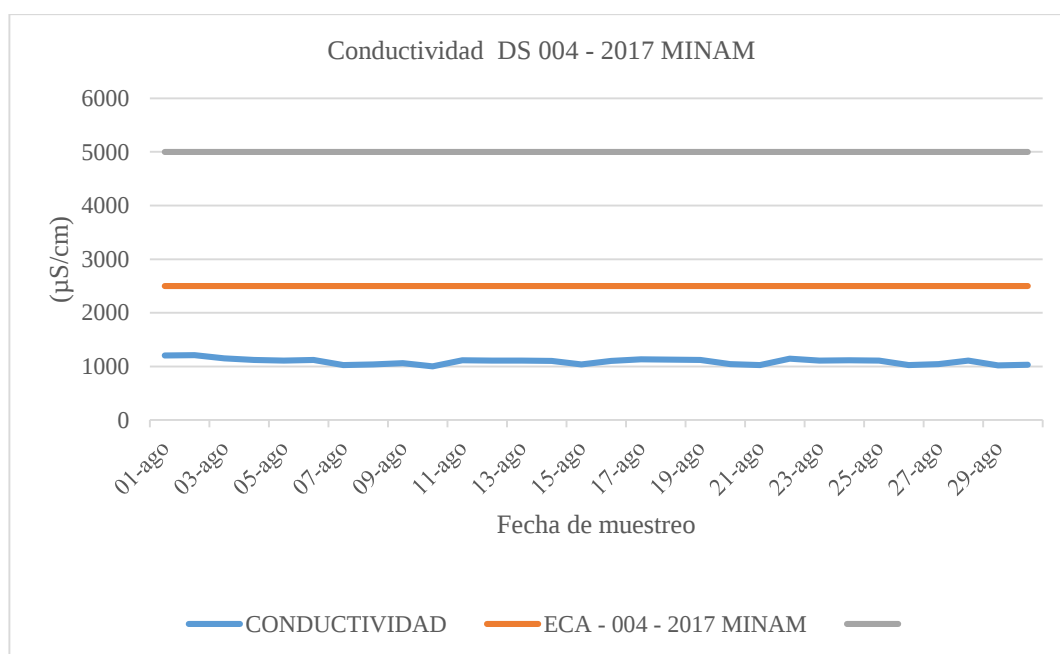
Tabla 9.

Resultados del pre-tratamiento de conductividad (C) en comparación con el DS 004 – 2017 MINAM-CAT 3, durante el mes de agosto de 2021.

FECHAS DE MUESTREO	CONDUCTIVIDAD(μS/cm)	ECA - 004 - 2017 MINAM	
1-Ago	1204	2500	5000
2-Ago	1211	2500	5000
3-Ago	1150	2500	5000
4-Ago	1120	2500	5000
5-Ago	1110	2500	5000
6-Ago	1121	2500	5000
7-Ago	1024	2500	5000
8-Ago	1035	2500	5000
9-Ago	1063	2500	5000
10-Ago	1002	2500	5000
11-Ago	1112	2500	5000
12-Ago	1110	2500	5000
13-Ago	1111	2500	5000
14-Ago	1102	2500	5000
15-Ago	1036	2500	5000
16-Ago	1102	2500	5000
17-Ago	1132	2500	5000
18-Ago	1124	2500	5000
19-Ago	1120	2500	5000
20-Ago	1045	2500	5000
21-Ago	1024	2500	5000
22-Ago	1142	2500	5000
23-Ago	1111	2500	5000
24-Ago	1112	2500	5000
25-Ago	1110	2500	5000
26-Ago	1023	2500	5000
27-Ago	1045	2500	5000
28-Ago	1111	2500	5000
29-Ago	1020	2500	5000
30-Ago	1031	2500	5000

Para facilitar la interpretación de los valores de la conductividad, según la Tabla 9. La toma de muestra del agua residual de la PTAR de una industria láctea de los Baños del Inca – Cajamarca, 2021. Se realizó todos los días, durante los meses de junio, julio y agosto. Los resultados del pretratamiento indican que los valores de conductividad no se encuentra dentro de los rangos establecidos en los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, Cat 3, establecidos en el DS 004 – 2017 MINAM, durante el mes de agosto.

Figura 30. Resultados del pre-tratamiento de conductividad (C) en comparación con el DS 004 – 2017 MINAM- CAT 3, durante el mes de agosto de 2021.



La concentración de Conductividad del agua residual de la PTAR de una industria láctea de los Baños del Inca – Cajamarca, 2021 se detallan en la tabla 9 y figura 10, donde los datos arrojados indican que se encuentran fuera del rango establecido en los

Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, Cat 3. Estipulados en el DS 004-2017MINAM, durante el mes de agosto.

4.2. Discusión

La industria láctea genera gran cantidad de aguas residuales, concentrando en estas la mayor cantidad de contaminantes originados en sus procesos. Las aguas residuales de la industria láctea se caracterizan por poseer una gran cantidad de materia orgánica, especialmente grasas y aceites, además de sólidos suspendidos y valores de pH, Temperatura que se salen de los rangos aceptables para vertimiento; frente a esta realidad los resultados obtenidos se condice con Ruíz (2007) quien enfatiza que el pretratamiento es un proceso que se ha venido desarrollando en los últimos años y que se presenta como alternativa de tratamiento para las aguas residuales de esta industria, ofreciendo múltiples ventajas comparativas con las tecnologías tradicionales. Asimismo, en el año 2019, la Organización de las Naciones Unidas, señala que la industria láctea en sus procesos debe utilizar grandes cantidades de agua de buena calidad que se requiere en los procesos de lavado, limpieza y desinfección; actividades que hacen de esta industria una de las de mayor generación de aguas residuales con altas cargas de contaminantes orgánicos. Por lo que, cuyo vertimiento sin un adecuado manejo que contemple su recolección y tratamiento, colabora con el deterioro del entorno y de fuentes superficiales.

Cualquier empresa de lácteos, dentro de sus políticas de calidad, busca mejorar los parámetros que producen el impacto ambiental mediante la implementación de proyectos sostenibles que mitiguen el daño causado al agua utilizada en los procesos de producción (INSACAN, 2016). Para esto, se plantea soluciones factibles de tratamiento del agua, que busca disminuir los valores de los parámetros críticos, mejorando la calidad del afluente, teniendo en cuenta el costo, la eficiencia y la factibilidad. Describiendo de forma detallada el diagnóstico y la propuesta de mejora que se considere apta para el tratamiento del agua residual de los procesos lácteos.

Por otro lado se presenta una investigación de Lesly Da Cámara, Mario Hernández y Luiselena Paz con el tema de “Manual de diseño para plantas de tratamiento de aguas residuales alimenticias”, donde hace destacar que generalmente este tipo de aguas residuales se presentan como aguas neutras o con poca alcalinidad, coincidiendo de manera general con los resultados de nuestra investigación, pero presentan tendencias a volverse ácidas por la fermentación del azúcar.

Los procesos que se tienden a usar con más frecuencias son: aeración, filtros bacterianos, fangos activos, digestión anaeróbica. El tratamiento de fangos podría ser utilizado en un futuro como abono orgánico.

También los resultados obtenidos en nuestra investigación coincide con Arango, B. & Sánchez, S. (2009), quienes señalan que las aguas residuales de las industrias lácteas son generalmente neutras o poco alcalinas, pero tienen tendencia a volverse ácidas rápidamente a causa de la fermentación del azúcar de la leche produciendo ácido láctico, sobre todo en ausencia de oxígeno y la formación simultánea de ácido butírico, descendiendo el pH a 4.5 - 5.0. La composición de estas aguas incluye sustancias orgánicas disueltas como la lactosa, sales minerales y suspensiones coloidales de proteínas (caseína, albúminas, y globulinas) con una DQO (Demanda Química de Oxígeno) entre 2000 - 4000 mg/L. El consumo de agua en las industrias lácteas oscila entre 8.0 - 35 L/Kg de leche.

4.3. Proceso de prueba de hipótesis

Para proceder con el proceso de constatación de hipótesis, una vez recogido los datos para la investigación, éstos fueron almacenados en las hojas de cálculo en la plataforma del software estadístico SPSS. El estudio estadístico ha consistido en el cálculo de media, desviación estándar, desviación error estándar, grado de significancia. Los resultados se analizaron estadísticamente por prueba de muestras relacionadas de t – Student, con un grado de significancia $\alpha=0,05$. El resultado para (t) es menor al grado de significancia, lo cual permitió aceptar la hipótesis de investigación.

Tabla 10.

Estadísticas de la muestra emparejada de los parámetros pH, T° y C en la PTAR de la industria láctea de los Baños del Inca – Cajamarca, durante el mes de junio de 2021.

		Media	N	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Junio	pH	7,7643	30	,62057	,11330
	DS 004-2017 MINAM	6,5000	30	,00000	,00000
Junio	Temperatura	29,7667	30	2,40235	,43861
	DS 004-2017MINAM	28,0000	30	,00000	,00000
Junio	Conductividad	1165,4667	30	112,82967	20,59978
	DS 004 - 2017MINAM	2500,0000	30	,00000	,00000

Tabla 11.

Prueba T para el grado de significancia los parámetros pH, T° y C en la PTAR de la industria láctea de los Baños del Inca – Cajamarca, durante el mes de junio de 2021.

		Diferencias emparejadas					t	gl	Sig.
		Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95%				
					Inferior	Superior			
Junio	pH - DS 004- 2017 MINAM	7,7643	,62057	,11330	1,03261	1,49606	11,159	29	,000
Junio	T - DS 004- 2017MINAM	29,7667	2,40235	,43861	,86962	2,66372	4,028	29	,000
Junio	C - DS 004 - 2017MINAM	1165,46 67	112,829 67	20,5997 8	-1376,66462	-1292,40204	-64,784	29	,000

Tabla 12.

Estadísticas de la muestra emparejada de los parámetros pH, T° y C en la PTAR de la industria láctea de los Baños del Inca – Cajamarca, durante el mes de julio de 2021.

		Media	N	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Julio	pH	8,1893	30	,55715	,10172
	DS 004-2017 MINAM	6,5000	30	,00000	,00000
Julio	Temperatura	28,6667	30	2,46819	,45063
	DS 004- 2017MINAM	28,0000	30	,00000	,00000
Julio	Conductividad	1276,6000	30	143,64266	26,22544
	DS 004 -2017 MINAM	2500,0000	30	,00000	,00000

Tabla 13.

Prueba T para el grado de significancia los parámetros pH, T° y C en la PTAR de la industria láctea de los Baños del Inca – Cajamarca, durante el mes de julio de 2021.

		Diferencias emparejadas					t	gl	Sig.
		Media	Desv.	Desv. Err. Prom.	95%				
					Inferior	Superior			
Julio	pH - DS 004- 2017 MINAM	8,1893	,55715	,10172	1,48129	1,89738	16,607	29	,000
Julio	T- DS 004- 2017MINAM	28,6667	2,46819	,45063	-,25497	1,58830	1,479	29	,150
Julio	C - DS 004 - 2017 MINAM	1276,6000	143,64266	26,22544	-1277,03705	-1169,76295	-46,649	29	,000

Tabla 14.

Estadísticas de la muestra emparejada de los parámetros pH, T° y C en la PTAR de la industria láctea de los Baños del Inca – Cajamarca, durante el mes de agosto de 2021.

		Media	N	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Agosto	pH	7,7883	30	,54987	,10039
	DS 004 - 2017MINAM	6,5000	30	,00000	,00000
Agosto	Temperatura	25,6333	30	1,62912	,29743
	DS 004 - 2017 MINAM	28,0000	30	,00000	,00000

Agosto	Conductividad	1092,1000	30	53,59963	9,78591
	DS 004-2017 MINAM	2500,0000	30	,00000	,00000

Tabla 15.

Prueba T para el grado de significancia los parámetros pH, T° y C en la PTAR de la industria láctea de los Baños del Inca – Cajamarca, durante el mes de agosto de 2021.

		Diferencias emparejadas					t	gl	Sig.
		Media	Desv.	Desv.	95%				
				Err. Prom.	Inferior	Superior			
Agosto	pH - DS 004 - 2017MINAM	7,7883	,54987	,10039	1,08301	1,49366	12,833	29	,000
Agosto	T- DS 004 - 2017 MINAM	25,6333	1,6291	,29743	-2,97499	-1,75834	-7,957	29	,000
			2						
Agosto	C - DS 004- 2017 MINAM	1092,1000	53,599	9,7859	-1427,91443	-1387,88557	-143,870	29	,000
			63	1					

- **H₀:** $t > 0,05$ El pretratamiento no es eficiente en la PTAR de una industria láctea de los Baños del Inca – Cajamarca, 2021.
- **H₁:** $t \leq 0,05$ El pretratamiento es eficiente en la PTAR de una industria láctea de los Baños del Inca – Cajamarca, 2021.

t = Presenta valores menores al grado de significancia por cada parámetro (0.00)

Por lo tanto, el proceso de pretratamiento del agua residual de a PTAR de la industria láctea en Baños del Inca, si es eficiente.

La descripción de la prueba de hipótesis de la presente investigación se desarrolló con la prueba estadística de t de *Student*. Después de aplicar la correspondiente prueba de hipótesis, en la significancia bilateral (t) se obtuvo un valor de (0.00), valores que muestran la aceptación de la hipótesis de investigación; estos valores son menores al parámetro 0,05. Por lo tanto, aceptamos la hipótesis de investigación “El pretratamiento es eficiente en la PTAR de una industria láctea de los Baños del Inca – Cajamarca, 2021.”

En referencia al pretratamiento de la evaluación de la eficiencia del pretratamiento en la PTAR de una industria láctea de los Baños del Inca – Cajamarca, 2021 los resultados arrojados de los parámetros evaluados: potencial de hidrógeno, temperatura y conductividad, que al ser comparados con la normativa vigente DS 004 – 2017 MINAM, se presentó una alteración mínima en el parámetro de temperatura en los meses de junio julio y agosto.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Se evaluó la eficiencia del pretratamiento en la PTAR de una industria láctea de Los Baños del Inca – Cajamarca, 2021. Considerando los parámetros de: pH, Temperatura, Conductividad y Turbidez. Sin embargo, el parámetro de turbidez no fue considerado debido a la carencia de normativa para ser comparado y poder evaluar la eficacia de proceso de pretratamiento.

Se determinó que los valores de pH, temperatura y conductividad de las muestras obtenidas de la PTAR de una industria láctea de Los Baños del Inca – Cajamarca, 2021. Concluyendo que los parámetros de temperatura en los meses de junio los días 01, 11, 12, 21 y 22, como también en el mes de julio los días 01, 11, 21, y 23, además en el mes de agosto los días 01, 03, 05 y 28, tienen un comportamiento irregular, por debajo y sobre los rangos establecidos en la normativa vigente establecida en DS 004-2017MINAM, los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, Cat 3.

Se comparó los valores obtenidos de pH, temperatura y conductividad de las muestras obtenidas de la PTAR de una industria láctea de Los Baños del Inca – Cajamarca, 2021 con la normativa vigente establecida en el DS 004-2017MINAM,

Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, Cat 3. Demostrando la eficiencia del pretratamiento en los parámetros de pH con un valor de 7.9 y la conductividad con un valor de 1178.05.

5.2. Recomendaciones

Las autoridades de la región Cajamarca deben construir una planta de tratamiento eficaz y adecuado de acuerdo a los habitantes con la que cuenta la población, y establecer un control del vertido después del tratamiento al río, o cuerpo de agua de influencia directa.

Implementar el sistema de monitoreo en coordinación con el Ministerio del Ambiente, gobierno Regional, y Gobiernos locales, tanto las aguas subterráneas y superficiales.

Realizar campañas de sensibilización y formación medioambiental para operarios. Editar material divulgativo y distribuirlo entre todas las empresas de este sector de industria láctea.

Implantar Buenas Prácticas Ambientales, en especial aquellas relacionadas con las operaciones de limpieza.

REFERENCIAS

- Ruíz, Á. A. (2007). *Tratamiento de aguas residuales de la industria láctea*.
- Bedoya, O., & Sousa, L. (2009). TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA INDUSTRIA LÁCTEA EN SISTEMAS ANAEROBIOS TIPO UASB. *SciELO*.
- Cabré ; s.f. (s.f.). *Diseños cuasiexperimentales y longitudinales*. Departamento de Metodología de les Ciencias del Comportamiento, Facultad de Psicología, Universidad de Barcelona.
- Cárdenas, F. J. (2009). *Caracterización de los Sistemas de Tratamiento de Riles en la Industria Lechera y Propuestas de Mejora*. Valdivia - Chile.
- Coila, F. (2017). “EFECTO DEL pH Y TIEMPO EN LA DEPURACIÓN DE LACTOSUERO RESIDUAL POR ELECTROCOAGULACIÓN”. Puno.
- Delgado, M., & Llorca, J. (2009). Estudios longitudinales: concepto y particularidades. *REDALYC*, 9.
- Gómez, G., & Ramos, M. (2013). Pre-tratamiento de aguas residuales de la industria láctea con una lipasa inmovilizada. *SciELO*.
- Hernández, N. (2010). *EVALUACIÓN DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE UNA INDUSTRIA LÁCTEA*. Victoria de Durango.
- Herrera, F., & Corpas, E. (2013). Reducción de la contaminación en agua residual industrial láctea utilizando microorganismos benéficos. *Dialnet*.

- León, Y. Y. (2015). *Caracterización de la toxicidad de los residuales líquidos de una industria de lácteos de la ciudad de Cuenca, utilizando biomodelos ecotoxicológicos*. Ecuador.
- Lopez, P., & Harnisth, A. (2016). Electrocoagulación de aguas residuales de la industria láctea. *UTE*.
- MINAM. (2006). CONDUCTIVIDAD ELECTRICA EN AGUAS POR EL METODO ELECTROMETRICO. *IDEAM*, 7.
- Morales, E. (2014). *EVALUACIÓN DE LA TRATABILIDAD DEL EFLUENTE GENERADO POR LA PLANTA PILOTO DE LECHE UNALM APLICANDO UN REACTOR UASB*. Lima-Perú.
- Pazmiño, G. V. (2017). *Análisis del carbón activado como filtro en el tratamiento de aguas residuales provenientes de la industria láctea “monteverde” en el barrio rocafuerte cantón de pillaró “monteverde” en el barrio rocafuerte cantón de pillaró*. ecuador.
- Rodríguez, M. D. (2004). ESTUDIOS LONGITUDINALES: CONCEPTO Y PARTICULARIDADES . *Scielo*, 8.
- Ruíz, Á. A., & Giraldo, L. F. (2007). Tratamiento de aguas residuales de la industria láctea. http://repository.lasallista.edu.co/dspace/bitstream/10567/526/1/PL_V2N2_23-30_electrocoagulaci%C3%B3n.pdf.