UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONIO GUILLERMO URRELO

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y DE PREVENCIÓN DE RIESGOS

"REACTOR BIOLÓGICO SECUENCIAL COMO TECNOLOGÍA PARA LA REDUCCIÓN DE DBO Y DQO DE LAS AGUAS RESIDUALES DE UNA INDUSTRIA LÁCTEA EN CAJAMARCA - 2021"

Bachiller: Sangay Sangay, Oscar Alberto

Asesor: Dr. Persi Vera Zelada

Cajamarca – Perú

Julio - 2021

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONIO GUILLERMO URRELO

Facultad de Ingeniería

Carrera Profesional de Ingeniería Ambiental y Prevención de Riesgos

"REACTOR BIOLÓGICO SECUENCIAL COMO TECNOLOGÍA PARA LA REDUCCIÓN DE DBO Y DQO DE LAS AGUAS RESIDUALES DE UNA INDUSTRIA LÁCTEA EN CAJAMARCA - 2021"

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

Bachiller: Sangay Sangay, Oscar Alberto

Asesor: Dr. Persi Vera Zelada

Cajamarca – Perú

Julio - 2021

COPYRIGHT © 2020 by

SANGAY SANGAY OSCAR ALBERTO

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

"REACTOR BIOLÓGICO SECUENCIAL COMO TECNOLOGÍA PARA LA REDUCCIÓN DE DBO Y DQO DE LAS AGUAS RESIDUALES DE UNA INDUSTRIA LÁCTEA EN CAJAMARCA - 2021

Presidente: _____

Secretario: _____

Vocal: _____

Asesor: _____

Dedicatoria

Dedico la presente investigación a mis padres Julio y Leticia, hermanos, hijos, compañeros de trabajo, docentes UPAGU y SENATI. Quienes fueron muy importante para lograr la culminación del proyecto, por su apoyo y motivación a mi persona.

Oscar Sangay Sangay

Agradecimientos

A nuestro Dios por darnos la vida y la paz en este mundo maravilloso que nos rodea y crearlo para todos los seres vivos que habitamos en ella.

A mi familia que siempre estuvieron a mi lado en momentos muy difíciles, no olvidare sus palabras de aliento “sigue adelante el tiempo pasa”

A la institución SENATI CAJAMARCA, por haberme formado como técnico profesional en Electricidad Industrial, a los instructores por haber compartido todos sus conocimientos y experiencias en diferentes sectores de trabajo.

A la UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONIO GUILLERMO URRELO, por haberme formado como profesional y haber dispuesto los mejores profesionales en teoría y práctica, también al Ing. Persi Vera por todo el soporte brindado en la elaboración de la presente tesis. A la empresa AMUNA CORP, por permitirme ser parte de un gran equipo y confianza absoluta hacia mi persona.

Al Ing. Oscar Olulo por haberme motivado e impulsado siempre hacia adelante a pesar de las adversidades que existen en el trabajo, sus palabras de aliento y motivación se logró culminar la carrera de Ing. Ambiental y Prevención de Riesgos. Al Sr. Marco Ordoñez una gran persona dentro del trabajo, por su apoyo incondicional hacia mi personal en el momento más duro de mi vida en los años 2008 y hasta el día de hoy. En general a todas mis amistades, compañeros de clase, trabajo que hemos compartido alegrías y tristezas; por todo lo mencionado mi agradecimiento profundo.

RESUMEN

El presente estudio de investigación se utilizó al Reactor Biológico Secuencial como tecnología para la reducción de DBO y DQO de las aguas residuales de una industria láctea en Cajamarca - 2021. Cabe resaltar, que los parámetros indicadores de las descargas industriales son tanto materia orgánica y exceso de nutrientes; sobre todo en las industrias lácteas. Por consiguiente, se busca nuevas tecnologías eficientes a bajo costo que se adapte a nuestra realidad. Es por ello, que se utilizó el Reactor Biológico Secuencial (SBR) en la disminución de los parámetros de Demanda Química de Oxígeno y Demanda Bioquímica de Oxígeno. El tipo de estudio es: Longitudinal. Dado que, se realizó más de dos mediciones a lo largo del seguimiento para la toma de muestras de dichos parámetros. Los muestreos se realizaron cada tres días durante dos meses consecutivos enero y febrero de 2021. De tal manera que se logró disminuir las concentraciones elevadas de los parámetros de Demanda Química de Oxígeno y Demanda Bioquímica de Oxígeno con los siguientes promedios: 21, 19.07 y 9.6, 9.08 mg/L para los meses de enero y febrero. Cumpliendo con los ECAS para agua D.S. N° 004-2017-MINAM y en la Guía sobre medio ambiente salud y seguridad para el procesamiento de productos lácteos.

Palabras clave: Calidad de agua, materia orgánica, SBR

ABSTRACT

The present research study was used to the Sequential Biological Reactor as a technology for the reduction of BOD and COD of the wastewater of a dairy industry in Cajamarca - 2021. It should be noted that the indicator parameters of industrial discharges are both organic matter and excess of nutrients; especially in the dairy industries. Therefore, new efficient technologies are sought at low cost that adapt to our reality. That is why the Sequential Biological Reactor (SBR) was used to decrease the Chemical Oxygen Demand and Biochemical Oxygen Demand parameters. The type of study is: Longitudinal. Since, more than two measurements were made throughout the follow-up to take samples of these parameters. The samplings were carried out every three days for two consecutive months, January and February 2021. In such a way that it was possible to reduce the high concentrations of the Chemical Oxygen Demand and Biochemical Oxygen Demand parameters with the following averages: 21, 19.07 and 9.6, 9.08 mg / L for the months of January and February. Complying with the ECAS for water D.S. N ° 004-2017-MINAM and in the Guide on the environment, health and safety for the processing of dairy products.

Keywords: Water quality, organic matter, SBR

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
1.2. Formulación del problema 15
1.3. Objetivos 16
1.4. Justificación e Importancia 17
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO 19
2. Fundamentos Teóricos de la investigación 19
2.2. Antecedentes Teóricos 30
2.3. Marco teórico 35
2.4. Discusión teórica 45
2.5. Marco Conceptual 47
2.6. Hipótesis 51
CAPÍTULO III: MÉTODO DE INVESTIGACIÓN 52
3. Metodología 52
3.1. Tipo de investigación 52
3.2. Diseño de investigación 52
3.3. Unidad de Análisis, universo, muestra 53
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos 54

3.5. Técnicas para el procesamiento y análisis de datos 55
CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN 56
4. Presentación, análisis e interpretación de resultados 56
4.1. Comparación con los ECAS para agua D.S. N° 004-2017-MINAM - cat 3 56
4.2. Discusión 68
4.3. Proceso de prueba de hipótesis 70
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 74
5. Conclusiones y Recomendaciones 74
5.1. Conclusiones 74
5.2. Recomendaciones 75
6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 77

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Resultados del pre-tratamiento de Demanda química de oxígeno en comparación con D.S. N° 004-2017-MINAM - cat 3.....56

Tabla 2. Demanda química de oxígeno después del proceso de tratamiento del Reactor Biológico Secuencial en comparación con D.S. N° 004-2017-MINAM- Cat 3.....58

Tabla 3. Resultados del pre-tratamiento de Demanda bioquímica de oxígeno en comparación con D.S. N° 004-2017-MINAM - cat 3.....59

Tabla 4. Demanda bioquímica de oxigeno después del proceso de tratamiento del Reactor Biológico Secuencial en comparación con D.S. N° 004-2017-MINAM- Cat 3.....60

Tabla 5. Resultados del pre-tratamiento de Demanda química de oxígeno en comparación con LMP para descargas industriales.....62

Tabla 6. Demanda química de oxígeno después del proceso de tratamiento del Reactor Biológico Secuencial en comparación con los LMP para descargas industriales 63

Tabla 7. Resultados del pre-tratamiento de Demanda bioquímica de oxígeno en comparación con LMP para descargas industriales 65

Tabla 8. Demanda bioquímica de oxígeno después del proceso de tratamiento del Reactor Biológico Secuencial en comparación con los LMP para descargas industriales 66

Tabla 9. Demanda Química de Oxígeno y Demanda Bioquímica de Oxígeno– D.S. N° 004-2017-MINAM-cat 3.....71

Tabla 10. Prueba T para el grado de significancia de los parámetros Demanda Química de Oxígeno y Demanda Bioquímica de Oxígeno– D.S. N° 004-2017-MINAM-cat 71

Tabla 11. Demanda Química de Oxígeno y Demanda Bioquímica de Oxígeno– LMP descarga industrial para procesos lácteos.....71

Tabla 12. Prueba T para el grado de significancia de los parámetros Demanda Química de Oxígeno y Demanda Bioquímica de Oxígeno– LMP descarga industrial para procesos lácteos 72

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Resultados del pre-tratamiento de Demanda Química de Oxígeno en comparación con D.S. N° 004-2017-MINAM- Cat 3. 57

Figura 2. Resultado final de Demanda Química de Oxígeno después del proceso de tratamiento del Reactor Biológico Secuencial en comparación con D.S. N° 004-2017-MINAM - cat 3... 59

Figura 3. Resultados del pre-tratamiento de demanda bioquímica de oxígeno en comparación con D.S. N° 004-2017-MINAM- Cat 3. 60

Figura 4. Resultado final de demanda bioquímica de oxígeno después del proceso de tratamiento del Reactor Biológico Secuencial en comparación con D.S. N° 004-2017-MINAM - cat 3 61

Figura 5. Resultados del pre-tratamiento de demanda química de oxígeno en comparación con LMP para descargas industriales 63

Figura 6. Resultado final de demanda química de oxígeno después del proceso de tratamiento del Reactor Biológico Secuencial en comparación con los LMP para descargas industriales. 64

Figura 7. Resultados del pre-tratamiento de demanda bioquímica de oxígeno en comparación con LMP para descargas industriales 66

Figura 8. Resultado final de demanda bioquímica de oxígeno después del proceso de tratamiento del Reactor Biológico Secuencial en comparación con los LMP para descargas industriales. 67

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1. Planteamiento del problema

Debido a la necesidad de solucionar los problemas de las aguas residuales que generan las industrias lácteas en Cajamarca producto de sus actividades y la transformación de la materia prima (leche) en productos envasados y terminados. Estos líquidos usados necesitan la aplicación de una técnica destructiva de los contaminantes presentes en el agua. La aplicación de un método u otro depende especialmente de la concentración de contaminante, naturaleza fisicoquímica del contaminate y del caudal del agua residual generado producto de actividades industriales del sector lácteo. Determinadas técnicas, como la incineración y algunos tratamientos de oxidación, son utilizados solo cuando la concentración de compuestos orgánicos es elevada, mientras que otras, como la adsorción y los procesos de oxidación avanzada, son útiles en efluentes con baja concentración de contaminantes (Andreozzi, 1999).

El vertido en aguas superficiales continúa siendo el todo de evacuación de aguas residuales más común y fácil. No obstante, y con el fin de proteger el ambiente acuático, el gobierno, a través de los ministerios han desarrollado un marco normativo para los cuerpos receptores de aguas residuales donde pueden ser ríos, alcantarillado, aguas costeras. En algunos lugares las plantas

de tratamiento se ha diseñado y ubicado de tal manera que parte del efluente tratado pueda ser evacuado aplicándose al terreno y pocos en reutilización para otros fines convenientes. Por los que está en aumento la concientización para que se le pueda dar tratamiento a las aguas residuales generadas producto de actividades industriales, que se tiene en el país.

La evacuación de efluentes se centra en el transporte de contaminantes en el medio ambiente y los procesos de transformación que se dan. En muchos casos es preciso llevar a cabo un rigoroso análisis para asegurar que la evacuación de los efluentes se lleva a cabo dentro del marco normativo para la protección del medio ambiente. Para el análisis del transporte se emplean modelos matemáticos que incluyen el uso de balances de materia, mientras que para la descripción de la respuesta del sistema físico se emplean expresiones cinéticas (METCALF & EDDY, INC Volumen 1).

1.2. **Formulación del problema**

¿Cómo la tecnología del reactor biológico secuencial reduce los valores de DBO y DQO de las aguas residuales de una industria láctea en Cajamarca – 2021?

1.3. **Objetivos**

1.3.1. Objetivo General

Determinar la eficiencia de la tecnología del reactor biológico secuencial en la reducción de los valores de DBO y DQO de las aguas residuales de una industria láctea en Cajamarca – 2021

1.3.2. Objetivos específicos

- Medir y alcanzar valores que serán tratados en el Reactor Biológico Secuencial desde un tratamiento primario para las aguas residuales de una industria láctea en Cajamarca - 2021.
- Operar el Reactor Biológico Secuencial como tecnología para el tratamiento del agua residual de una industria láctea en Cajamarca - 2021.
- Comparar los valores obtenidos de los efluentes con los parámetros indicados en los ECAS para agua D.S. N° 004-2017-MINAM y en la Guía sobre medio ambiente salud y seguridad para el procesamiento de productos lácteos.

1.4. **Justificación e Importancia**

De acuerdo a los niveles de contaminación de las aguas se requieren también plantas de tratamiento de aguas de diferentes niveles o tipos.

Reynolds (2002) refiere que los pasos básicos para el tratamiento de aguas residuales son:

- Pre tratamiento, remoción y retención de solidos gruesos y finos.
- Deposición primaria, sedimentación por gravedad de las partículas sólidas y contaminantes adheridos.
- Tratamiento secundario, digestión biológica usando lodos o filtros que fomenten el crecimiento bacteriano.
- Tratamiento terciario, tratamiento químico (por ejemplo, precipitación, desinfección). También puede utilizarse para realizar los pasos del tratamiento primario (Reynolds 2002).

Según sea el origen existe un sistema de tratamiento para cada uno de ellos. Al mismo tiempo se viene dando el cumplimiento a la Normas según el tipo de vertiente en se encuentre. Entre ellos tenemos el rio como cuerpo receptor el cual corresponde el ECA para agua D.S. N° 004-2017-MINAM antes D.S. N° 015-2015-MINAM; Así como también puede ser la vertiente la alcantarilla que correspondería al D.S. N° 010-2019-VIVIENDA VMA (Valores Máximos Admisibles) para las descargas de aguas residuales no

domesticas en el sistema de alcantarillado sanitario y la Guía sobre medio ambiente, salud y seguridad para el procesamiento de productos lácteos.

El tratamiento de aguas residuales industriales es muy importante porque logra el desarrollo de una buena gestión del agua, minimizando los contaminantes presentes en el agua; logrando reducir la contaminación ambiental y asegurar el desarrollo sostenible de Cajamarca y el Perú.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2. Fundamentos Teóricos de la investigación

El tratamiento de las aguas residuales industriales es importante y encontrar alternativas de solución es fundamental. En Cajamarca las actividades lácteas tienen un importante crecimiento debido a la producción de leche y a la transformación de la materia prima (Leche).

Según Yee-Batista (2013) el 80% de la población de latinoamericana vive en ciudades y una gran proporción en asentamientos próximos a fuentes contaminadas. La autora agrega que siendo América Latina una de las regiones con más biodiversidad del mundo y dueño de un tercio de las fuentes de agua del mundo, la contaminación del agua representa consecuencias ecológicas adversas. También afirma que 70% de las aguas residuales de la región latinoamericana no son tratadas. El agua extraída, usada y devuelta completamente contaminada a los ríos.

Agua

El agua (del latín aqua) es una sustancia cuya molécula está formada por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno (H_2O). Es esencial para la supervivencia de todas las formas conocidas de vida. En su uso más común, con agua nos referimos a la sustancia en su estado líquido, pero la misma

puede hallarse en su forma sólida llamada hielo, y en forma gaseosa que llamamos vapor. (Barrera, H. et al., 2010).

De la revisión del estudio efectuado por SUNASS (2008), se desprende que el 70% de las aguas residuales en el Perú no tienen tratamiento de aguas alguno; asimismo, que las 143 plantas de tratamiento que existen en el Perú, solo el 14% cumplen con la normativa vigente para el cabal funcionamiento de las mismas; de acuerdo al Plan Nacional de Saneamiento 2006-2015.

De acuerdo a un estudio sobre la situación actual y perspectivas en el sector agua y saneamiento en el Perú, presentado por la Autoridad Nacional de Agua (ANA)

Ciclo hidrológico del agua

Los procesos básicos que incluye el ciclo hidrológico en el continente son: evapotranspiración, precipitación, infiltración, percolación y escorrentía. La evapotranspiración se produce a través de la evaporación del agua presente en la superficie terrestre y en los mares, ríos y lagos, y la transpiración procedente de la tierra a través de los seres vivos, en especial de las plantas. Esta evapotranspiración determina la formación de vapor atmosférico que, al condensarse, bajo determinadas condiciones, retorna en parte a la superficie continental en forma de precipitación líquida o sólida. (IDEAM, 2004 citado por Cardona, 2011).

Parte de esta precipitación se infiltra en el suelo, desde donde se vuelve a evapotranspirar o percolar en el subsuelo, y otra parte se escurre superficialmente por la red de drenaje (escorrentía superficial directa) hasta alcanzar la red fluvial. El agua infiltrada en el subsuelo, y que no se evapotranspira, se acumula en los poros, grietas y fisuras de los materiales del terreno que, por sus características físicas, tienen la capacidad de almacenar el agua. (IDEAM, 2004 citado por Cardona, 2011).

La parte del agua que, mediante la percolación, recarga los acuíferos y vuelve a salir, diferida en el tiempo, a la red fluvial, se denomina escorrentía subterránea o flujo base. A través de las diferentes etapas del Ciclo Hidrológico, el agua va teniendo contacto con otras sustancias y empezamos, según los usos que se da a esa agua, a plantear el concepto de contaminación de agua. (IDEAM, 2004 citado por Cardona, 2011).

Según el Manual de Ciudadanía Ambiental: “El agua arrastra, “limpiando” todo a su paso, creando la ilusión de que se ha solucionado el problema de los residuos que genera la actividad humana. Sin embargo, esa agua que “ha limpiado” terrenos rurales y predios urbanos, arrastrando contaminantes de diversas naturalezas, queda a su vez contaminada”. (PNUMA, 2005 citado por Cardona, 2011).

Calidad del agua

Se refiere a las características físicas, químicas y biológicas de los cuerpos de agua superficiales y subterráneos, estas características afectan la capacidad del agua para sustentar tanto a las comunidades humanas como la vida vegetal y animal. Las aguas naturales muestran, en general, las calidades más características de sus fuentes, sin embargo, muchos factores producen variaciones en la calidad de las aguas obtenidas del mismo tipo de fuente, estas variaciones provienen de la oportunidad que tiene el agua de absorber sustancias en forma de soluciones o tenerlas en suspensión. Las condiciones climatológicas, geográficas y geológicas son factores importantes para determinar la calidad del agua. (Cec.org, citado por Cuenca y Pazuña, 2011).

Según Cuenca y Pazuña, (2011), el agua para tratamiento y posterior consumo público normalmente tiene su origen en ríos (parte alta y baja), lagos y embalses, acuíferos subterráneos. Las normas de calidad para bebida, son cantidades límite que, en relación con los diversos elementos, pueden ser tolerables en las aguas para consumo, atendiendo a los siguientes aspectos fundamentales:

- Ofrecer a la población agua limpia de sabor agradable y sin olor.

- Impedir que el agua distribuida lleve consigo sustancias u organismos patógenos capaces de afectar a la población abastecida.
- Que sea adecuada para el uso doméstico, que no sea agresiva a los componentes del sistema de agua y/o a las instalaciones (Chiriboga, 1999 citado por Cuenca y Pazuña, 2011).

Aguas residuales de procesos industriales

Dada la presencia de sólidos de la leche (por ejemplo, proteínas, grasa, carbohidratos y lactosa), las aguas residuales procedentes de las instalaciones de procesamiento de productos lácteos pueden registrar un contenido orgánico y una demanda biológica (DBO) y química (DQO) de oxígeno considerables. Asimismo, esto puede contribuir a la existencia de grandes cargas orgánicas en las aguas residuales. Las actividades de salazón durante la producción de queso pueden derivar en elevados niveles de salinidad en las aguas residuales. Las aguas residuales también pueden contener ácidos, álcali y detergentes con cierto número de ingredientes activos y desinfectantes, incluidos compuestos de cloro, peróxido de hidrógeno y amonio cuaternario. Las aguas residuales también pueden presentar una notable carga microbiológica además de virus y bacterias patógenas.

Las técnicas empleadas para tratar las aguas residuales de procesos industriales en este sector incluyen filtros de grasa, espumaderas o separadores de aceite / agua para separar los sólidos flotantes; la ecualización de flujo y carga; la sedimentación destinada a reducir los sólidos en suspensión mediante el empleo de clarificadores; el tratamiento biológico, normalmente aeróbico, para reducir la materia orgánica soluble (DOB); la eliminación de nutrientes biológicos para reducir el nitrógeno y el fósforo; la cloración de los efluentes siempre que sea necesario realizar la desinfección; la deshidratación y eliminación de residuos; en algunos casos, podrá realizarse el compostaje o aplicar en el terreno residuos de aguas residuales previamente tratadas y de calidad aceptable. Puede ser necesario implementar controles de ingeniería adicionales para contener y neutralizar los olores molestos. Suele recurrirse a la segregación en origen y métodos opcionales de tratamiento para las corrientes de elevada salinidad que contribuyen a un incremento de los niveles de SDT en las aguas residuales. (Guía sobre medio ambiente, salud y seguridad procesamiento de productos lácteos)

Tratamiento de aguas residuales industriales

Las aguas residuales generadas en las comunidades municipios deben ser conducidas en última instancia, a cuerpos receptores o al mismo terreno. La compleja prueba de que contaminantes contiene el agua residual y a qué nivel deben ser eliminados de cara a la protección del entorno, requiere una

respuesta especifica en cada caso concreto. Para establecer dicha respuesta es preciso analizar condiciones y necesidades locales de cada caso, y aplicar tanto los conocimientos científicos como la experiencia previa de la ingeniería, respetando la legislación y las normas reguladoras de la calidad de las aguas existentes.

La eliminación de los contaminantes se realiza en base a procesos químicos o biológicos el cual se conoce como procesos unitarios. En la actualidad, las operaciones y procesos unitarios se agrupan entre sí para constituir los así llamados tratamientos primario, secundario y terciario (o tratamiento avanzado).

Tratamiento físico-químico

La presencia de residuos industriales ha dificultado el tratamiento biológico de las aguas residuales urbanas. En tales situaciones, el tratamiento físico-químico puede constituir una opción alternativa. Este método de tratamiento no ha resultado muy exitoso debido a su falta de regularidad en el cumplimiento de las normativas en cuanto a los vertimientos, el alto costo de los reactivos, el manejo y eliminación de grandes volúmenes de lodos generados producto de la adición y reactivos y numerosos problemas operativos. A partir de los resultados típicos de plantas a escala real que emplean carbón activado, se ha observado que las columnas de carbón

activado solo conseguían eliminar entre el 50 a 60% de la DBO_5 total aplicada y que las plantas no eran capaces de cumplir consistentemente con las normativas establecidas para los tratamientos secundarios. En algunos casos para reducir los problemas operativos y conseguir cumplir con las restricciones establecidas, ha sido necesario llevar a cabo modificaciones sustanciales en los procesos o sustituirlos por procesos biológicos. Estas son las razones por las cuales apenas se han encontrado nuevas aplicaciones de los tratamientos físicos-químicos para el tratamiento de las aguas residuales urbanas. El tratamiento físico-químico se emplea de forma más generalizada para el tratamiento de vertidos industriales. Las dosificaciones de reactivos necesarias se deben determinar mediante ensayos de laboratorio o estudio en planta piloto en función de los objetivos del tratamiento (METCALF & EDDY, INC. volumen II).

El tratamiento primario, contempla el uso de operaciones físicas tales como la sedimentación y el desbaste para la eliminación de los sólidos sedimentables y flotantes presentes en el agua residual.

En el tratamiento secundario, son los procesos químicos y biológicos los que se emplean para eliminar la mayor parte de la materia orgánica.

En el tratamiento terciario, se emplean combinaciones adicionales de los procesos y operaciones unitarias con el fin de eliminar otros componentes, tales como el nitrógeno y el fósforo, cuya reducción con tratamiento secundario no es significativo.

Tratamientos Biológicos

Constituyen una serie de importantes procesos de tratamiento que tiene en común la utilización de microorganismos (entre las que destacan las bacterias) para llevar a cabo la eliminación de componentes indeseables del agua, aprovechando la actividad metabólica de los mismos sobre estos componentes. La aplicación tradicional consiste en la eliminación de la materia orgánica biodegradable, tanto soluble como coloidal, así también la eliminación de los nutrientes como son el (N y P). El tratamiento biológico es uno de los tratamientos más comunes y habituales, no solo en el caso de las aguas residuales domésticas, sino también en buena parte de las aguas residuales industriales.

En la mayor parte de los casos la materia orgánica constituye la fuente de energía y de carbono que necesitan los microorganismos para su crecimiento. Además, también es necesaria la presencia de nutrientes, como es el N y P. también es necesario para los sistemas aeróbicos la presencia de oxígeno

disuelto en el agua. Este último aspecto será clave para elegir el proceso biológico más conveniente.

- **Sistemas aerobios:** la presencia de O_2 hace que este elemento sea el aceptor de electrones, por lo que se obtienen unos rendimientos energéticos elevados, provocando una importante generación de lodos debido al alto crecimiento de las bacterias. Esta aplicación puede estar condicionada por la baja solubilidad del oxígeno en el agua.
- **Sistemas anaerobios:** en este caso el aceptor de electrones puede ser el CO_2 o parte de la propia materia orgánica, obteniéndose como producto de esta reducción el carbono es su estado más reducido, CH_4 la utilización de este sistema tendría la obtención de un gas combustible.

- **Sistemas anóxicos:** se denominan así los sistemas en los que la ausencia de O_2 y la presencia de NO_3 hacen que este último elemento sea el aceptor de electrones, transformándose, entre otros en N_2 elemento completamente inerte. Por lo tanto, es posible en ciertas condiciones, conseguir una eliminación biológica de nitratos (desnitrificación). (tratamientos avanzados de aguas residuales industriales - 2006)

Características de las aguas residuales líquidos

Para tener un conocimiento real de las características de un agua residual no basta con conocer la magnitud, en términos de concentración, de los parámetros indicadores seleccionados. Si bien el conocimiento de las concentraciones puede ser útil en determinadas circunstancias, una mayor información se obtiene del conocimiento del flujo másico (kgd^{-1}).

Así, por ejemplo, suponiendo dos residuales con las siguientes características:

Residual A: DBO_5=500 mgL^{-1} Flujo = 200 m^3d^{-1}

Residual B DBO_5=250 mgL^{-1} Flujo = 600m^3d^{-1}

Pudiera pensarse que el residual A es más contaminante que el B debido a que tiene mayor concentración de DBO. Obviamente el residual A presenta una DBO superior al B, sin embargo, el valor de su flujo o gasto es menor. El producto de la concentración por el flujo da el valor del flujo másico. De esta manera, para el ejemplo anterior se tiene que:

Flujo másico de A = 100 Kgd^{-1}

Flujo másico de B = 150 Kgd^{-1}

Este simple ejemplo pone de manifiesto que el conocimiento de la concentración de un parámetro solamente no es suficiente para tener una idea real del poder contaminante de un agua residual. Lo anterior destaca la

importancia de conocer, con el mayor grado de certeza posible, el flujo de agua residual que como promedio se genera. Por lo que se debe utilizar un procedimiento de muestreo que responda en el mayor grado posible a la realidad. Es decir, las determinaciones que se realicen deben ser representativas, para lo cual estas deben ser proporcionales al flujo (Carlos L. Menéndez Gutiérrez y Jesús García, 2007)

Para llegar a disponer de muestras integradas o compuestas, se requiere que cada una de las tomas puntuales que constituirán la compuesta, sea obtenida teniendo en cuenta tanto el flujo promedio de agua residual como el existente en el instante en que se toma la muestra. El flujo promedio debe ser calculado previamente.

2.2. **Antecedentes Teóricos**

Perez, L. & Rodriguez, E. (2018) El presente trabajo de investigación se realizó en el ambiente del laboratorio de Química General de la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional del Centro del Perú. Donde se realizó la evaluación de los parámetros de una celda de electrocoagulación, aplicado se en el lactosuero residual obtenido de la provincia de Concepción, el objetivo general fue determinar el % remoción de DQO y DBO_5 del lactosuero ácido residual mediante la una celda de electrocoagulación a partir de la tensión de corriente (voltaje) y el tiempo de tratamiento, los parámetros

físico-químicos analizados fueron (Demanda Química de Oxígeno y Demanda Biológica de Oxígeno).

Se realizaron 9 tratamientos establecidos por el diseño experimental con sus respectivas replicas, en primer lugar, se caracterizó el lactosuero y se obtuvo los siguientes resultados de DQO igual a 2748,3 mg/L; DBO igual a 1992,4mg/L; el pH de 4,9; la conductividad eléctrica de 29000,7 µS/cm; los Solidos suspendidos totales de 1643 mg/L y temperatura de 15°C. Se evaluó la tensión de corriente (voltaje) con relación a la remoción alcanzada del 82,91% DQO y el 85,61% DBO5 en el tratamiento 4, aplicando 5 voltios, de igual manera se alcanzó el 92,38% DQO y el 94,94% DBO5 en el tratamiento 5 aplicando 10 voltios y en un sexto tratamiento se alcanzó el 90,47% DQO y el 93,54% DBO5 aplicando 15 voltios. El tiempo de tratamiento fue un parámetro que tiene un efecto importante en la reducción de DQO desde un valor inicial de 2761,23mg/L se redujo hasta 210,47 mg/L en un periodo de 30 minutos y para el DBO5 se redujo de 1991,51mg/L hasta 100,70 mg/L en el mismo periodo de tiempo donde se alcanzaron las mayores remociones respectivamente (Perez & Rodriguez, 2018).

Miranda, G. (2017) Las aguas residuales de las industrias de Lácteos contienen altas concentraciones de materia orgánica, sólidos suspendidos, variaciones de pH, conductividad elevada, variaciones de temperatura DQO y

DBO. Su composición y flujo generalmente varían dependiendo del proceso industrial, tamaño de las instalaciones entre otros. En este sentido, la disposición sin tratamiento de estos efluentes a los cuerpos receptores causa un impacto ambiental negativo.

Este proyecto de investigación cubrió los siguientes pasos: Caracterización Físico Química y Microbiológica del efluente continúo en la empresa de lácteos, evaluación de su eficiencia basada en el Texto Unificado De Legislación Secundaria del Medio Ambiente (TULSMA) y finalmente su validación con una nueva Planta de Tratamiento de aguas Residuales (PTAR). Los trabajos incluyeron actividades de campo y laboratorio también se realizó una revisión bibliográfica sobre la PTAR actual objeto de estudio y se encontró que el tratamiento no es el adecuado y sobre todo no cumple con la normativa vigente de tratamientos por lo que se planteó la propuesta del rediseño con un diseño PTAR utilizando agregados pétreos como medios filtrantes en la depuración (Miranda, 2017).

Herrera,O. & Corpas, E. (2012) Señala que el agua residual generada en la industria láctea posee altas cargas contaminantes que evidencian impactos en los cuerpos receptores y por tanto hacen necesarias técnicas 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 (DBO_5), 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 (Herrera & Corpas, 2012).

La investigación sobre TRATAMIENTO DE SUERO DE QUESERÍA POR MÉTODO ELECTROQUÍMICO de (Zarate Malpica, Anchiraico Cosio, & Lagos T, 2011) presentan una alternativa de solución, para disminuir las concentraciones de los compuestos orgánicos utilizando un método

electroquímico. “El método que identificaron fue la electrocoagulación utilizando electrodos de aluminio y fierro en una celda electrolítica. Los resultados que obtuvieron de la experimentación en un reactor piloto (celda electrolítica) de volumen de 2,5 litros, donde se demostró que el método utilizado resulta ser muy efectivo en el proceso de electrocoagulación del suero de quesería para la eliminación de contaminantes. Los iones necesarios para la coagulación en un proceso químico son aportados por los electrodos (placas metálicas) tales como Al^{+3} y Fe^{+3} que provocan el efecto deseado de la coalescencia de las partículas, con ayuda de la electrólisis del agua que desprende hidrógeno y oxígeno.”

“Al caracterizar el suero se puede observar la presencia de: 556 mg/L de SS; 36,651 mg/L DBO_5; 80,140 mg/L DQO, 267 mg/L P y 1,070 mg/L de aceites y grasas. Lograron la separación de la materia orgánica del suero de quesería por el método de electrocoagulación a nivel de laboratorio; siendo 2 cm la distancia óptima entre electrodos, 6 voltios a un tiempo de 10 minutos para DBO_5, DQO y aceites y grasas” (Aider, 2009). “Después del proceso de electrocoagulación es posible utilizar el agua en procesos industriales en la planta, evitando la contaminación ambiental”. (Zarate Malpica, Anchiraico Cosio, & Lagos T, 2011).

La investigación sobre EL DISEÑO DE UNA CELDA DE ELECTROCOAGULACIÓN PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA INDUSTRIA LÁCTEA realizado (Arango Ruiz & Garcés Giraldo, 2007), “Los autores de este trabajo presentan una alternativa para el diseño de una celda de electrocoagulación”. “La investigación permitió establecer la geometría tanto de la celda como de los electrodos, materiales y tipo de conexión, adicionalmente determinar los parámetros eléctricos de la fuente de voltaje. Algunos aspectos de diseño que tuvieron en cuenta estuvieron relacionados con la celda, los electrodos, los materiales de este, la geometría y la disposición de los electrodos que fueron fundamentales para que la aplicación de la electrocoagulación tenga resultados óptimos”.

Con fundamentos en la caracterización fisicoquímica de las aguas residuales de una industria láctea, se diseñó un sistema de electrocoagulación para estudiar el comportamiento de los diferentes parámetros involucrados en la remoción de contaminantes. “La investigación permitió establecer la geometría tanto de la celda como de los electrodos, materiales y tipo de conexión, adicionalmente determinar los parámetros eléctricos de la fuente de voltaje”. (Arango Ruiz & Garcés Giraldo, 2007)

2.3. Marco teórico

Ciencias ambientales

La ciencia ambiental, es referida como el conjunto de conocimientos y metodologías, provenientes de múltiples disciplinas, integrados con el objeto de comprender, predecir y accionar sobre las interrelaciones de las poblaciones humanas en su devenir histórico, social, cultural y tecnológico con la naturaleza y su evolución dinámica intrínseca. Los ámbitos de la ciencia ambiental, se congregan en torno a los valores de respeto por la naturaleza y de responsabilidad en el logro de una organización que garantice la equidad, la calidad de vida y la supervivencia humana. (Giannuzzo, et al., 2004).

Se trata de una ciencia que basa sus objetivos de estudio, en los efectos sobre los seres vivos como centro de las problemáticas ambientales. En consecuencia, es una ciencia que se perfila relacionando los conocimientos y metodologías inherentes: químicos, físicos, biológicos, toxicológicos, geográficos, climatológicos, eco sistémicos, propios de las llamadas ciencias exactas, físicas, naturales y de la tierra. (Giannuzzo, AN. 2010).

Tales conocimientos son articulados, a su vez, a conocimientos y metodologías de las ciencias sociales y humanas, con el fin de gestionar tales problemáticas y en consecuencia de planificar, incluyendo las injerencias y derivaciones políticas, económicas y éticas, es decir, con el fin de prevenirlas, minimizarlas, remediarlas, normalizarlas. De este modo, el dominio de la ciencia ambiental es la intersección de las ciencias naturales, las sociales y las

humanas, para el estudio, tratamiento, gestión y planificación de los problemas ambientales. (Giannuzzo, AN. 2010).

Ambiente

Ambiente tiene un concepto complejo y el estudio de su didáctica es sumamente interesante a la vez enriquecedor ya que se trata del concepto base de la educación ambiental, al involucrar conocimientos de diferentes disciplinas. (Brailovsky, A. y Foguelman, D. 1991; Leff, 2000 citado por González, E. 2009), este concepto presenta una complejidad con implicancias directas en su enseñanza, la concepción del ambiente ha seguido una historia de cambios: desde la idea más simple, - aquello que rodea al hombre o a una población biológica cualquiera-, hasta la noción más actual y compleja que lo concibe como un sistema resultante de la interacción entre sistemas sociales y naturales.

(Vigil, 1994; Meinardi, et al., 2002; Funtowicz y De Marchi, 2000 citado por Gonzales, E. 2009). En esta posición, las sociedades son las que interactúan con el medio circundante, las que determinan las condiciones de intervención sobre lo natural, las que a lo largo de sus historias han modificado su relación con el medio circundante. En concreto, no es el hombre como ser individual ni como ser vivo el que hace a la noción de ambiente, sino las sociedades como subsistemas con sus elementos y relaciones propios.

Es precisamente esta concepción de ambiente la que mejor se relaciona con la educación ambiental ya que la incorporación de la sociedad permite identificar interacciones de doble vía: las sociedades usan recursos e intervienen sobre la naturaleza y al mismo tiempo el mundo natural condiciona, provee y responde a las intervenciones humanas. (Gonzales, E. 2009).

Gestión Ambiental

La naturaleza es objeto y los humanos objeto - sujeto de la gestión ambiental, es decir, de nuestra actuación como sujetos dependerá la sustentabilidad de la naturaleza y de la sociedad, ambos objetos de la gestión, gracias a esto, se ha ido imponiendo el concepto y la práctica de la gestión ambiental, a la luz del desarrollo sustentable. La sostenibilidad y sustentabilidad han ido apareciendo como conceptos en distintas disciplinas naturales, técnicas o sociales, con el fin precisamente de plantear la relación existente entre lo socioeconómico y tecnológico con las leyes de la naturaleza. Desde esta perspectiva surge la gestión ambiental en el contexto del desarrollo sostenible o sustentable. (Muriel, RD. 2006).

La sustentabilidad implica la gestión eficiente de los recursos naturales y los ecosistemas, en relación con la demanda antrópica que de ellos se hace, por ello el concepto de sustentabilidad parte de dos premisas básicas, que son: primero, la escala y el índice de utilización de materiales y energía a través

del sistema económico están sometidos a una limitación entrópica, y segundo, la intervención humana (pública, empresarial y cívica) es necesaria, porque el mercado por sí mismo es incapaz de reflejar la limitación de un recurso natural o ecosistema, de modo preciso. (Muriel, RD. 2006).

Si los fallos de mercado y las externalidades negativas existen, que es como explica la teoría económica los problemas ambientales, esto exige una dosis alta de intervencionismo, en primera instancia gubernamental y en segunda instancia de los consumidores y grupos de interés (ONGs Ambientalistas), para presionar de esta forma a los productores o agentes privados para que asuman una posición ecoética frente al manejo de los recursos y la naturaleza. (Muriel, RD. 2006).

Por gestión entendemos, primero, un proceso que comprende determinadas funciones y actividades organizativas que los gestores deben llevar a cabo con el fin de lograr los objetivos y metas deseadas. El proceso de gestión se considera integrado, por regla general, por las funciones de planificar, ejecutar y controlar: La planificación determina qué resultados ha de lograr la organización (pública, privada o cívica), la función de planificar representa el núcleo de la gestión, planificar implica realizar actividades a lo largo del tiempo cuyo resultado es la fijación de objetivos, planes, programas y proyectos que se requieren para el logro de los objetivos, la función de ejecución, como su nombre indica, es realizar lo planificado según

cronograma de programas y proyectos y flujograma de inversiones en el tiempo. (Muriel, RD. 2006).

La función de control comprueba sí se han logrado o no los resultados previstos, es muy importante para una buena gestión decidir qué se realizará, con qué recursos humanos, técnicos y financieros, y cómo se van a operativizar los planes, programas y proyectos, esto es planificar, la ejecución es el proceso mediante el cual se llevan a cabo los objetivos y metas de la organización, se trata de asegurar que se ejecutará lo planificado y que se conseguirán los resultados esperados, el control garantiza la máxima armonización posible entre lo planificado y lo ejecutado. (Muriel, RD. 2006).

Contaminación ambiental

Se denomina contaminación ambiental a la presencia en el ambiente de cualquier agente (físico, químico o biológico) o bien de una combinación de varios agentes en lugares, formas y concentraciones tales que sean o puedan ser nocivos para la salud, para la seguridad o para el bienestar de la población, o que puedan ser perjudiciales para la vida vegetal o animal, o que impidan el uso habitual de las propiedades y lugares de recreación y el goce de los mismos. La contaminación ambiental es también la incorporación a los cuerpos receptores de sustancias sólidas, líquidas o gaseosas o de mezclas de ellas, siempre que alteren desfavorablemente las condiciones naturales de los

mismos o que puedan afectar la salud, la higiene o el bienestar del público. (Bermúdez, M. 2010).

Estándar de calidad ambiental (ECA) para agua

El ECA es la medida que establece el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo. En su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente.

Ilustración N° 1. Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales

Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales		D2: Bebida de animales
		Agua para riego no restringido (c)	Agua para riego restringido	Bebida de animales
FÍSICOS- QUÍMICOS				
Aceites y Grasas	mg/L	5		10
Bicarbonatos	mg/L	518		**
Cianuro Wad	mg/L	0,1		0,1
Cloruros	mg/L	500		**
Color (b)	Color verdadero Escala Pt/ Co	100 (a)		100 (a)
Conductividad	(µS/cm)	2 500		5 000
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5)	mg/L	15		15
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	40		40
Detergentes (SAAM)	mg/L	0,2		0,5
Fenoles	mg/L	0,002		0,01
Fluoruros	mg/L	1		**
Nitratos (NO_3^--N) + Nitritos (NO_2^--N)	mg/L	100		100
Nitritos (NO_2^--N)	mg/L	10		10
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 4		≥ 5
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 – 8,5		6,5 – 8,4
Sulfatos	mg/L	1 000		1 000
Temperatura	°C	Δ 3		Δ 3
INORGÁNICOS				
Aluminio	mg/L	5		5

Fuente: D.S. N°004-2017-MINAM

Guía sobre medio ambiente salud y seguridad para el procesamiento de productos lácteos

las guías sobre medio ambiente, salud y seguridad de referencia técnica que contienen ejemplos generales y específicos de la practica internacional recomendada para la industria en cuestión, para las instalaciones de procesamientos de productos lácteos se refieren a la recepción, almacenamiento y el procesamiento industrial de la leche así como el manejo y almacenamiento de la leche procesada y los productos lácteos en donde el anexo A contiene una descripción completa de las actividades de este sector industrial.

Ilustración N° 2. Niveles de efluentes para la industria láctea

Cuadro 1. Niveles de efluentes para el procesamiento de los productos lácteos		
Contaminantes	**Unidades**	**Valor indicativo**
PH	pH	6 – 9
DBO5	mg/l	50
DQO	mg/l	250
Total de nitrógeno	mg/l	10
Total de fósforo	mg/l	2
Aceite y grasa	mg/l	10
Total de sólidos en suspensión	mg/l	50
Aumento de temperatura	°C	<3[b]
Total de bacterias coliformes	MPN[a] / 100 ml	400
Ingredientes activos / Antibióticos	A determinar en cada caso	

Notas:
[a] NMP = Número Más Probable
b Al borde de una zona de mezcla científicamente establecida que toma en cuenta la calidad del agua ambiente, el uso del agua receptora, los receptores potenciales y la capacidad de asimilación.

El cuadro 1 las guías sobre efluentes para el sector lácteo. Las cantidades correspondientes a los efluentes de los procesos industriales.

Límites Máximos Permisibles (LMP)

Son 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. 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.

2.4. Discusión teórica

- **Contaminación hídrica:** Desafortunadamente, las aguas residuales (al igual que los residuos sólidos) son un producto inevitable de la actividad humana. En la antigüedad, diferentes civilizaciones (desarrolladas por obvias razones en las riberas de ríos y lagos) hicieron uso de la capacidad de asimilación o autodepuración del agua, pero con descargas tan pequeñas que sus vertidos no presentaban mayor problema. No obstante, la densificación actual de las ciudades y el crecimiento poblacional e industrial, entre otros aspectos, ha ocasionado que esta capacidad limitada de autopurificación de los cuerpos hídricos haya sido excedida. Por esta razón, se hace necesario "asistir" a la naturaleza mediante la instalación de depuradoras y unidades de tratamiento de las aguas servidas (Lozano-Rivas, 2012).

- **Operación y proceso unitario en TAR:** Debemos recordar que la diferencia entre operaciones unitarias y procesos unitarios radica en que las primeras (operaciones unitarias) hacen referencia a unidades y procedimientos en donde prevalecen mecanismos de tipo físico en las

que no se presentan cambios a nivel químico (ejemplo una rejilla de retención de sólidos, un desarenador) mientras que los procesos unitarios involucran reacciones químicas o bioquímicas y cambios a nivel molecular (ejemplo una unidad de coagulación y floculación, un reactor biológico, una torre de adsorción, una cámara de desinfección). De esta manera, los contaminantes de las aguas residuales pueden ser eliminados o reducidos mediante la aplicación de uno o más fenómenos de tipo:

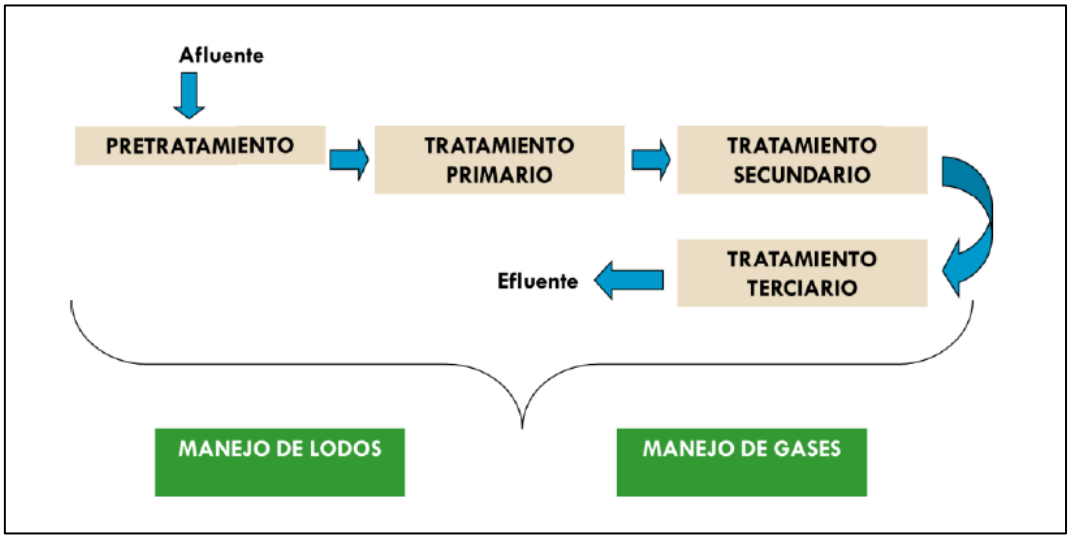
- Físico (operaciones unitarias de separación física)
- Químico (procesos unitarios de transformación química)
- Biológico (procesos unitarios de transformación bioquímica)

En los procesos unitarios de transformación bioquímica o reactores biológicos, la degradación, reducción o eliminación de contaminantes se consigue por la intervención de microorganismos que aprovechan la materia orgánica soluble e insoluble para alimentarse, generar nuevos compuestos, gases y energía, así como también para multiplicarse, generando nuevas células (síntesis celular). Estos procesos biológicos pueden dividirse en dos grandes grupos:

- Proceso aeróbico: En presencia del oxígeno libre generado por algas o alimentando por equipos mecánicos como sopladores de aire.
- Proceso anaeróbico: ausencia de oxígeno libre.

- Los procesos unitarios cumplen cada uno con su función de depurar las aguas residuales.

Ilustración N° 3. Esquema de tratamiento de aguas residuales



Esquema del tratamiento de las aguas residuales. Tomado del material de clase para las asignaturas de tratamiento de aguas residuales de Lozano-Rivas, WA. (2012).

2.5. Marco Conceptual

Características fisicoquímicas de las aguas residuales industriales

- **Contaminación:** Es la presencia de sustancias nocivas y molestas en el aire, el agua y los suelos, depositadas allí por la actividad humana, en tal cantidad y calidad, que pueden interferir la salud y el bienestar del hombre, los animales y las plantas, o impedir el pleno disfrute de la vida. Las formas de contaminación y sus fuentes

pueden ser muy variadas; puede estar compuesta de sustancias sólidas, líquidas y gaseosas. Además, hay otras formas de contaminación que deben tomarse en cuenta, tales como el ruido, el calor y los olores. (Cuenca y Pazuña, 2011).

- **ECA:** Según la Ley General del Ambiente, Los ECA son las medidas que establecen el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo (en su condición de cuerpo receptor), que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni para el ambiente.
- **Agua residual industrial:** Residuos líquidos provenientes de procesos productivos industriales, que incluso pueden tener origen agrícola o pecuario.
- **Aceites y grasas:** es un conjunto de sustancias pobremente solubles que se separan de una muestra acuosa que flotan formando natas, películas y capas sobre el agua residual muy ofensiva estéticamente.
- **Materia orgánica:** es la fracción más relevante de los elementos contaminantes en las aguas residuales debido a que es el causante del agotamiento del oxígeno en los cuerpos de agua el cual está formado por los CHONS.
- **Oxígeno disuelto:** es un parámetro fundamental en los ecosistemas acuáticos y su valor debería estar por encima de los 4 mg/L para

asegurar la sobrevivencia de la mayor parte de los organismos superiores.

- **Demanda bioquímica de oxígeno (DBO):** es una medida indirecta de la cantidad de materia orgánica contenida en una muestra de agua, determinada por el consumo de oxígeno que hacen los microrganismos para degradar los compuestos biodegradables. Se evalúa analíticamente incubando una muestra por 5 días a 20°C.
- **Demanda química de oxígeno (DQO):** es también una medida indirecta de la cantidad de materia orgánica contenida en una muestra. A diferencia de la DBO, esta prueba emplea oxidantes fuertes y se obtiene en un tiempo estimado de 3 horas.
- **Sólidos:** la materia orgánica se presenta a menudo en forma de sólidos. Estos solidos pueden ser suspendidos (SS), disueltos (SD), los que también pueden ser volátiles (SV) los cuales se presumen orgánicos o fijos (SF) que suelen ser inorgánicos. Parte de los sólidos suspendidos pueden ser también sedimentables (SSed).
- **Potencial de hidrógeno (pH):** tiene importancia en el control de los procesos biológicos del tratamiento de las aguas residuales (TAR). La mayoría de los microorganismos responsables de la depuración de las aguas residuales se desarrollan en un rango de pH óptimo entre 6,5 y 8,5 unidades.
- **Nitrógeno:** es el componente principal de las proteínas y es un nutriente esencial para las algas y bacterias que intervienen en la

depuración del agua residual. Puede presentarse en forma de nitrógeno orgánico (presente en las proteínas), nitrógeno amoniacal (producto de la descomposición de nitrógeno orgánico) y formas oxidadas como nitritos y nitratos.

- **Fósforo:** es junto con el nitrógeno, un nutriente esencial para el crecimiento de los microorganismos. No obstante, valores elevados pueden causar problemas de hipereutrofización en los cuerpos de agua loticos (lagos embalses, lagunas).

Características microbiológicas de las aguas residuales industriales

- **Bacterias:** son los principales responsables de la degradación y estabilización de la materia orgánica contenida en las aguas residuales industriales. Su crecimiento optimo ocurre a pH entre 6.5 y 7.5 algunas de las bacterias son patógenas, como la Escherichia coli, indicador de origen fecal.
- **Hongos:** predominan en las aguas residuales de tipo industrial debido que resisten muy bien valores de pH bajos y la escasez de nutrientes.
- **Protozoos:** en especial los ciliados, se alimentan de bacterias y materia orgánica, mejorando la calidad microbiológica de los efluentes de la PTAR.
- **Actinomicetos:** son bacterias filamentosas conocidas por causar problemas en reactores de lodos activados generando la aparición de

espumas (foaming) y perdida de sedimentabilidad del lodo, hinchamiento o bulking filamentoso, incrementando los sólidos del efluente y la discriminación de la eficiencia del TAR. Uno de los actinomicetos más recurrente en los reactores es la Nocardía.

2.6.Hipótesis

H_1: La tecnología del reactor biológico secuencial es eficiente para la reducción de los valores de DBO y DQO de las aguas residuales de una industria láctea en Cajamarca – 2021

H_0: La tecnología del reactor biológico secuencial no es eficiente para la reducción de los valores de DBO y DQO de las aguas residuales de una industria láctea en Cajamarca – 2021

CAPÍTULO III: MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

3. Metodología

3.1. Tipo de investigación

El método analítico, consiste en analizar un evento y comprenderlo en términos de sus aspectos menos evidentes e intenta descubrir los elementos que componen la totalidad, esta investigación analítica propicia el estudio y la comprensión más profunda del evento en estudio. Esta investigación analítica incluye el análisis como la síntesis; analizar desde las definiciones que se han manejado convencionalmente, esto incluye desintegrar o descomponer una totalidad en sus partes para estudiar en forma intensiva cada uno de sus elementos y las relaciones de estos elementos entre sí y con su totalidad a fin de comprender la naturaleza del evento. La síntesis es reunir varias cosas de modo que conformen una totalidad coherente, esto implica reconstruir, volver a integrarlas partes de la totalidad (Barrera, 2000, p. 269).

3.2. Diseño de investigación

Es una investigación cuantitativa pues consiste en recolección de datos y métodos estadísticos, el cual parte de casos concretos para llegar a una descripción general o comprobar las hipótesis planteadas. Esta metodología responde al paradigma positivista-empirista de la

ciencia, que tiene como estrategia la cuantificación de los hechos y la aplicación de cálculos estadísticos (Cook y Reichardt, 2005 citado por Rodríguez y silva, 2015).

3.3. Unidad de Análisis, universo, muestra

La unidad de análisis:

- Concentración de DBO y DQO en el agua residual de la industria láctea antes y después del tratamiento.

Universo:

- Aguas residuales de la industria láctea en la ciudad de Cajamarca.

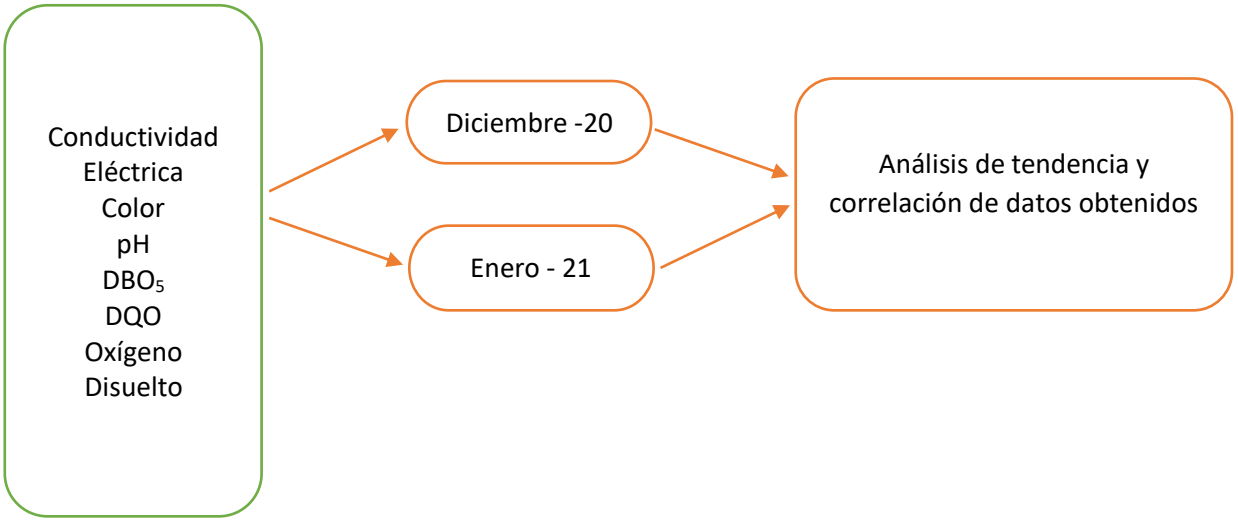
Muestra:

- La cantidad necesaria que necesite el laboratorio acreditado (20 L aprox.) por punto de muestreo para realizar los ensayos correspondientes.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Esquema del diseño analítico

Parámetros de monitoreo:



3.6.1. Instrumentos

- pHmetro, Conductímetro, medidor de Fósforo
- Materiales de laboratorio
- Vasos de precipitación 1L
- Toma muestras de PVC

3.5. Técnicas para el procesamiento y análisis de datos

Para la investigación se está considerando los métodos según el Protocolo Nacional de Monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales (ANA), para los análisis estos serán realizados por laboratorio acreditado certificado por el INACAL.

Para definir el tipo de agua que será vertido a un cuerpo receptor como un rio y/o la alcantarilla, primero se debe determinar el tipo de tratamiento para las aguas residuales industriales de productos lácteos, el cual será comparado con normativas actuales.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4. Presentación, análisis e interpretación de resultados

Los parámetros analizados en esta investigación son: Demanda química de oxígeno y demanda bioquímica de oxígeno. Se realizó mediante la toma de muestras durante los meses de enero y febrero.

Realizando la toma de muestras mensualmente cada tres días. En las siguientes tablas y gráficos se muestran los valores de los parámetros de demanda química de oxígeno y demanda bioquímica de oxígeno. Los resultados fueron comparados con los ECAS para agua D.S. N° 004-2017-MINAM-cat 3 y en la Guía sobre medio ambiente salud y seguridad para el procesamiento de productos lácteos.

4.1. Comparación con los ECAS para agua D.S. N° 004-2017-MINAM - cat 3

Tabla 1. *Resultados del pre-tratamiento de Demanda química de oxígeno en comparación con D.S. N° 004-2017-MINAM - cat III*

MUESTREO	**DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO (mg/L)**											
	DQO1	**DQO2**	**DQO3**	**DQO4**	**DQO5**	**DQO6**	**DQO7**	**DQO8**	**DQO9**	**DQO10**	**DQO11**	**DQO12**
ENERO	2342	2178	2318	2273	1938	1987	2135	1900	2000	2025	1986	2148
FEBRERO	2041	1893	1737	1829	2100	2500	1820	1690	1935	1846	1950	1900
D.S. N° 004-2017-MINAM	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40

Para facilitar la interpretación de los valores del parámetro Demanda Química de Oxígeno, según la Tabla 1. La toma de muestra del agua residual de la industria láctea - Cajamarca se realizó cada tres días, durante los meses de enero y febrero de 2021. Iniciando con pre- tratamiento donde los resultados superan ECAS para agua D.S. N° 004-2017-MINAM-cat 3.

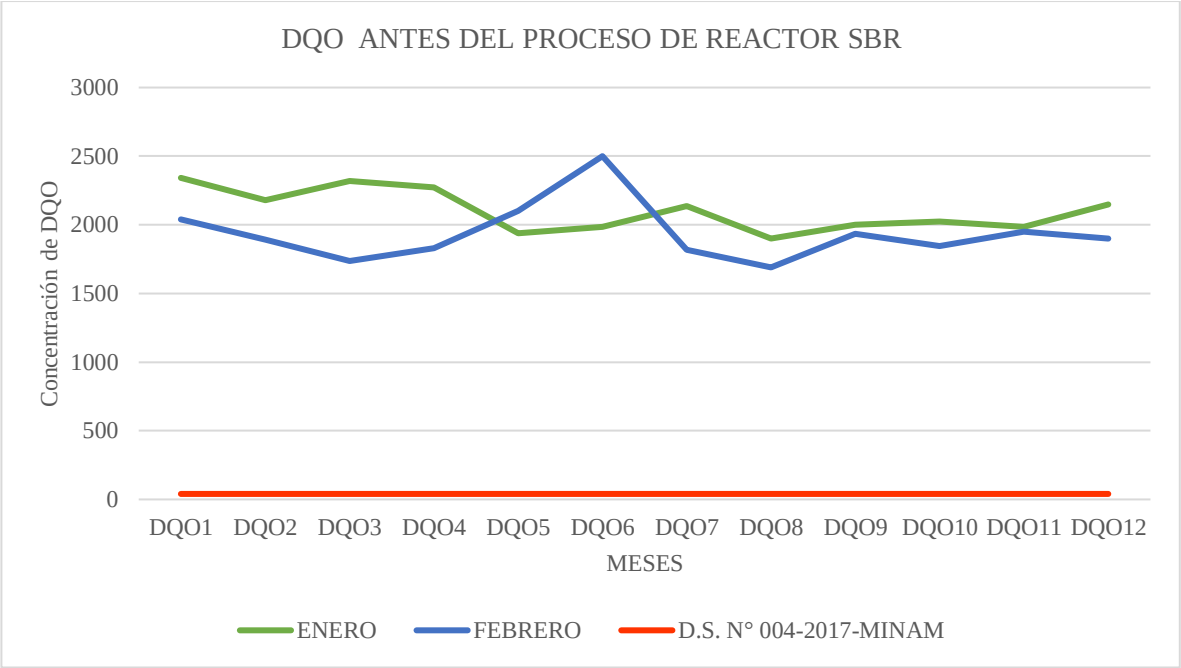


Figura 1. Resultados del pre-tratamiento de Demanda Química de Oxígeno en comparación con D.S. N° 004-2017-MINAM- Cat 3.

La concentración de Demanda Química de Oxígeno del agua residual de la industria láctea - Cajamarca se detallan en la tabla 1 y figura 1, según los datos arrojados sobrepasan con concentraciones elevadas durante los dos meses a los ECAS para agua D.S. N° 004-2017-MINAM-cat 3.

Tabla 2. *Demanda química de oxígeno después del proceso de tratamiento del Reactor Biológico Secuencial en comparación con D.S. N° 004-2017-MINAM- Cat 3.*

MUESTREO	**DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO (mg/L)**											
	DQO1	**DQO2**	**DQO3**	**DQO4**	**DQO5**	**DQO6**	**DQO7**	**DQO8**	**DQO9**	**DQO10**	**DQO11**	**DQO12**
ENERO	26	21	14	27	14	26	17	17	18	24	22	26
FEBRERO	27	29	28	18	16	18	16	17	19	17	16	15
D.S. N° 004-2017-MINAM	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40

Para facilitar la interpretación de los valores del parámetro Demanda Química de Oxígeno, según la Tabla 2. La toma de muestra del agua residual de la industria láctea - Cajamarca se realizó cada tres días, durante los meses de enero y febrero de 2021. Para poder aplicar el tratamiento del Reactor Biológico Secuencial (SBR) y demostrar la eficiencia en la remoción de este parámetro. Según los valores arrojados todas concentraciones del Demanda Química de Oxígeno se encuentran por debajo de ECAS para agua D.S. N° 004-2017-MINAM-cat 3.

.

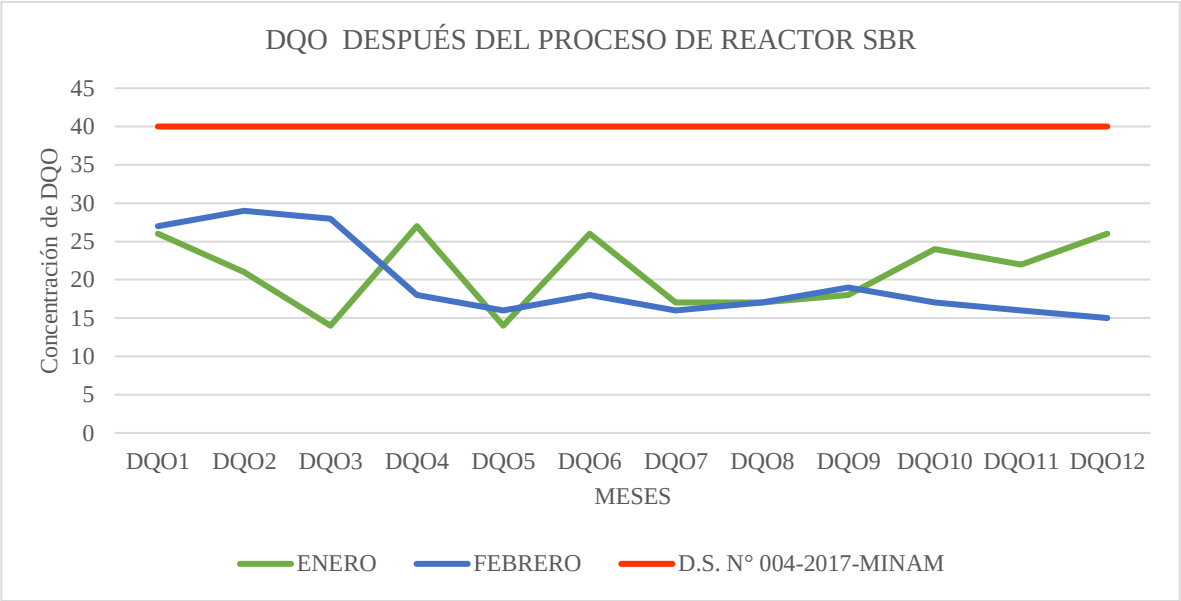


Figura 2. Resultado final de Demanda Química de Oxígeno después del proceso de tratamiento del Reactor Biológico Secuencial en comparación con D.S. N° 004-2017-MINAM - cat 3

La concentración de Demanda Química de Oxígeno del agua residual en la industria láctea - Cajamarca se detallan en la tabla 2 y figura 2, según los datos arrojados este parámetro logró disminuir las concentraciones durante los muestreos de los dos meses, cumpliendo con el D.S. N° 004-2017-MINAM-cat 3.

Tabla 3. Resultados del pre-tratamiento de Demanda bioquímica de oxígeno en comparación con D.S. N° 004-2017-MINAM - cat 3

MUESTREO	**DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO (mg/L)**											
	DBO5	**DBO5**	**DBO5**	**DBO5**	**DBO5**	**DBO5**	**DBO5**	**DBO5**	**DBO5**	**DBO5**	**DBO5**	**DBO5**
ENERO	1198	1156	1307	1254	1218	1239	1186	1176	1217	1249	1186	1263
FEBRERO	1073	1306	1154	1059	860	1025	970	745	1003	988	850	760
D.S. N° 004-2017-MINAM	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15

Para facilitar la interpretación de los valores del parámetro Demanda Bioquímica de Oxígeno, según la Tabla 3. La toma de muestra del agua residual de la industria láctea - Cajamarca se realizó cada tres días, durante los meses de enero y febrero de 2021.

Iniciando con pre- tratamiento donde los resultados superan ECAS para agua D.S. N° 004-2017-MINAM-cat 3.

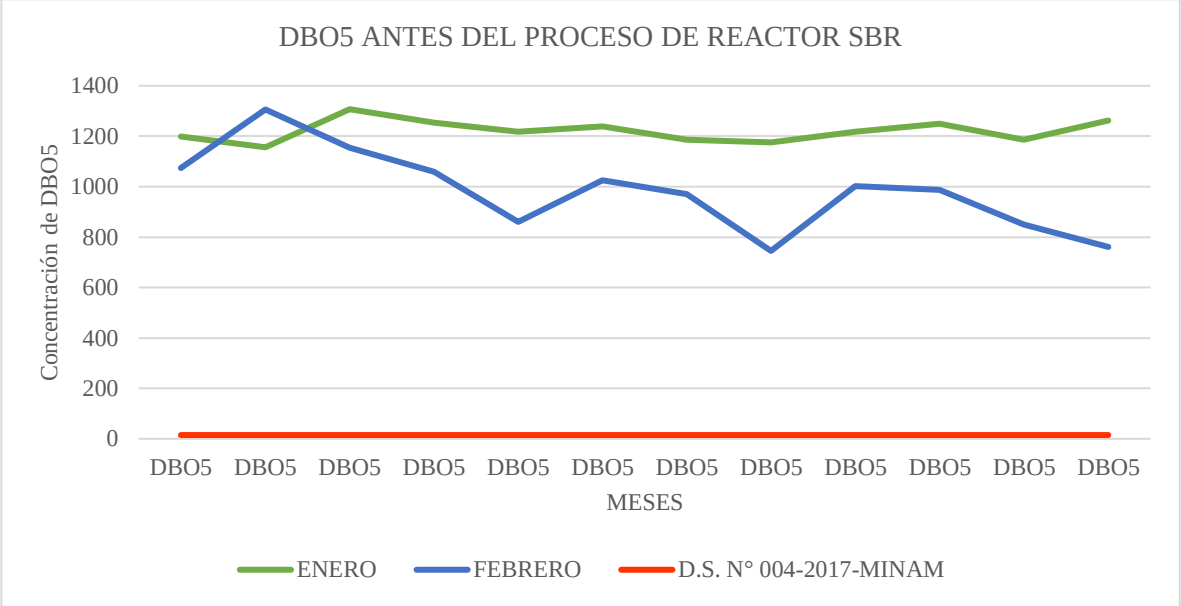


Figura 3. Resultados del pre-tratamiento de demanda bioquímica de oxígeno en comparación con D.S. N° 004-2017-MINAM- Cat 3.

La concentración de Demanda Bioquímica de Oxigeno del agua residual de la industria láctea - Cajamarca se detallan en la tabla 3 y figura 3, según los datos arrojados sobrepasan con concentraciones elevadas durante los dos meses a los ECAS para agua D.S. N° 004-2017-MINAM - cat 3.

Tabla 4. *Demanda bioquímica de oxígeno después del proceso de tratamiento del Reactor Biológico Secuencial en comparación con D.S. N° 004-2017-MINAM- Cat 3.*

MUESTREO	**DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO (mg/L)**											
	DBO5	**DBO5**	**DBO5**	**DBO5**	**DBO5**	**DBO5**	**DBO5**	**DBO5**	**DBO5**	**DBO5**	**DBO5**	**DBO5**
ENERO	11	10.4	7.5	9.5	6.9	9.8	9.7	8.1	10.3	11	10	11
FEBRERO	11.2	11.1	10.9	7	6.8	8.2	9	8	9.4	7.6	9.5	10.3
D.S. N° 004-2017-MINAM	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15

Para facilitar la interpretación de los valores del parámetro Demanda Bioquímica de Oxígeno, según la Tabla 4. La toma de muestra del agua residual de la industria láctea - Cajamarca se realizó cada tres días, durante los meses de enero y febrero de 2021. Para poder aplicar el tratamiento del Reactor Biológico Secuencial (SBR) y demostrar la eficiencia en la remoción de este parámetro. Según los valores arrojados todas concentraciones del Demanda Química de Oxígeno se encuentran por debajo de ECAS para agua D.S. N° 004-2017-MINAM- cat 3.

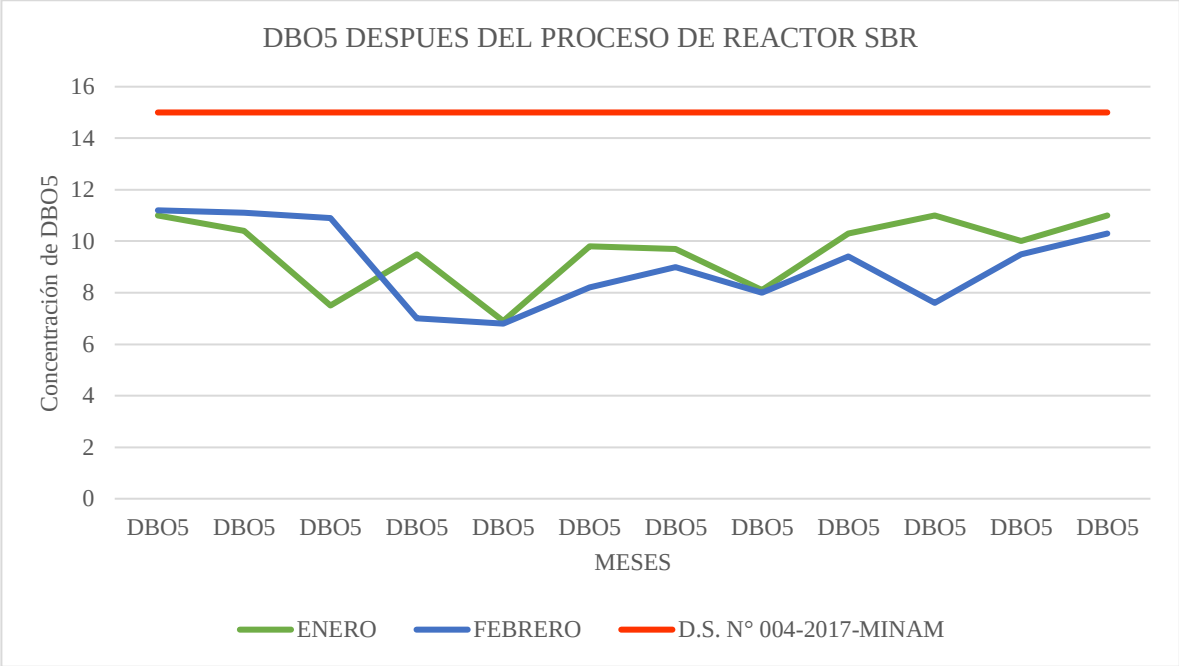


Figura 4. Resultado final de demanda bioquímica de oxígeno después del proceso de tratamiento del Reactor Biológico Secuencial en comparación con D.S. N° 004-2017-MINAM - cat 3

La concentración de Demanda Bioquímica de Oxígeno del agua residual en la industria láctea - Cajamarca se detallan en la tabla 4 y figura 4, según los datos arrojados este parámetro logró disminuir las concentraciones durante los muestreos de los dos meses, cumpliendo con el D.S. N° 004-2017-MINAM - cat 3.

a. Comparación con la Guía sobre medio ambiente salud y seguridad para el procesamiento de productos lácteos.

Tabla 5. *Resultados del pre-tratamiento de Demanda química de oxígeno en comparación con LMP para descargas industriales*

MUESTREO	DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO (mg/L)											
	DQO1	**DQO2**	**DQO3**	**DQO4**	**DQO5**	**DQO6**	**DQO7**	**DQO8**	**DQO9**	**DQO10**	**DQO11**	**DQO12**
ENERO	2342	2178	2318	2273	1938	1987	2135	1900	2000	2025	1986	2148
FEBRERO	2041	1893	1737	1829	2100	2500	1820	1690	1935	1846	1950	1900
LMP DES.INDS	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250

Para facilitar la interpretación de los valores del parámetro Demanda Química de Oxígeno, según la Tabla 5. La toma de muestra del agua residual de la industria láctea - Cajamarca se realizó cada tres días, durante los meses de enero y febrero de 2021. Iniciando con pre- tratamiento donde los resultados superan los Límites Máximos Permisibles establecidos para efluentes industriales para el procesamiento de los productos lácteos.

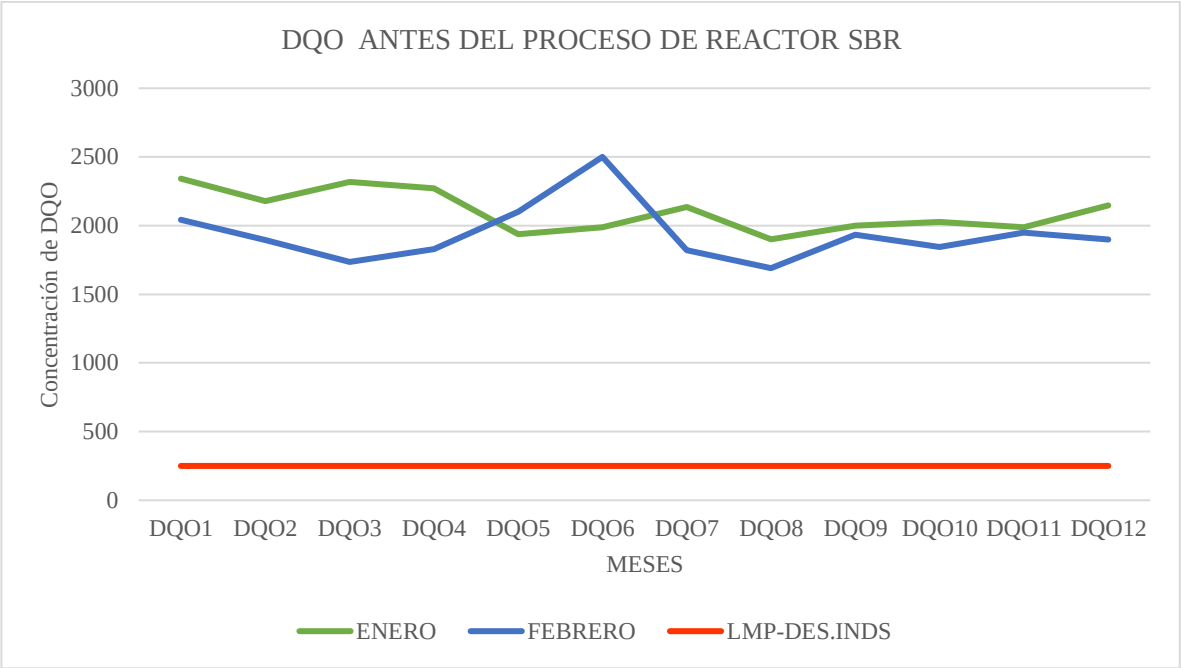


Figura 5. Resultados del pre-tratamiento de demanda química de oxígeno en comparación con LMP para descargas industriales

La concentración de Demanda Química de Oxígeno del agua residual de la industria láctea - Cajamarca se detallan en la tabla 5 y figura 5, según los datos arrojados sobrepasan con concentraciones elevadas durante los dos meses a los Límites Máximos Permisibles establecidos para efluentes industriales para el procesamiento de los productos lácteos.

Tabla 6. *Demanda química de oxígeno después del proceso de tratamiento del Reactor Biológico Secuencial en comparación con los LMP para descargas industriales*

MUESTREO	**DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO (mg/L)**											
	DQO1	**DQO2**	**DQO3**	**DQO4**	**DQO5**	**DQO6**	**DQO7**	**DQO8**	**DQO9**	**DQO10**	**DQO11**	**DQO12**
ENERO	26	21	14	27	14	26	17	17	18	24	22	26
FEBRERO	27	29	28	18	16	18	16	17	19	17	16	15
LMP-DES.INDS	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250

Para facilitar la interpretación de los valores del parámetro Demanda Química de Oxígeno, según la Tabla 6. La toma de muestra del agua residual de la industria láctea - Cajamarca se realizó cada tres días, durante los meses de enero y febrero de 2021. Para poder aplicar el tratamiento del Reactor Biológico Secuencial (SBR) y demostrar la eficiencia en la remoción de este parámetro. Según los valores arrojados todas concentraciones del Demanda Química de Oxígeno se encuentran por debajo de los Límites Máximos Permisibles establecidos para efluentes industriales para el procesamiento de los productos lácteos.

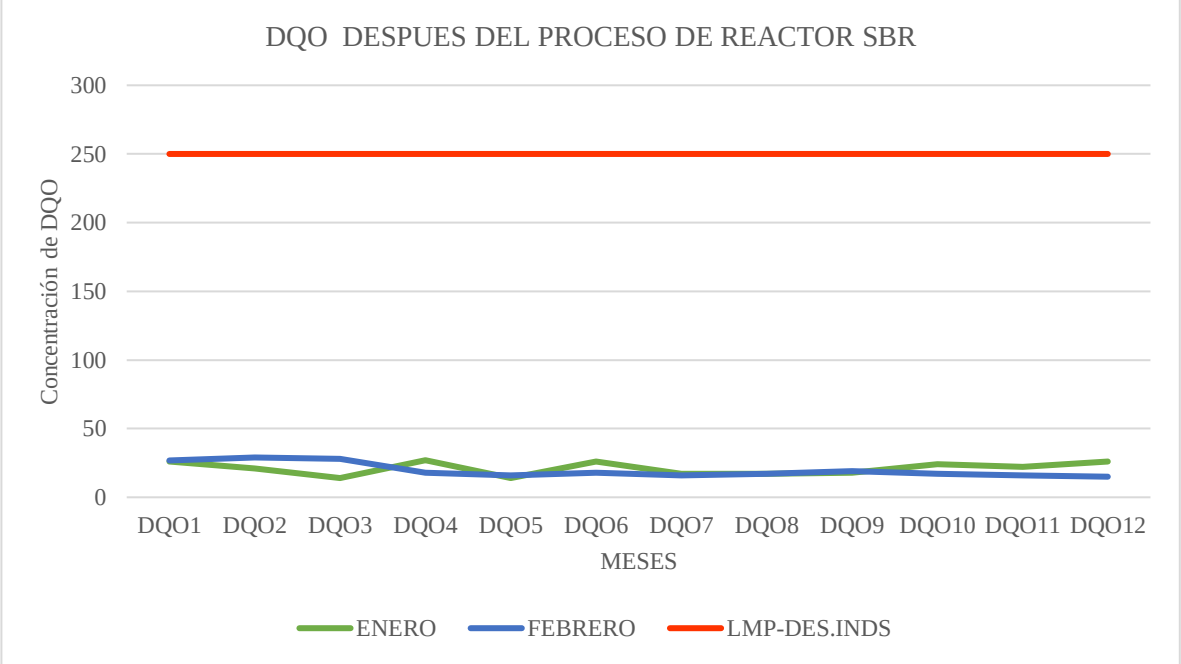


Figura 6. Resultado final de demanda química de oxígeno después del proceso de tratamiento del Reactor Biológico Secuencial en comparación con los LMP para descargas industriales.

La concentración de Demanda Química de Oxígeno del agua residual en la industria láctea - Cajamarca se detallan en la tabla 6 y figura 6, según los datos arrojados este

parámetro logró disminuir las concentraciones durante los muestreos de los dos meses, cumpliendo con los Límites Máximos Permisibles establecidos para efluentes industriales para el procesamiento de los productos lácteos.

Tabla 7. *Resultados del pre-tratamiento de Demanda bioquímica de oxígeno en comparación con LMP para descargas industriales*

MUESTREO	**DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO (mg/L)**											
	DBO5	**DBO5**	**DBO5**	**DBO5**	**DBO5**	**DBO5**	**DBO5**	**DBO5**	**DBO5**	**DBO5**	**DBO5**	**DBO5**
ENERO	1198	1156	1307	1254	1218	1239	1186	1176	1217	1249	1186	1263
FEBRERO	1073	1306	1154	1059	860	1025	970	745	1003	988	850	760
LMP-DES.INDS	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50

Para facilitar la interpretación de los valores del parámetro Demanda Bioquímica de Oxígeno, según la Tabla 7. La toma de muestra del agua residual de la industria láctea - Cajamarca se realizó cada tres días, durante los meses de enero y febrero de 2021. Iniciando con pre- tratamiento donde los resultados superan los Límites Máximos Permisibles establecidos para efluentes industriales para el procesamiento de los productos lácteos.

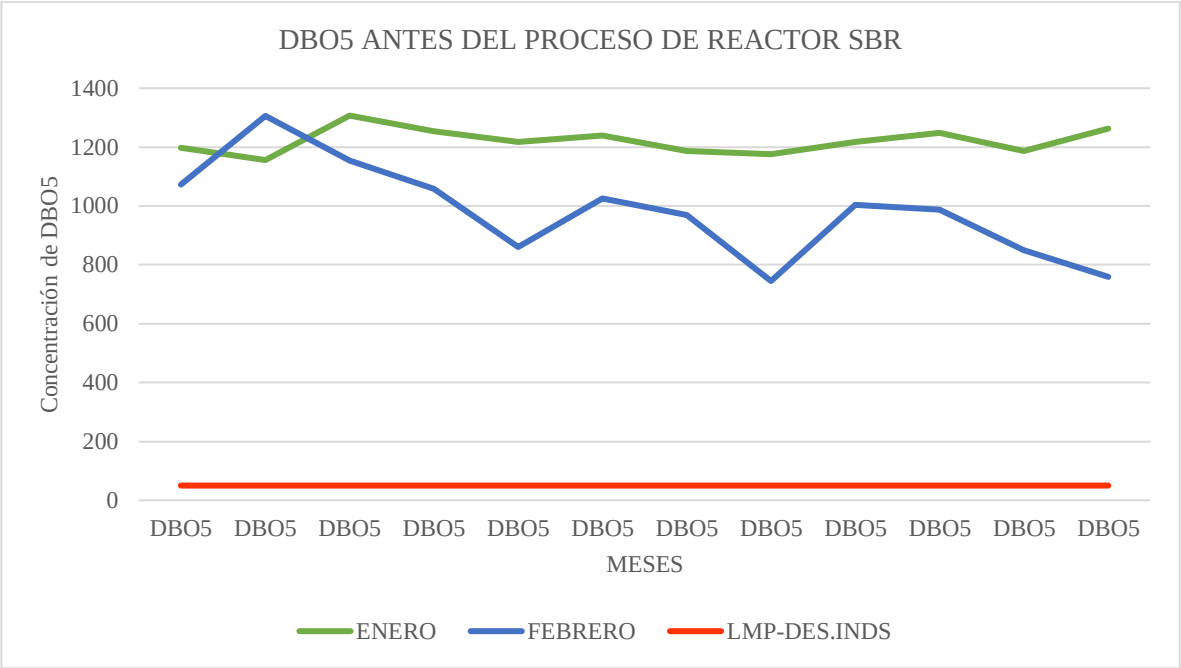


Figura 7. Resultados del pre-tratamiento de demanda bioquímica de oxígeno en comparación con LMP para descargas industriales

La concentración de Demanda Bioquímica de Oxígeno del agua residual de la industria láctea - Cajamarca se detallan en la tabla 3 y figura 3, según los datos arrojados sobrepasan con concentraciones elevadas durante los dos meses a los Límites Máximos Permisibles establecidos para efluentes industriales para el procesamiento de los productos lácteos.

Tabla 8. *Demanda bioquímica de oxígeno después del proceso de tratamiento del Reactor Biológico Secuencial en comparación con los LMP para descargas industriales*

MUESTREO	**DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO (mg/L)**											
	DBO5	**DBO5**	**DBO5**	**DBO5**	**DBO5**	**DBO5**	**DBO5**	**DBO5**	**DBO5**	**DBO5**	**DBO5**	**DBO5**
ENERO	11	10.4	7.5	9.5	6.9	9.8	9.7	8.1	10.3	11	10	11
FEBRERO	11.2	11.1	10.9	7	6.8	8.2	9	8	9.4	7.6	9.5	10.3
LMP-DES.INDS	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50

Para facilitar la interpretación de los valores del parámetro Demanda Bioquímica de Oxígeno, según la Tabla 8. La toma de muestra del agua residual de la industria láctea - Cajamarca se realizó cada tres días, durante los meses de enero y febrero de 2021. Para poder aplicar el tratamiento del Reactor Biológico Secuencial (SBR) y demostrar la eficiencia en la remoción de este parámetro. Según los valores arrojados todas concentraciones del Demanda Química de Oxígeno se encuentran por debajo de los Límites Máximos Permisibles establecidos para efluentes industriales para el procesamiento de los productos lácteos.

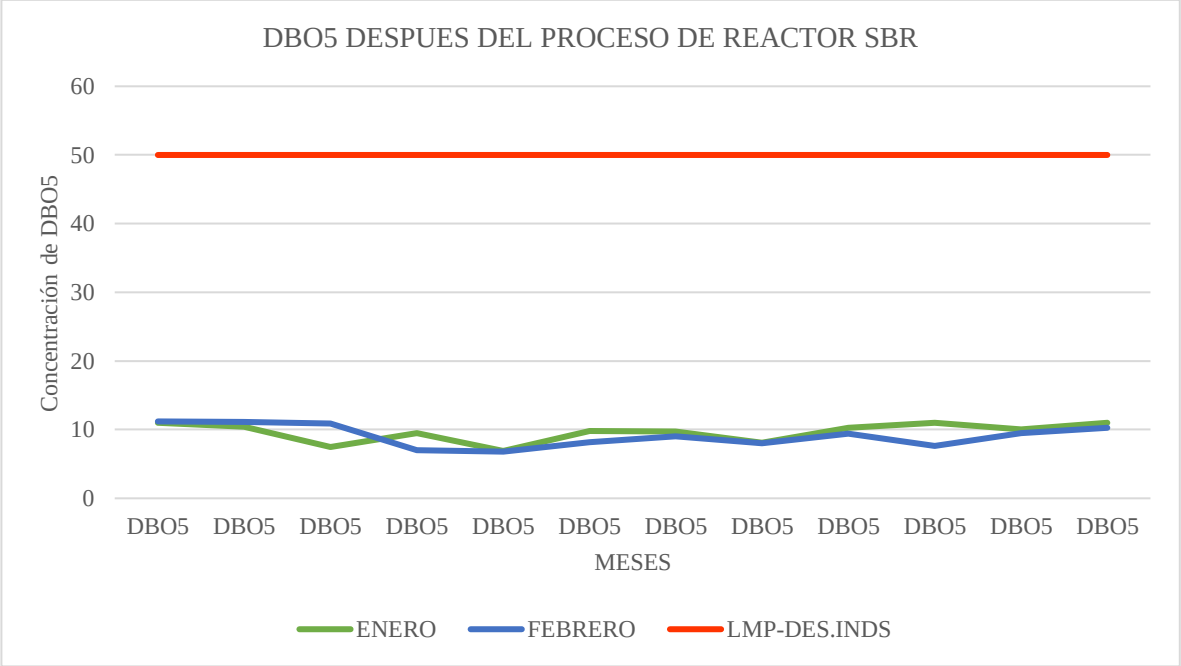


Figura 8. Resultado final de demanda bioquímica de oxígeno después del proceso de tratamiento del Reactor Biológico Secuencial en comparación con los LMP para descargas industriales.

La concentración de Demanda Bioquímica de Oxígeno del agua residual en la industria láctea - Cajamarca se detallan en la tabla 8 y figura 8, según los datos arrojados este parámetro logró disminuir las concentraciones durante los muestreos de los dos meses,

cumpliendo con los Límites Máximos Permisibles establecidos para efluentes industriales para el procesamiento de los productos lácteos.

4.2. Discusión

En referencia a los parámetros analizados: Demanda Química de Oxígeno y Demanda Bioquímica de Oxígeno de la industria láctea – Cajamarca. Los muestreos fueron tomados cada tres días durante dos meses consecutivos: Enero y febrero de 2021. Los resultados arrojados muestran concentraciones elevadas, superando drásticamente los ECAS para agua D.S. N° 004-2017-MINAM-cat 3 y Límites Máximos Permisibles para descargas industriales de procesos lácteos. El tratamiento de aguas residuales de la industria láctea es importante para volver a utilizar el agua, evitar su contaminación y la del ambiente (especialmente por sus efectos en la producción agropecuaria) y por salud pública.

El agua residual tratada, constituye un valioso recurso que podría sustituir un importante volumen de agua de primer uso, en actividades que no requieren de la calidad de agua potable. El crecimiento acelerado de la población, la contaminación de las fuentes naturales de agua superficial y subterránea, la desigual distribución espacial del recurso hídrico y los prolongados períodos de estiaje, vienen forzando la necesidad de propuestas innovadoras como fuentes alternativas para el abastecimiento

de agua. En este contexto, las aguas residuales se constituyen en fuente adicional para atender la demanda del recurso. La generación de aguas residuales es el aspecto ambiental más significativo de la actividad del sector, tanto por los elevados volúmenes generados, como por la carga contaminante asociada a las mismas.

La contaminación de los cuerpos de agua por agua residuales domésticas, industriales y municipales, se debe en gran parte, a que el país ha priorizado las inversiones en infraestructura y abastecimiento de agua potable sobre las inversiones en alcantarillado sanitario. La concentración de la población, la carencia de alcantarillado sanitario y la falta de controles y mecanismos que posibiliten la puesta en práctica de la legislación existente, ha ocasionado que los ríos, especialmente en las zonas urbanas, hayan sufrido un deterioro significativo de su calidad de manera tal, que muchos ya han perdido su utilidad como fuente de agua potable, irrigación o recreación, y valor estético. El ineficiente manejo de vertidos se debe a deficiencias técnicas de los sistemas de tratamiento, uso excesivo de tanques sépticos, ausencia de recursos para desarrollar acciones integrales, deficiente educación y costumbres de la población y traslapes de competencias e indefiniciones entre las organizaciones involucradas (Arce, 2011).

Según Yee-Batista (2013) el 80% de la población de latinoamericana vive en ciudades y una gran proporción en asentamientos próximos a fuentes contaminadas. La autora agrega que siendo América Latina una de las regiones con más biodiversidad del mundo y dueño de un tercio de las fuentes de agua del mundo, la contaminación del agua representa consecuencias ecológicas adversas. También afirma que 70% de las aguas residuales de la región latinoamericana no son tratadas. El agua extraída, usada y devuelta completamente contaminada a los ríos. Asimismo, Cuenca y Pazuña, (2011), señala el tratamiento del agua es de gran importancia de manera integral para la humanidad. Las normas de calidad para bebida, son cantidades límite que, en relación con los diversos elementos, pueden ser tolerables en las aguas para consumo, atendiendo a los siguientes aspectos fundamentales.

4.3. Proceso de prueba 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 α=0,05. El resultado para *(t)* es menor al grado de significancia, lo cual permitió rechazar en el estudio de la hipótesis nula.

Tabla 9. *Demanda Química de Oxígeno y Demanda Bioquímica de Oxigeno– D.S. N° 004-2017-MINAM-cat 3*

		Media	N	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Par 1	**ECA DQO**	40,0000	24	,00000	,00000
		20,3333	24	4,94902	1,01021
Par 2	**ECA1 DBO5**	15,0000	24	,00000	,00000
		9,3417	24	1,47587	,30126

Tabla 10. *Prueba T para el grado de significancia de los parámetros Demanda Química de Oxígeno y Demanda Bioquímica de Oxigeno– D.S. N° 004-2017-MINAM-cat*

		Diferencias emparejadas					t	gl	Sig.
		Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
					Inferior	Superior			
Par 1	**ECA - DQO**	19,6666 7	4,94902	1,01021	17,57688	21,75645	19,4 68	23	,000
Par 2	**ECA1 - DBO5**	5,65833	1,47587	,30126	5,03513	6,28154	18,7 82	23	,000

Tabla 11. *Demanda Química de Oxígeno y Demanda Bioquímica de Oxigeno– LMP descarga industrial para procesos lácteos*

		Media	N	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Par 1	**ECA DQO**	250,0000	24	,00000	,00000
		20,3333	24	4,94902	1,01021
Par 2	**ECA1 DBO5**	50,0000	24	,00000	,00000
		9,3417	24	1,47587	,30126

Tabla 12. Prueba T para el grado de significancia de los parámetros Demanda Química de Oxígeno y Demanda Bioquímica de Oxigeno– LMP descarga industrial para procesos lácteos

		Diferencias emparejadas					t	gl	Sig.
		Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
					Inferior	Superior			
Par 1	**LPM-INDUS - DQO**	220,91667	42,00716	8,57468	203,17860	238,65473	25,764	23	,000
Par 2	**LMP-INDUS1 - DBO5**	40,65833	1,47587	,30126	40,03513	41,28154	134,961	23	,000

- **H_0:** t > 0,05 La tecnología del reactor biológico secuencial no es eficiente para la reducción de los valores de DBO y DQO de las aguas residuales de una industria láctea en Cajamarca – 2021

- **H_1:** t ≤ 0,05 La tecnología del reactor biológico secuencial es eficiente para la reducción de los valores de DBO y DQO de las aguas residuales de una industria láctea en Cajamarca – 2021

  t = Presenta valores superiores al grado de significancia por cada parámetro (0.00, 0.00) Por lo tanto, el Reactor Biológico Secuencial (SBR) reduce la concentración de DBO y DQO del agua residual en la industria láctea, Cajamarca, 2021.

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, 0.00), valores que muestran la aceptación de la hipótesis de investigación; estos valores son menores al parámetro 0,05 al 95% de confianza. Por lo tanto, rechazamos la hipótesis nula "La tecnología del reactor biológico secuencial es eficiente para la reducción de los valores de DBO y DQO de las aguas residuales de una industria láctea en Cajamarca – 2021."

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5. Conclusiones y Recomendaciones

5.1. Conclusiones

- Se determinó la eficiencia de la tecnología del reactor biológico secuencial en la reducción de los valores de DBO y DQO de las aguas residuales de una industria láctea en Cajamarca – 2021. Los parámetros que sobrepasaron de manera significativa fueron: Demanda Química de Oxígeno y Demanda Bioquímica de Oxígeno, lo que indica que los cuerpos de agua natural siempre son intervenidos por las diversas acciones antropogénicas de este tipo de procesos industriales.
- Se realizó la operación del Reactor Biológico Secuencial como tecnología para el tratamiento del agua residual de una industria láctea en Cajamarca – 2021; En donde se da cumplimiento a los parámetros de: Demanda Química de Oxígeno y Demanda Bioquímica de Oxígeno, que especifican las normativas vigentes.
- Se comparó los valores obtenidos de los efluentes de Demanda Química de Oxígeno y Demanda Bioquímica de Oxígeno. Demostrando la eficiencia del Reactor Biológico Secuencial (SBR), puesto que, los valores disminuyeron con un promedio de: 21, 19.07 y 9.6, 9.08 mg/L para los meses de enero y febrero. Cumpliendo con los ECAS para agua D.S. N° 004-2017-MINAM y en la Guía sobre medio ambiente salud y seguridad para el procesamiento de productos lácteos.

5.2. Recomendaciones

La revisión del diseño de la PTAR es necesaria debido a que la variabilidad de productos procesados por la industria láctea genera altas variaciones en la composición de los residuos a tratar, por tanto, se hace necesario la implementación de sistemas más eficientes y el uso de mejores tecnologías dada la alta incertidumbre de las variables debido a las condiciones in situ.

Una estrategia importante como la implementación de programas de producción más limpia (PML), específicamente aprovechamiento del lactosuero generado en el procesamiento, conduciría a una reducción significativa en las cargas contaminantes y por tanto al cumplimiento de la normativa nacional de calidad de agua, así como la reducción en los cobros de tasas retributivas.

Antes de la posible construcción se recomienda a la Gerencia de la empresa de Lácteos determinar costos y materiales a utilizarse y realizar una valoración costo beneficio.

Limpiar la planta de tratamiento por lo menos dos veces al año para evitar taponamientos por residuos.

Se recomienda a la Gerencia de la empresa de Lácteos dar seguimientos continuos para asegurar que el agua residual cumpla con la normativa vigente

Si aumenta la producción considerar las otras alternativas para la mejora continua del tratamiento de aguas residuales.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS0

- Arce, M. d. (2011). *"Impacto ambiental por aguas residuales y residuos sólidos en la calidad del agua de la parte media- alta de la microcuenca del río Damas y propuesta de manejo".* Univeridad Nacional de Costa Rica.
- Envitech, C. (S.F). *TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA INDUSTRIA LÁCTEA* . España - Barcelona.
- Herrera, O., & Corpas, E. (2012). *REDUCCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN EN AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL LÁCTEA UTILIZANDO MICROORGANISMOS BENÉFICOS.* Universidad Católica de Manizales. Manizales – Colombia.
- Miranda, G. (2017). *"EVALUACIÓN DEL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA DISMINUIR LA CONTAMINACIÓN DE EFLUENTES GENERADOS POR LA EMPRESA DE LÁCTEOS "MARLEN" UBICADA EN EL CANTÓN TISALEO PROVINCIA DE TUNGURAHUA".* AMBATO – ECUADOR.
- Perez, L., & Rodriguez, E. (2018). *Remoción de DQO y DBO del lactosuero acido mediante el una celda de electrocoagulación.* Huancayo.
- Guía sobre medio ambiente, salud y seguridad para el procesamiento de productos lácteos
- METCALF & EDDY, I. (1995). INGENIERIA DE AGUAS RESIDUALES (Vol. 1). (A. G. Bragne, Ed.) MADRID, ARAVACA, ESPAÑA: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA DE ESPAÑA, S.A.

- Romero, J. (2000). Tratamiento de Aguas Residuales, Teoría y principios de diseño. 3a edición. Colombia: Escuela Colombiana de Ingeniería.
- Webber, N. B.: Fluid Mechanics For civil Engineers, SI ed., Chapman and Hall, London, 1971.
- PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL MEDIO AMBIENTE (PNUMA). Manual de Ciudadanía Ambiental Global, Consumo Sustentable, El Agua es Vida. México, 2005. Citado por Cardona, D. (2011). Caracterización del agua cruda del río La Vieja como fuente superficial para el proceso de potabilización de Emcartago S.A. E.S.P. Universidad Tecnológica de Pereira.
- Instituto Nacional De Salud (INS). (2005). Octavo Curso - Taller Validación de Métodos Analíticos, Enfermedades Asociadas a la Calidad del Agua, Memorias. Bogotá, Septiembre 2005. Citado por Cardona, D. (2011). Caracterización del agua cruda del río La Vieja como fuente superficial para el proceso de potabilización de Emcartago S.A. E.S.P. Universidad Tecnológica de Pereira.
- Ley Nº. 28611. (2005). Ley General del Ambiente 15.
- Cardona, D. (2011). Caracterización del agua cruda de rio La Vieja
- Standard Methods for the examination of Water and Wasterwater, 17° ed., American Public Health Association, New York, 1989.
- Angulo, K. & Ayala, S. (2011). Manejo de efluentes líquidos mediante gestión ambiental en el camal del distrito del Porvenir. Tesis para obtención del título

profesional de Ingeniero Químico. Universidad Nacional de Trujillo. Perú. Recuperado de http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/3398.