TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

UNIVERSIDAD ANDINA

NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL

REMOCIÓN DE LA DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO CON PERÓXIDO DE HIDRÓGENO DE LAS AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES DEL DISTRITO DE LLALLI PROVINCIA DE MELGAR, 2022

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. STECHKIN CHUQUIMAMANI ARAPA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO SANITARIO Y AMBIENTAL

JULIACA – PERÚ

2023

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

UNIVERSIDAD ANDINA

NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL

REMOCIÓN DE LA DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO CON PERÓXIDO DE HIDRÓGENO DE LAS AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES DEL DISTRITO DE LLALLI PROVINCIA DE MELGAR, 2022

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. STECHKIN CHUQUIMAMANI ARAPA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO SANITARIO Y AMBIENTAL

APROBADA POR EL JURADO REVISOR:

PRESIDENTE : _____
Dr. LEONEL SUASACA PELINCO

PRIMER MIEMBRO : _____
Dr. CESAR JULIO LARICO MAMANI

SEGUNDO MIEMBRO : _____
Ing. JAVIER ARTURO BOJORQUEZ GANDARILLAS

ASESOR DE TESIS : _____
Dr. BENJAMIN CHUQUIMAMANI QUINTO

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: SANEAMIENTO AMBIENTAL – P22

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor

http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

RESOLUCIÓN DECANAL N° 1420-2023–D-FICP-UANCV

Juliaca, 22 de diciembre de 2023

VISTOS:

El **OFICIO N° 170-2023-D-EPISA-FICP-UANCV** del Director de la Escuela Profesional de **Ingeniería Sanitaria y Ambiental** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y Resolución Decanal N°1375-2023 de fecha 14 de diciembre de 2023 sobre la aprobación del Informe Final del trabajo de Investigación (tesis) titulado: **REMOCIÓN DE LA DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO CON PERÓXIDO DE HIDRÓGENO DE LAS AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES DEL DISTRITO DE LLALLI PROVINCIA DE MELGAR,2022;** y el trámite solicitado por el Bachiller en **Ingeniería Sanitaria y Ambiental** y;

CONSIDERANDO:

Que, el Bachiller: **STECHKIN CHUQUIMAMANI ARAPA;** ha solicitado fecha y hora para efectuar la sustentación del Informe Final del Trabajo de Investigación (tesis) titulado: **REMOCIÓN DE LA DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO CON PERÓXIDO DE HIDRÓGENO DE LAS AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES DEL DISTRITO DE LLALLI PROVINCIA DE MELGAR,2022,** para rendir el examen de sustentación del trabajo de Investigación (tesis) y optar el Título Profesional de **Ingeniero Sanitario y Ambiental,** y;

Que, los Jurados designados por el Director y el Responsable del Comité de Investigación de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, de la FICP, están integrados por los siguientes Docentes;

- **Presidente** : **Dr. LEONEL SUASACA PELINCO**
- **1er Miembro** : **Dr. CESAR JULIO LARICO MAMANI**
- **2do Miembro** : **Ing. JAVIER ARTURO BOJORQUEZ GANDARILLAS**
- **Asesor** : **Dr. BENJAMIN CHUQUIMAMANI QUINTO**

De conformidad al Reglamento de aseguramiento de calidad de trabajos de investigación, con fines de obtención de grados académicos y títulos profesionales de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTICULO PRIMERO. - **APROBAR** Lugar, Día y Hora para que el (la) bachiller: **STECHKIN CHUQUIMAMANI ARAPA;** rendirá el Examen de Sustentación del Informe Final del Trabajo de Investigación (tesis) titulado **REMOCIÓN DE LA DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO CON PERÓXIDO DE HIDRÓGENO DE LAS AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES DEL DISTRITO DE LLALLI PROVINCIA DE MELGAR,2022,** para optar el Título Profesional de **Ingeniero Sanitario y Ambiental** de acuerdo al siguiente detalle:

- **FECHA** : 26 de diciembre de 2023
- **HORA** : 8:00
- **LUGAR** : Aula 306 - pabellón de hidráulica

ARTICULO SEGUNDO. - La Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, el Director y el responsable del comité de investigación de la Escuela Profesional de **Ingeniería Sanitaria y Ambiental**, quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ" FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CS. PURAS
Dr. MILTHON QUISPE HUANCA
DECANO
CIP. 47790

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ" FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CS. PURAS
Dr. EFRAIN PIRRILLO SOSA
SECRETARIO ACADÉMICO
CIP. 95631

C.c. Arch. 2023
Interesado
Escuela Profesional

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

RESOLUCIÓN DECANAL N° 1375-2023-D-FICP-UANCV

Juliaca, 14 de diciembre de 2023

VISTOS:

El **INFORME N° 788-2023-D-UI-FICP.UANCV,** del Director Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Ingeniería Sanitaria y Ambiental, **INFORME N° 079-2023-UI-CI-EPISA-FICP-UANCV** del Presidente del Sub Comité de Evaluación de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, **RESOLUCIÓN DECANAL N° 1443-2023-D-FICP-UANCV** que aprueba el Proyecto de Investigación el **30 de noviembre de 2022** y el acta de revisión y calificación del Trabajo de Investigación (tesis) de fecha **30 de noviembre de 2023** para optar el Título Profesional de Ingeniero Sanitario y Ambiental, con el tema titulado: **REMOCIÓN DE LA DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO CON PERÓXIDO DE HIDRÓGENO DE LAS AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES DEL DISTRITO DE LLALLI PROVINCIA DE MELGAR,2022.**

CONSIDERANDO:

Que, el (la) Bachiller: **STECHKIN CHUQUIMAMANI ARAPA,** ha presentado su Trabajo de Investigación (tesis) Titulado: **REMOCIÓN DE LA DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO CON PERÓXIDO DE HIDRÓGENO DE LAS AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES DEL DISTRITO DE LLALLI PROVINCIA DE MELGAR,2022.**

Que, habiendo procedido de acuerdo al Reglamento de Aseguramiento de la Calidad de Trabajo de Investigación, con fines de la obtención de Grados Académicos de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, el Director y el Responsable del Comité de Investigación de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, nominó a la sub comisión de evaluación de trabajo de investigación, a los siguientes Docentes:

- **Presidente** : **Dr. LEONEL SUASACA PELINCO**
- **1er Miembro** : **Dr. CESAR JULIO LARICO MAMANI**
- **2do Miembro** : **Ing. JAVIER ARTURO BOJORQUEZ GANDARILLAS**

Que, el Sub Comité de evaluación ha aprobado en su integridad el Trabajo de Investigación (tesis) titulado: **REMOCIÓN DE LA DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO CON PERÓXIDO DE HIDRÓGENO DE LAS AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES DEL DISTRITO DE LLALLI PROVINCIA DE MELGAR,2022.**

Que, la Oficina de Investigación ha aprobado con el Dictamen N° 1210-2023, la originalidad del trabajo de investigación (tesis) titulado: **REMOCIÓN DE LA DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO CON PERÓXIDO DE HIDRÓGENO DE LAS AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES DEL DISTRITO DE LLALLI PROVINCIA DE MELGAR,2022.**

Estando, conforme a la **RESOLUCIÓN DECANAL N°064-2019-CF-FICP-UANCV** de fecha 02 de octubre de 2019 donde aprueba el reglamento de aseguramiento de calidad de trabajos de investigación, con fines de obtención de grados académicos y títulos profesionales a la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, que consta de XI capítulos y 71 artículos, y;

Estando, en la opinión favorable del Director de la Unidad de Investigación y en concordancia al Reglamento de Aseguramiento de la Calidad de Trabajos de Investigación, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTICULO PRIMERO.- **APROBAR**, el informe final de **TRABAJO DE INVESTIGACIÓN (Tesis)**, del Bachiller: **STECHKIN CHUQUIMAMANI ARAPA,** para optar el Título Profesional de Ingeniero Sanitario y Ambiental, con el Tema Titulado: **REMOCIÓN DE LA DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO CON PERÓXIDO DE HIDRÓGENO DE LAS AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES DEL DISTRITO DE LLALLI PROVINCIA DE MELGAR,2022.**

La misma que deberá proceder a la impresión de su borrador de Trabajo de Investigación en limpio, de acuerdo a lo establecido en el Reglamento de Aseguramiento de la Calidad de Trabajos de Investigación, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras - Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental.

ARTICULO SEGUNDO.- **RECONOCER**, como asesor del Trabajo de Investigación (tesis) al (la) asesor (a) docente ordinario, **Dr. BENJAMIN CHUQUIMAMANI QUINTO**.

ARTICULO TERCERO.- La Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, el Director y el responsable del comité de investigación de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Registrese, Comuniquese, Archivese.

cc.
archivo 2023
interesado (a)

UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERIAS Y CS. PURAS

Dr. MILTHON QUISPE HUAN
DECANO
CIP. 47790

UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERIAS Y CS. PURAS

Dr. EFRAIN PAILLO SOSA
SECRETARIO ACADEMICO
CIP. 95531

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

RESOLUCIÓN DECANAL Nº 1443-2022-D-FICP-UANCV

Juliaca, 30 de noviembre de 2022

VISTOS:

El **INFORME Nº 685-2022-D-UI-FICP.UANCV.** del Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, **INFORME DE OPINIÓN TÉCNICA Nº 059-2022-UANCV-FICP-UI-CI** del responsable del Comité de Investigación, la **opinión técnica Nº 88-2022-UANCV-FICP-UI-CI** del presidente del sub comité de la Escuela Profesional de **Ingeniería Sanitaria y Ambiental** y el **ACTA DE REGISTRO DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN** según reglamento interno de aseguramiento de la calidad de trabajos de investigación de fecha **21 de noviembre de 2022,** para optar el Título Profesional de **Ingeniero Sanitario y Ambiental,** con el tema titulado: **REMOCIÓN DE LA DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO CON PERÓXIDO DE HIDRÓGENO DE LAS AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES DEL DISTRITO DE LLALLI PROVINCIA DE MELGAR, 2022.**

CONSIDERANDO:

Que, el (la) Bachiller: **STECHKIN CHUQUIMAMANI ARAPA,** ha presentado su Proyecto de Investigación Titulado: **REMOCIÓN DE LA DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO CON PERÓXIDO DE HIDRÓGENO DE LAS AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES DEL DISTRITO DE LLALLI PROVINCIA DE MELGAR, 2022,** para optar el Título Profesional de **Ingeniero Sanitario y Ambiental;** y.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento de Aseguramiento de la Calidad de Trabajos de Investigación, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales y el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras; el responsable del Comité de Investigación de la Escuela Profesional de **Ingeniería Sanitaria y Ambiental**, Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, nomino a la sub comisión de evaluación de Proyecto de Investigación, a los siguientes Docentes:

- **Presidente** : **Dr. LEONEL SUASACA PELINCO**
- **1er Miembro** : **Dr. CESAR JULIO LARICO MAMANI**
- **2do Miembro** : **Ing. JAVIER ARTURO BOJORQUEZ GANDARILLAS**

Que, la sub comisión de evaluación ha concluido aprobar sin observación el Proyecto de Investigación titulado: **REMOCIÓN DE LA DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO CON PERÓXIDO DE HIDRÓGENO DE LAS AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES DEL DISTRITO DE LLALLI PROVINCIA DE MELGAR, 2022,** correspondiente a la línea de investigación: **SANEAMIENTO AMBIENTAL;** y.

Que, es requisito indispensable contar con un Docente Ordinario y/o contratado de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras con un mínimo de cinco años de docencia, grado de magister y experiencia en la línea a investigar, que será el asesor de Proyecto de Investigación, y.

Estando, en la opinión favorable del Director de la Unidad de Investigación y en concordancia al Reglamento de Aseguramiento de la Calidad de Trabajos de Investigación, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales y el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria Nº 30220, ley de creación de la UANCV Nº 23738 y modificatoria Nº 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- **APROBAR**, el **PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**, presentado por el (la) Bachiller: **STECHKIN CHUQUIMAMANI ARAPA,** para optar el Título Profesional de **Ingeniero Sanitario y Ambiental**, con el Tema Titulado: **REMOCIÓN DE LA DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO CON PERÓXIDO DE HIDRÓGENO DE LAS AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES DEL DISTRITO DE LLALLI PROVINCIA DE MELGAR, 2022.**

La misma que deberá proceder con la ejecución del Proyecto de Investigación aprobado de acuerdo a lo establecido en el Reglamento de Aseguramiento de la Calidad de Trabajos de Investigación, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales y el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

ARTÍCULO SEGUNDO.- RECONOCER como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** al (a la) docente ordinario de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, **Dr. BENJAMIN CHUQUIMAMANI QUINTO**

ARTÍCULO TERCERO.- **DISPONER** que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de **Ingeniería Sanitaria y Ambiental** quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Registrese, Comuniquese, Archivese.

cc.
archivo 2022
interesado (a)
mya

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ" FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CS. PURAS

Mgt. WALTHON QUISPE HUANCA
DECANO
CIP. 47790

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ" FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CS. PURAS

Dr. EFRAIN PARILLO SOSA
SECRETARIO ACADÉMICO
CIP. 95531

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

REMOCIÓN DE LA DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO CON PERÓXIDO DE HIDRÓGENO DE LAS AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES DEL DISTRITO DE LLALLI PROVINCIA DE MELGAR, 2022

INFORME DE ORIGINALIDAD

23%	22%	7%	11%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	4%
2	Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Trabajo del estudiante	3%
3	repositorio.unap.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	repositorio.unc.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	blog.condorchem.com Fuente de Internet	1%
6	zaguan.unizar.es Fuente de Internet	1%
7	repositorio.upagu.edu.pe Fuente de Internet	1%

www.uv.mx

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

Metadatos Complementarios

Título de la Tesis	
REMOCIÓN DE LA DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO CON PERÓXIDO DE HIDRÓGENO DE LAS AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES DEL DISTRITO DE LLALLI PROVINCIA DE MELGAR, 2022	
Datos de autor	
Nombres y apellidos	CHUQUIMAMANI ARAPA STECHKIN
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	72659176
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0002-2040-8559
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	BENJAMIN CHUQUIMAMANI QUINTO
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	02406088
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0001-9858-2464
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	LEONEL SUASACA PELINCO
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	40865588
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	CESAR JULIO LARICO MAMANI
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	42059080
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	JAVIER ARTURO BOJORQUEZ GANDARILLAS
Tipo de documento	DNI

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

Número de documento de identidad	41884772
Datos de investigación	
Línea de investigación	SANEAMIENTO AMBIENTAL -P22
Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento
Ubicación geográfica de la investigación	País: Perú Departamento: Puno Provincia: Melgar Distrito: Llalli Coordenadas: Latitud: -14.952207 Longitud: -70.876858 https://maps.app.goo.gl/5VykFaChBQcB4pBD8
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Marzo 2022- Diciembre 2023 2022 – 2023
URL de disciplinas OCDE https://concytec-pe.github.io/Peru-CRIS/vocabularios/ocde_ford.html - Librería	**Ingeniería Ambiental** https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.07.00

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV
TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo **STECHKIN CHUQUIMAMANI ARAPA**, identificado con DNI Nro. **72659176,** en mi condición de egresado de:

☒ **Escuela Profesional**
☐ **Programa de Segunda Especialidad,**
☐ **Programa de Maestría o Doctorado**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL.

informo que he elaborado el/la ☒ **Tesis** o ☐ **Trabajo de Investigación,** ☐ **Trabajo Académico** denominada:

"REMOCIÓN DE LA DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO CON PERÓXIDO DE HIDRÓGENO DE LAS AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES DEL DISTRITO DE LLALLI PROVINCIA DE MELGAR, 2022"

Asesorado por: **Dr. BENJAMIN CHUQUIMAMANI QUINTO**

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como suyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

El incumplimiento de lo declarado da lugar a responsabilidad del declarante, en consecuencia; a través del presente documento asumo frente a terceros, la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez y/o la Administración Pública toda responsabilidad que pueda derivarse por el trabajo final presentado. Lo señalado incluye responsabilidad pecuniaria incluido el pago de multas u otros por los daños y perjuicios que se ocasionen.

Juliaca 29 de Diciembre del 2023

Firma del Asesor
(obligatoria)

Firma del Estudiante
(obligatoria)

Huella

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

DEDICATORIA

Esta investigación está dedicada al todopoderoso por iluminar mi camino, mi familia; a mi padre Benjamin Chuquimamani Quinto y a mi madre Isabel Arapa Corimayhua, mis hermanas(os), presentes a lo largo de esta trayectoria.

Stechkin Chuquimamani Arapa

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

AGRADECIMIENTO

Al señor Omnipotente, mis padres, mi familia, mis docentes presentes en esta trayectoria universitaria de cinco años en mi Alma Mater Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez, a mi asesor Dr. Benjamin Chuquimamani Quinto, a mis Jurados; Dr. Leonel Suasaca Pelinco, Dr. Cesar Julio Larico Mamani, Ing. Javier Arturo Bojorquez Gandarillas por lograr que esta investigación sea posible. A la Ing. Karen Kelly Quispe Quispe por el conocimiento y apoyo brindado en la elaboración de esta investigación, a mis amigos(as) y/o compañeros.

Stechkin Chuquimamani Arapa

"No hay ningún viento favorable para el que no sabe a qué puerto se dirige"
Arthur Schopenhauer

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

ÍNDICE

ÍNDICE V

ÍNDICE DE TABLAS IX

ÍNDICE DE FIGURAS X

RESUMEN XIII

ABSTRACT XIV

INTRODUCCIÓN XV

CAPÍTULO I

ASPECTOS GENERALES

1.1. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN PROBLEMÁTICA 16

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 18

1.2.1. Problema General *18*

1.2.2. Problemas Específicos *18*

1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN 18

1.3.1. Objetivo General *18*

1.3.2. Objetivos Específicos *18*

1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN 19

1.4.1.Justificación ambiental *19*

1.4.2.Justificación económica *19*

1.4.3.Justificación técnica *19*

1.5. HIPÓTESIS 20

1.5.1. Hipótesis General *20*

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

1.5.2. Hipótesis Especificas *20*

1.6. VARIABLES 20

1.6.1. Variable independiente *20*

1.6.2. Variable dependiente *20*

1.7. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES 21

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN 22

2.1.1. Internacional *22*

2.1.2. Nacional *26*

2.1.3. Local *29*

2.2. BASES TEÓRICAS 31

2.2.1. Remoción de la demanda química de oxígeno del lactosuero *31*

2.2.1.1. Agua. 31

2.2.1.2. Agua residual. 31

2.2.1.4. Agua residual industrial. 31

2.2.1.5. Industria de Lácteos. 32

2.2.1.6. Agua residual de la industria de lácteos. 32

2.2.1.6.1. Caracterización de aguas residual de una industria láctea. 33

2.2.1.7. Temperatura. 35

2.2.1.8. Potencial de Hidrógeno. 35

2.2.1.9. Demanda química de oxígeno. 36

2.2.1.10. Lactosuero. 36

2.2.2. Dosis óptima del peróxido de hidrógeno *37*

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

2.2.2.1. Agitación. 37

2.2.2.2. Peróxido de hidrógeno. 38

2.2.2.2.1. Oxidación avanzada. 38

2.2.2.2.2. Características de los procesos de oxidación avanzada. 39

2.2.2.2.3. Clasificación de los procesos avanzados de oxidación 40

2.2.2.3. Potencial de hidrogeno 43

2.2.2.4. Temperatura. 44

2.3. MARCO CONCEPTUAL 44

2.3.1. Agua residual *44*

2.3.2. Lactosuero *44*

2.3.3. Agitación *45*

2.3.4. Peróxido de hidrogeno *45*

2.3.5. Demanda biológica de oxigeno *45*

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. TIPO, NIVEL Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN 46

3.2. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS 47

3.3. PROCEDIMIENTOS 51

3.4. LUGAR DE ESTUDIO 63

3.5. POBLACIÓN Y MUESTRA 64

4.4.1. Población *64*

4.4.2. Muestra *64*

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. RESULTADOS DESCRIPTIVOS 65

5.1.1. Análisis de la concentración inicial de la demanda química de oxígeno de lactosueros. *65*

5.1.2. Determinación de la dosis optima del peróxido de hidrogeno para remover la demanda química de oxígeno de lactosueros. *66*

5.1.3. Determinación del porcentaje de remoción del peróxido de hidrogeno de la demanda química de oxígeno de lactosueros. *70*

5.2. RESULTADOS INFERENCIALES 73

5.3. DISCUSIÓN 75

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 77

6.1. CONCLUSIONES 77

6.2. RECOMENDACIONES 78

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 79

ANEXOS 83

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 *Operacionalización de variables* *21*

Tabla 2 *Concentración habitual de cada tipo de vertido en función del producto que se fabrica* *34*

Tabla 3 *Composición de lactosuero dulce y ácido* *37*

Tabla 4 *Clasificación de los procesos de oxidación avanzadas* *40*

Tabla 5 *Ventajas e inconvenientes del proceso de oxidación avanzada Fenton* *42*

Tabla 6 *Caracterización del lactosuero* *65*

Tabla 7 *Modelo bifactorial 5x5* *66*

Tabla 8 *Resultados de la demanda química de oxígeno.* *68*

Tabla 9 *Porcentaje de remoción de los tratamientos* *71*

Tabla 10 *Prueba de normalidad* *73*

Tabla 11 *Técnica estadística ANOVA.* *74*

Tabla 12 *Tabla bifactorial de 5x5, concentraciones* *96*

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 *Industria de productos lácteos Flor Rosario* *52*

Figura 2 *Muestras para la realización del tratamiento y/o análisis* *53*

Figura 3 *Análisis de la demanda química de oxígeno, proceso donde se añade la solución digestora* *55*

Figura 4 *Proceso de desnaturalización del lactosuero* *56*

Figura 5 *Proceso de medición del sobrenadante del lactosuero para los 25 tratamientos* *56*

Figura 6 *Proceso de agitación regulando el pH con el ácido sulfúrico* *57*

Figura 7 *Reactivos utilizados para el tratamiento de muestras el peróxido* *58*

Figura 8 *Proceso de sedimentación de los 25 tratamiento* *58*

Figura 9 *Proceso de dilución de 5 en 100, pasando la dilución de los tratamientos a los tubos de cultivo* *59*

Figura 10 *Proceso donde se añade los reactivos antes de pasar a la digestora, se muestra la solución digestora y el ácido sulfúrico* *60*

Figura 11 *Proceso donde se pone los tubos de cultivo en la digestora* *60*

Figura 12 *Añadiendo el indicador ferroina en el análisis de DQO* *61*

Figura 13 *Titulación de las muestras para finalizar el análisis de la DQO* *62*

Figura 14 *Ubicación de la industria.* *64*

Figura 15 *Dosis del peróxido de hidrógeno* *67*

Figura 16 *Relación de las dosis de peróxido de hidrogeno con las concentraciones de la demanda química de oxígeno con los VMA.* *69*

Figura 17 *Relación de los porcentajes de remoción de la concentración de Demanda Química de Oxígeno con las dosis de peróxido de Hidrogeno* *72*

Figura 18 *Con el encargado de la industria de productos lácteos Flor Rosario* *87*

Figura 19 *Trampa de grasas de la industria en estado de saturación* *87*

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

Figura 20 *Localización del punto para tomar las muestras.* *88*

Figura 21 *Muestras en el laboratorio para el tratamiento.* *88*

Figura 22 *Análisis de la demanda química de oxígeno de la muestra inicial, en el proceso de titulación con el SAF.* *89*

Figura 23 *Proceso de desnaturalización, con ayuda de un mechero* *89*

Figura 24 *Proceso de desnaturalización, donde con la ayuda de una micropipeta se extrae el sobrenadante de la muestra de lactosuero después de a ver sido desnaturalizada.* *90*

Figura 25 *Pesando en una balanza analítica el catalizador para los 25 tratamientos* *90*

Figura 26 *Midiendo la temperatura de los tratamientos con ayuda de un termómetro para luego insertar los reactivos* *91*

Figura 27 *Proceso donde se va midiendo el pH para regularlo a ácido con ayuda de un pH-metro* *91*

Figura 28 *Proceso donde se añade el reactivo Peróxido de hidrógeno a la muestra con ayuda de una micropipeta* *92*

Figura 29 *Reactivo de peróxido de hidrógeno utilizado* *92*

Figura 30 *Proceso de agitación donde ya se añadió todos los reactivos para el tratamiento* *93*

Figura 31 *Proceso después de la sedimentación, botellas de PVC con los tratamientos para dilución* *93*

Figura 32 *Proceso del análisis de DQO, después de que los tubos salieron de la digestora se observa vaciando de los tubos de cultivo a los matraces* *94*

Figura 33 *Añadiendo el indicador ferroina la muestra de los tratamientos en el análisis de la DQO* *94*

Figura 34 *Proceso final del análisis de la DQO titulando* *95*

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

Figura 35 *Se muestran los tratamientos dados de acuerdo a la tabla bifactorial 5 x 5. .....95*

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV

RESUMEN

En esta presente investigación se logra evaluar la remoción de la demanda química de oxígeno mediante el peróxido de hidrogeno en las aguas residuales del distrito de Llalli provincia de Melgar en el año 2022 para ello se toma como representativa la industria láctea siendo el residuo que se utiliza para esta investigación el lactosuero donde se analizó la concentración inicial de la demanda química de oxígeno de la muestra, se encontró una concentración de 3744 mg/l teniendo como valor máximo admisible de 1000 mg/l, contar con un exceso de la demanda química de oxígeno es perjudicial para el medio receptor de este efluente. En esta investigación se aplicó el peróxido de hidrogeno (H_2O_2, 30 %) con un catalizador sulfato ferroso heptahidratado ($FeSO_4$.7 (H_2O_2 > 99%)) como tratamiento para la remoción de la demanda química de oxígeno se trabajó con un total de 25 tratamientos para establecer la dosis optima del peróxido de hidrogeno aplicado en un laboratorio, se ejecuta en un agitador magnético con un tiempo de reacción de 20 min, temperatura de 20ª C y tiempo de sedimentación total de 24 horas constantes en todo los tratamientos donde se trabajó con 5 combinaciones de dosis del peróxido de hidrogeno posterior a ello se realizan los análisis de la demanda química de oxígeno a cada una. Finalmente, en base a estos análisis se realiza un porcentaje de reducción de los 25 tratamientos obteniéndose la más alta remoción del 82 %, DQO = 672 mg/l siendo la más baja concentración de la demanda química de oxígeno en comparación con los demás tratamientos realizados esta se obtuvo con una dosis óptima del peróxido de hidrogeno de 30 ml/l con su catalizador de 6 ml /l, con un nivel de confianza del 95 % en un análisis de varianza.

Palabras clave: Peróxido de hidrogeno, lactosuero, tratamiento, remoción.

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

ABSTRACT

In this research we evaluate the removal of the chemical oxygen demand by means of hydrogen peroxide in the wastewater of the district of Llalli, province of Melgar in the year 2022, taking as representative the dairy industry, being the waste used for this research the whey, where the initial concentration of the chemical oxygen demand of the sample was analyzed, A concentration of 3744 mg/l was found, with a maximum admissible value of 1000 mg/l. Having an excess of chemical oxygen demand is harmful for the receiving environment of this effluent. In this research, hydrogen peroxide (H2O2, 30 %) was applied with a ferrous sulfate heptahydrate catalyst (FeSO4. 7 (H2O2 > 99%)) as a treatment for the removal of the chemical oxygen demand, we worked with a total of 25 treatments to establish the optimum dose of hydrogen peroxide applied in a laboratory, running in a magnetic stirrer with a reaction time of 20 min, temperature of 20ºC and total sedimentation time of 24 hours constant in all treatments where we worked with 5 combinations of doses of hydrogen peroxide, after which the analysis of the chemical oxygen demand was carried out for each one. Finally, based on these analyses, a percentage of reduction of the 25 treatments was made, obtaining the highest removal of 82 %, COD = 672 mg/l, with the lowest concentration of l

Key words: Hydrogen peroxide, whey, treatment, removal.

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

INTRODUCCIÓN

Cuando no se tratan, las aguas residuales plantean importantes riesgos para la salud de las comunidades donde se vierten debido a su composición. Los cambios provocados por la actividad humana la hacen insegura para el consumo humano, la pesca, la agricultura y las actividades recreativas. Además, representa un peligro tanto para los animales y como para la vida silvestre. (Espigares & Pérez, s. f.)

En este estudio se experimentó la remoción de la demanda química de oxígeno mediante el peróxido de hidrogeno en lactosueros lo cual se encuentra estructurado por los siguientes capítulos: Capitulo I, se muestra aspectos generales, el problema y la definición de los efluentes de la industria láctea donde se tienen diferencias en su composición en base a lo que produzca, el objetivo que se quiso lograr en el estudio y la justificación de esta. Capítulo II, marco teórico, marco conceptual en relación al peróxido de hidrogeno y del lactosuero, las variables. Capítulo III, se menciona la metodología, la población y la muestra. Capítulo IV; los resultados y la discusión, conclusiones y recomendaciones.

Finalmente, referencias bibliográficas y anexos.

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

CAPÍTULO I

ASPECTOS GENERALES

1.1. Análisis de la situación problemática

En la industria láctea se producen efluentes con altas concentraciones de contaminantes, lo que genera impactos directos en los cuerpos de agua. Estos contaminantes incluyen azúcares, proteínas disueltas, grasas y otras materias orgánicas. Indirectamente, los circuitos de limpieza y los procesos de lavado también generan residuos como detergentes, desinfectantes y aditivos. El alto contenido orgánico generado por el cultivo de microorganismos provoca la obstrucción de las tuberías en las plantas de tratamiento de agua, lo que se traduce en una alteración de su correcto funcionamiento. Esto provoca acidez y fermentación, favoreciendo un ambiente desfavorable. (Piedrahita et al., 2012)

La industria quesera genera un subproducto conocido como lactosuero. El suero constituye alrededor del 80% al 90% del volumen total de leche procesada y se determina por tener altos niveles de DQO y DBO, lo que indica una alta carga orgánica. En consecuencia, el suero se clasifica como un residuo considerablemente contaminante. Cuando el suero se vierte

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

en cuerpos de agua, disminuye los niveles de oxígeno disuelto, creando un ambiente desfavorable para las especies acuáticas y reduciendo su población. (Martinez, 2019)

Se sabe que las plantas de fabricación de queso descargan su subproducto de suero en los sistemas de drenaje, lo que genera complicaciones ambientales cuando se filtra a los ríos y los suelos. La liberación continua de este residuo altera sus propiedades fisicoquímicas, siendo necesaria una solución; la presente investigación tiene como objetivo evaluar la remoción de la Demanda Química de Oxígeno mediante el peróxido de hidrogeno de las aguas residuales industriales del distrito de Llalli provincia de Melgar, 2022 con la oxidación avanzada teniendo en cuenta que la industria de quesos es la más representativa en este distrito y para este estudio de investigación se eligió a una industria la cual es más accesible donde el sistema de tratamiento (trampa de grasas) no se encuentra en funcionamiento por la saturación y la falta de mantenimiento figura 19.

El tratamiento eficaz y económico del agua industrial es primordial. Es por eso que nuestro estudio examina el Proceso de Oxidación Avanzada y su aplicación a las aguas residuales industriales (suero) de la producción de queso para erradicar la DQO. Dado que estos productos de desecho se encuentran en grandes cantidades, su presencia puede tener un efecto perjudicial sobre el medio ambiente.

1.2. Planteamiento del problema

1.2.1. Problema General

- ¿Cuál será el porcentaje de remoción de la demanda química de oxígeno mediante el peróxido de hidrógeno de las aguas residuales industriales, del distrito de Llalli provincia de melgar, 2022?

1.2.2. Problemas Específicos

- ¿Cuál será la concentración inicial de la demanda química de oxígeno en lactosuero?
- ¿Cuál será la dosis optima del peróxido de hidrogeno para remover la demanda química de oxígeno en lactosuero?
- ¿Qué porcentaje de remoción se presentará de la demanda química de oxígeno mediante el peróxido de hidrogeno en lactosuero?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

- Evaluar la remoción de la demanda química de oxígeno mediante el peróxido de hidrogeno de las aguas residuales industriales, del distrito de Llalli provincia de Melgar, 2022

1.3.2. Objetivos Específicos

- Analizar la concentración inicial de la demanda química de oxígeno de lactosueros.
- Determinar la dosis optima del peróxido de hidrogeno para remover la demanda química de oxígeno de lactosueros.
- Determinar el porcentaje de remoción del peróxido de hidrogeno de la demanda química de oxígeno de lactosueros.

1.4. Justificación de la investigación

Esta investigación tiene el propósito de evaluar la remoción de la demanda química de oxígeno mediante el peróxido de hidrogeno de las aguas residuales industriales, del distrito de Llalli provincia de Melgar.

1.4.1. Justificación ambiental

Ambientalmente el vertimiento de estas aguas residuales industriales sin ningún tipo de tratamiento tiene la probabilidad de causar daños negativamente al ecosistema que lo rodea y/o ocasionar su pérdida como también la polución de las aguas superficiales en el distrito de llalli y/o la corrosión en el sistema de alcantarillado. Con este estudio se pretende experimentar una alternativa de tratamiento para las aguas residuales en este distrito con pruebas en laboratorio con el fin de que la disposición de estos efluentes cause un menor daño.

1.4.2. Justificación económica

Industrias dedicadas a la elaboración de queso producen efluentes como el lactosuero y estas tienden a un tratamiento biológicos de alto coste como son los MBBR (Moving Bed Biofilm Reactor) y en esta investigación se podrá ver la aplicación del H_2O_2 para el tratamiento de ese efluente en la reducción de la demanda química de oxígeno siendo una alternativa de menos costo.

Cuando se cumplen las condiciones óptimas de reacción y se tienen en cuenta los precios del mercado nacional, el Proceso de Oxidación Avanzada conocida Fenton puede considerarse una solución viable y eficiente para el tratamiento de efluentes industriales. (Marreros & Meléndez, 2021)

1.4.3. Justificación técnica

El vertimiento del efluente de esta industria va directamente a la superficie y/o sistema de alcantarillado ocasionando distintos impactos negativos en el ambiente y con esta

investigación se experimenta una alternativa de tratamiento así también como conocimiento relacionado al tratamiento de este tipo de aguas.

1.5. Hipótesis

1.5.1. Hipótesis General

- El tratamiento de la demanda química de oxígeno mediante el peróxido de hidrogeno de las aguas residuales industriales del distrito de Llalli provincia de Melgar, 2022 presentara altos porcentajes de remoción.

1.5.2. Hipótesis Especificas

- La concentración inicial de la demanda química de oxígeno de lactosueros, se encuentra con valores altos.
- La dosis optima del peróxido de hidrogeno permitirá remover la mayor cantidad de demanda química de oxígeno en lactosueros.
- El porcentaje de remoción del peróxido de hidrogeno de la demanda química de oxígeno de lactosueros será el más alto con la dosis adecuada.

1.6. Variables

1.6.1. Variable independiente

- Dosis óptima del peróxido de hidrogeno.

1.6.2. Variable dependiente

- Remoción de la demanda química de oxígeno del lactosuero.

1.7. Operacionalización de variables

Tabla 1
Operacionalización de variables

Variables	Dimensión de análisis	Indicador	Índice
variable Independiente			
Dosis óptima del peróxido de hidrogeno.	Dosis	2.5	ml
		3	ml
		3.5	ml
		4	ml
		4.5	ml
variable Dependiente			
Remoción de la demanda química de oxígeno del lactosuero	Parámetros del agua residual industrial (lactosuero)	T	°C
		pH	
		DQO	mg/l

Fuente: Elaboración propia

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Internacional

Aliaga (2010) en su estudio donde involucra la oxidación avanzada realizada en Zaragoza -España aplica cuatro procesos de tratamiento entre ellos se encuentra la oxidación avanzada teniendo como propósito establecer la influencia de algunos parámetros como el pH, la concentración de H_2O_2 sin fuente de energía.

La metodología que utiliza es la siguiente: para la medición de pH en su estudio utiliza un pH-metro que se calibra previamente empleando un tampón de 7.00 y 4.01, para el experimento de la oxidación avanzada utiliza reactores de 100 ml con un agitador magnético que contiene 100 ml de su muestra donde añade el reactivo (hierro y H_2O_2) las concentraciones que utilizo es de 0.01 y 0.02 ml/l y 5 mg/l respectivamente con un intervalo de 10 min hasta 30 min realiza un total de 22 experimentos también se menciona que ajusta el pH trabaja con 3,4,5 y 6.

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

Finalmente menciona en sus resultados y conclusiones una reducción de materia organiza aplicando este tratamiento de oxidación avanzada con los pH a las que trabajo menciona que en 4 se obtuvo mejores resultados mencionando que otros autores al experimentar con pH a 3 se mostraba mejores resultados comprueba que a un pH más elevado también se muestras resultados favorables ya que cuanto menos ácido sea el medio de reacción, menos costosa será la etapa posterior de neutralización del agua. y cuando este se elevaba a 5 con una mayor dosis de H_2O_2 la reducción no era visible siendo algo comprueba que este tratamiento no desinfecta lo suficiente dejando claro que no se reducirá ningún patógeno.

Blanco (2009) Durante su investigación en Barcelona, la atención se centró en el estudio de un Proceso de Oxidación Avanzada (PAO). El PAO implicó la utilización de peróxido de hidrógeno con hierro, así como el uso de radiación ultravioleta junto con el mismo proceso. El propósito fue determinar una alternativa efectiva para el tratamiento de aguas residuales de una empresa textil para eliminar la materia orgánica, permitiendo las posibilidades de reutilizar el agua. El estudio también exploró el potencial de combinar un tratamiento biológico con el proceso PAO para obtener resultados óptimos.

La metodología que utiliza es un reactor escala laboratorio donde el agitador tiene entre 100 – 700 revoluciones por minuto mencionan que la muestra que utiliza lo filtra para eliminar solidos con el fin de comprobar si los sólidos suspendidos interfieren en este experimento y otras muestras sin filtrar, acidifica su muestra con ácido sulfúrico (H_2SO_4) a un pH de 2.7 dosifica los reactivos.

Realiza una comparación en ambos tratamientos donde la reducción fue de un 65 – 75 % con una dosis de 4.95 ml/l de H_2O_2 y 2016 mg/l de sulfato ferroso con temperatura de 25 °C, con un proceso biológico acoplado se llega a reducir un 92%, mencionando que la

utilización de estos procesos es cara, pero vale la pena ya que su reducción de materia orgánica es efectiva convirtiéndose en alternativas viables y convertir este tipo de procesos económica, técnica y medio ambiental sostenible.

Martínez (2019) en su estudio titulado "Evaluación de estrategias para el manejo de residuos de lactosuero en la localidad de Miahuatlán, Veracruz" realizado en Xalapa, México Como parte de nuestra investigación, estamos explorando diversas opciones tecnológicas para tratar el suero, intentando valorizar los residuos de una manera económicamente viable. Nuestro objetivo es encontrar posibles soluciones al problema de la contaminación. Para lograr este objetivo, hemos creado tres escenarios alternativos, cada uno de los cuales consta de diferentes enfoques para el tratamiento y utilización del suero. Se evaluará la viabilidad económica de cada una de estas alternativas, teniendo en cuenta variables como la disponibilidad de tecnología, inversión y los costos y beneficios que podrían encontrar los pequeños productores de queso. Además, pretendemos investigar el manejo de residuos dentro de la industria quesera artesanal. Esto implicará un análisis de las técnicas utilizadas por los productores locales de queso para minimizar la cantidad de desperdicio de suero.

Al realizar una caracterización de este residuo nos da a conocer que su concentración de materia orgánica es de 68 000 mg/l este parámetro siempre se encuentra en altas concentraciones donde son depositados en drenajes causando un daño a las instalaciones, el gobierno para reducir el impacto toma una medida que las empresas que utilicen 10 000 y 20 000 litros de leche al día depositen sus residuos en gravas para que se filtre la menor cantidad al suelo también multas y cierres, una alternativa también se menciona según la entrevista realizada a los productores de queso una planta de secado para el suero del queso pero el coste de eta esta entre 12 y 14 millones de dólares con una capacidad de 300 000 litros de suero al día siendo para esta ciudad económicamente alto y no accesible además de que los residuos que producen son menores de los que se necesitan para esta planta donde se procesa y se

transforma a suero en polvo donde para industrias con mayor producción de lactosuero es más factible.

Torres (2014) En su investigación sobre el tratamiento de aguas residuales, realizada en Las Palmas de Gran Canaria, España, la atención se centró en la combinación de técnicas avanzadas de oxidación y biofiltros. El propósito era aplicar procesos de oxidación avanzados a 3 efluentes distintos producidos por una industria de procesamiento de alimentos. Esto ayudaría a reducir la concentración de materia orgánica, permitiendo así el uso de filtros biológicos con mayor eficiencia.

Bajar el pH a niveles ácidos puede provocar una disminución de la DQO. El peróxido de hidrógeno ha demostrado ser eficaz en el tratamiento de aguas residuales de industrias como la agricultura, la textil y la de hidrocarburos. Es posible que la primera muestra requiriera tratamiento debido a la presencia de compuestos orgánicos oxidables que podrían ser oxidados directamente por el oxidante.

Durante el estudio de las aguas residuales, se descubrió que todas las variaciones podían tratarse con éxito para eliminar el color e incrementar la biodegradabilidad. Además, el proceso de tratamiento logró desintoxicar completamente las aguas residuales provenientes de las industrias gráfica, textiles y de hidrocarburos. La combinación de oxidación avanzada con biofiltros puede resultar un medio eficaz para eliminar todo tipo de residuos industriales examinados.

La Tesis Doctoral revela que los lodos producidos post procesos de oxidación avanzada oscilan entre 0,4 y 0,43 kg/m^3, lo que supone aproximadamente un 80% menos que los lodos generados en tratamientos tradicionales como la coagulación-floculación con sulfato de aluminio. El análisis realizado sobre los lodos producidos tras las reacciones de oxidación avanzadas confirma que no son peligrosos, no presentan riesgos biológicos y no presentan

propiedades corrosivas, explosivas o inflamables. En última instancia, esto reduciría los gastos incurridos en la gestión de los lodos finales.

2.1.2. Nacional

Agreda & Domínguez (2018) en su estudio titulada "Impacto de la concentración de H_2O_2 y sulfato ferroso en la eliminación de la demanda bioquímica de oxígeno del efluente de curtiduría pretratado mediante coagulación-floculación" se llevó a cabo en Trujillo, Perú. El tratamiento de oxidación avanzada discutido en este estudio implicó un proceso preliminar de floculación y coagulación, seguido del uso de H_2O_2 al 30% y sulfato ferroso como catalizadores en concentraciones variables de 3 ml/l, 5 ml/l y 7 ml/l. Los catalizadores se combinaron con 0,75 mm y 1,25 mm de Fe^{+2}, se acondicionaron a un pH de 6,5 y se aplicaron durante 60 minutos cada uno. La mayor eliminación de DBO_5 se logró utilizando 7 ml/l de H_2O_2 con 1,25 mm de Fe^{+2}, lo que resultó en una eliminación del 99% de DBO_5 de los efluentes tratados. Se puede concluir que el tratamiento de oxidación avanzada fue superior a los otros métodos estudiados para eliminar la DBO_5 y reducir la H_2O_2.

Alva & Romero (2018) en su estudio menciona como los procesos de oxidación avanzada influyen en la disminución de la DQO realizado en Cajamarca -Perú. El tratamiento de los lixiviados del relleno sanitario ha sido ampliamente investigado, considerándose diversas opciones como las alternativas más efectivas para el tratamiento de diversos contaminantes orgánicos en el agua. El proceso genera radicales hidroxilos (OH•) altamente reactivos, que pueden oxidar muchos contaminantes orgánicos. El experimento se llevó a cabo en 3 etapas: campo, laboratorio y gabinete. En la fase de laboratorio, Luego del tratamiento, los resultados fueron favorables, registrándose una disminución en los valores hasta alcanzar 9,2 mg O_2/L y 7,6 mg O_2/L para la demanda biológica de oxígeno, mientras que el nivel de pH se midió en 8,32. Se hizo una comparación entre los lixiviados tratados y no tratados, revelando que el método condujo a resultados aceptables en la reducción de la DQO. Sin embargo, es

importante señalar que no cumplió con los Límites Máximos Permisibles determinados por el MINAM. El método de tratamiento también dio como resultado una reducción de la demanda biológica de oxígeno.

Blas & López (2022) en su investigación titulada "Procesos de oxidación avanzadas en la remoción de la demanda química de oxígeno en aguas residuales industriales" en Trujillo A través de una revisión sistemática de artículos recopilados de diversas plataformas digitales como Dialnet, Redalyc, Scielo, Scopus, el propósito de este estudio fue evaluar técnicas avanzadas de oxidación que eliminan efectivamente la DQO que se encuentra en aguas residuales. De los numerosos artículos revisados, sólo se escogieron 30. Según los resultados, el proceso de oxidación avanzada no fotoquímica fue responsables del 89% de los tratamientos de efluentes industriales. Las técnicas basadas en ozono pudieron reducir la DQO entre un 92 y un 98 %, mientras que las técnicas de oxidación electroquímica tuvieron una tasa de reducción del 92-96 %. Las técnicas fotocatalíticas tuvieron una tasa de reducción del 90-95% y las técnicas Fenton tuvieron una tasa de reducción del 80-94%. El tratamiento de oxidación más utilizado fueron las técnicas de coagulación-floculación, con una tasa del 46%. Se concluye que los procesos no fotoquímicos tienen más éxito en la reducción de la DQO en aguas residuales de las industrias de curtido, papelera, cárnica, textil y láctea. Las técnicas de oxidación son la ozonización y la oxidación electroquímica, y los procesos de coagulación-floculación son el método de separación complementario más común.

Delgado (2019) en su estudio de Eficiencia de remoción de 3 parámetros fisicoquímicos del efluente líquido del camal "régulo bernal torres" Mediante los procesos de oxidación avanzada ejecutado en Cajamarca, se estableció el impacto de la cantidad de reactivo en la eliminación de los factores evaluados y se evaluó la efectividad de dichos factores comparando los resultados de eficiencia de diferentes dosis de reactivo, tomando en cuenta el tiempo de reacción.

Tras el examen, se determinó que la muestra contenía una concentración de demanda química de oxígeno de 9.813 mg/l. Se administraron tres tratamientos, cada uno con un peso constante de catalizador de sulfato ferroso heptahidratado (1g $FeSO_4.7H_2O$) y volúmenes variables de peróxido de hidrógeno (0,2, 0,4 y 0,6 de $[Fe^{+2}]/[H_2O_2]$). Estos tratamientos se evaluaron en intervalos de 30, 60, 90 y 120 minutos, y la dosis óptima de H_2O_2 fue de 25,01 ml y 1.000 mg de catalizador. El mejor % de remoción de la DQO fue de 32,24%, logrado con una relación $[Fe^{+2}]/[H_2O_2]$ de 0,4 y un tiempo de remoción de 30 minutos.

Garaycochea (2020) en su estudio sobre la Remoción de la demanda química de oxígeno del agua residual del procesamiento del café mediante bioadsorbentes derivados de residuos agrícolas realizada en Lima. Se examinaron las características del biocarbón y de las aguas residuales producidas a partir de residuos agrícolas. El diseño experimental involucró 20 unidades con cinco repeticiones y cuatro tratamientos, incluido un grupo control. Los experimentos se llevaron a empleando agitadores de velocidad convencionales con una agitación de 400 rpm durante 24 horas. Los hallazgos revelaron que los residuos agrícolas sufrieron una alteración termoquímica y se convirtieron en biocarbón estable. Sin embargo, sólo el biocarbón elaborado a partir de cáscara de pacay fue eficaz para reducir significativamente la DQO en las aguas residuales. Al agregar 3,8 g de biochar de cáscara de pacay por cada 120 ml de agua residual, se logró una reducción de aproximadamente un 24 % de DQO, lo que resultó en un pH final de 6,4. Si bien el agua tratada cumplió con la normativa ambiental colombiana en cuanto a pH, la DQO superó el límite máximo permisible. Este estudio sugiere que los procesos de oxidación avanzados son más efectivos para lograr una mayor reducción de la DQO.

Marreros & Meléndez (2021) en su investigación sobres el Análisis de la viabilidad y eficiencia del proceso de oxidación avanzada aplicado como tratamiento de aguas residuales industriales que tuvo lugar en Lima. Después de realizar una búsqueda sistemática y utilizar

palabras clave específicas, se tomó una muestra de 5 autores y se analizaron sus hallazgos para determinar el porcentaje de los costos de eliminación de la DQO y aplicación del tratamiento. Los autores seleccionados demostraron que el mayor porcentaje de eliminación de DQO lo lograron Becerra Díaz & Cadena Ibáñez (2017) mediante el uso de una dosis óptima de t=75 min, H_2O_2= 0,6 ml/l, Fe^{+2}=1000 mg/L, T= 20 °C, pH= 2,88, DQO/H_2O_2= 6,2 y Muestra= 600ml. El costo total de implementación de un Tratamiento de Oxidación Avanzada convencional se cotizó en S/. 2.479,20, demostrando la viabilidad y eficacia de este tratamiento para aguas residuales de diversas industrias. Además, la adición de un tratamiento físico como la sedimentación puede aumentar aún más la eliminación de parámetros, como lo observa el proceso de Becerra y Cadena.

2.1.3. Local

Lope (2015) en su estudio realizada en Puno con el objetivo de reducir la demanda química de oxígeno de efluentes de quesería mediante un biodigestor anaerobio, el que se adaptó; Para determinar la proporción óptima para reducir la DQO, se prepararon y analizaron mezclas de efluentes de queserías y excrementos de ganado. Los parámetros de pH y DQO del afluente y efluente se evaluaron a los 30, 45, 60, 75 y 90 días después de la instalación para tres mezclas diferentes: 100% efluente de quesería, 85% efluente de quesería y 15% excreta bovina, y 70% efluente de quesería y 30% excretas bovinas. Las mezclas se inocularon con un 20% de aguas residuales urbanas tras 15 días de aclimatación al efluente del queso a 30ºC. Los resultados mostraron que una mezcla de 70% de efluente de queso y 30% de excremento bovino produjo la mayor reducción de DQO en los módulos de biodigestión. El estudio concluyó que el tiempo de retención, la cantidad de sustrato y el pH influyen en la capacidad del tratamiento, con una capacidad máxima de reducción de DQO del 69 % lograda después de 90 días de tiempo de retención. En general, el uso de biodigestores anaeróbicos resulta eficaz para el

tratamiento de efluentes de queso, y la oxidación avanzada muestra una mayor eficiencia para reducir la DQO en comparación con otros estudios.

Machaca (2021) en su investigación sobre la reducción de la demanda química de oxígeno de lactosuero mediante la electrocoagulación las características fisicoquímicas de la muestra indican los niveles de DQO y DBO que son de 3000 y 2670 mg/L, El método óptimo para reducir la DQO en el suero ácido de queso Tipo Paria se logra mediante el uso de una muestra de agua destilada al 20% durante 40 minutos, dando como resultado una reducción del 75,79%. De manera similar, la reducción de DBO es más efectiva con una muestra de agua destilada al 20 % durante 40 minutos, lo que resulta en una reducción del 65,68 %. Estos resultados sugieren que la duración del tratamiento y el nivel de dilución en agua destilada son factores clave en el proceso de electrocoagulación. En consecuencia, el proceso de electrocoagulación se puede utilizar para reducir tanto la DQO como la DBO en el suero ácido del queso tipo Paria.

Menéndez (2018) en su estudio sobre la reducción de la demanda química de oxígeno en lactosuero mediante el proceso de oxidación avanzada realizada en Puno 2017. se tomó una muestra de la planta láctea “Ecolácteos”, para disminuir el contenido orgánico del efluente. Los valores óptimos del tratamiento experimental Fenton se determinaron mediante planificación estadística Box-Behnken, donde el % de reducción de DQO. Este procedimiento proporcionó el valor más óptimo para procesar las variables del tratamiento, incluido H_2O_2 a 30,84 ml, sal de Fe^{2+} a 3650 mg y un tiempo de reacción de 43,84 minutos. Los valores de pH oscilaron entre 2,8 y 3 y la temperatura fue de 15 °C. Los valores adquiridos se utilizaron para caracterizar el modelo cinético de oxidación del suero en un ambiente de gran altitud (3.820 msnm) en condiciones climáticas típicas. El tratamiento produjo una disminución del 78,93% en los porcentajes de reducción de DQO.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Remoción de la demanda química de oxígeno del lactosuero

2.2.1.1. Agua. Es una molécula formada por dos átomos de hidrógeno y un átomo de oxígeno (H_2O) que se puede hallar en 3 estados distintos: un estado sólido conocido como hielo, un estado gaseoso denominado vapor y un estado líquido comúnmente conocido como agua. (Valdivielso, 2020)

2.2.1.2. Agua residual. Estos cuerpos de agua han sufrido cambios en su estado natural debido a la actividad humana. Como resultado, estas aguas necesitan tratamiento antes de su reutilización o descarga en un cuerpo de agua natural o sistema de alcantarillado debido a su condición. (OEFA, 2014)

El origen principal de los microorganismos patógenos que se transmiten a través del medio ambiente y eventualmente infecta a la población son las aguas residuales. Esto es especialmente cierto cuando el agua contaminada se utiliza para beber, en el cultivo de hortalizas, como medio para la preparación de alimentos, para fines de lavado general o incluso en actividades recreativas. (Jacobo, 2018)

Las aguas residuales se refieren a aquellos líquidos que representan una amenaza para la salud y la seguridad humana debido a su historial de uso humano y deben eliminarse. Estos líquidos contienen una cantidad importante de microorganismos y/o sustancias peligrosas. (Espigares & Pérez, s. f.)

2.2.1.4. Agua residual industrial.

La formación de estas masas de agua está directamente ligada al avance de diversas industrias. Esto incluye minería, agricultura, producción de energía y actividades agroindustriales, entre otras, (OEFA, 2014)

Estos productos de desecho se originan en el procesamiento industrial realizado en fábricas y otros establecimientos industriales. Contienen una amplia gama de sustancias, incluidos aceites, detergentes, antibióticos, ácidos, grasas y otros materiales derivados de minerales, productos químicos, plantas y animales. Su composición es muy variable debido a la naturaleza diversa de las actividades industriales. (Espigares & Pérez, s. f.)

2.2.1.5. Industria de Lácteos. El sector económico de los países industrializados y en desarrollo depende en gran medida de una industria crucial. Esta industria produce una cantidad sustancial de residuos, ya que alrededor del 90% de la leche empleada en la producción de queso se convierte en suero. El suero se compone de varios ingredientes a base de leche, que incluyen lactosa, proteína, lípidos y sales minerales, lo que representa cerca del 55% del contenido total de la leche. Si bien existen usos potenciales para este subproducto, las estadísticas revelan que un parte significativo todavía se descarta como efluente, lo que representa una grave amenaza ambiental. Cuando el suero se desecha en el suelo, altera química y físicamente su estructura, lo que reduce el rendimiento de los cultivos. De manera similar, cuando se libera al agua, afecta negativamente a la vida acuática al agotar el oxígeno disuelto. (Parra, 2009)

La industria láctea se compone de la producción y procesamiento de leche procedente de diversos animales, predominantemente vaca, cabra y oveja.

2.2.1.6. Aguas residuales de la industria de lácteos. En general, la mayor parte del agua usada en un proceso eventualmente se convertirá en efluente, ya que no contribuye al producto final. Así, el agua restante que se genera en el proceso es el resultado de restar al consumo total la cantidad perdida por evaporación.

Normalmente, el efluente final comprende la mayor parte del agua utilizada, oscilando entre el 80 y el 95 %, con excepción de ciertos productos como la leche en polvo. Los flujos

parciales más significativos, ya sea en términos de volumen o de concentración de contaminación, que contribuyen al efluente final se derivan de:

- Frecuentemente se descarta la utilización de sistemas de ultrafiltración o sistemas de ósmosis en la producción de cualquier subproducto.
- El proceso de limpieza de los camiones empleados para el transporte de materias primas es una tarea fundamental para garantizar la higiene y seguridad de la mercancía transportada.
- Limpieza de equipos, instalaciones, etc.

Las concentraciones de los parámetros del efluente pueden diferir mucho entre instalaciones y, en ocasiones, incluso con respecto a medidas anteriores. Las razones de tal variabilidad son múltiples, lo que pone de relieve la complejidad de la cuestión:

- Los procedimientos de limpieza y productos químicos utilizados.
- El nivel de optimización del consumo de agua.
- Cambios en la producción como resultado de cambios en los productos manufacturados.
- Tecnologías utilizadas en las actividades de uso del agua.(Condorchem, s. f.)

Normalmente, estos cuerpos de agua se determinan por sus altos niveles de grasa y nitrógeno, lo que requiere el uso de procesos de nitrificación/desnitrificación. Además, también contienen niveles elevados de fósforo. Además de estos problemas ya identificados, los altos niveles de DQO también son motivo de preocupación.

2.2.1.6.1. Caracterización de aguas residual de una industria láctea.

Presentan las siguientes particularidades:

- Las grasas y los aceites están presentes debido a la presencia de grasa en la leche y otros productos lácteos como en las aguas de lavado de la mazada.
- Alto contenido de materia orgánica debido al contenido de leche. La DQO promedio de las aguas residuales lácteas es de 1000-6000 mg O_2/l.
- Fluctuaciones significativas del pH, fugas de soluciones ácidas y básicas. Es causada principalmente por actividades carroñeras y el pH puede variar entre 2 y 11.
- Aumento de los niveles de fósforo y nitrógeno, debido principalmente a productos de limpieza y desinfección.
- Fluctuaciones de temperatura (teniendo en cuenta el refrigerante).
- Alta permeabilidad (principalmente debido a la liberación de cloruro de sodio durante la salazón de los quesos en las queserías).
- Las pérdidas de leche, que oscilan entre el 0,5 y el 2,5% de la leche recibida y, en algunos casos desfavorables, hasta el 3-4%, son un factor significativo en la contaminación general del efluente final. Es importante señalar que un litro de leche entera es comparable a una DBO_5 de 110.000 mg O_2/l y una DQO de 210.000 mg O_2. (Condorchem, s. f.)

Tabla 2
Concentración habitual de cada tipo de vertido en función del producto que se fabrica

PARÁMETRO	LECHE	QUESOS	DERIVADOS LÁCTEOS	HELADOS
pH	8,5	6,9	8,5	8
DQO (mg/l)	1775	4500	4000	925
SS (mg/l)	43	850	825	425
Fósforo (mg/l)	20	35	6,25	5,5
NTK (mg/l)	65	100	100	75

Conductividad (µS/cm)	1650	3150	1250	1200
Cloruros (mg/l)	140	220	100	135
Nitratos (mg/l)	50	15	90	75
Aceites y grasas (mg/l)	105	365	110	25
Detergentes (mg/l)	3,5	7	7,5	6

Nota: En esta tabla se muestra las concentraciones habituales de cada tipo de vertido en función al producto que se fabrica como leche, quesos, derivados lácteos y helados con 10 parámetros.

Generalmente son parámetros que se caracterizan en este tipo de efluentes nuestro parámetro de interés es la demanda química de oxígeno donde es considerablemente alto y el producto de la industria de esta investigación es el queso y esta teoría demuestra que en comparación a otra elaboración mínimamente es mal alta la concentración de sus parámetros en el agua residual en esta investigación solo se toma en cuenta este parámetro, pH y temperatura ya que para el experimento solo estas son influyentes.

2.2.1.7. Temperatura.

La actividad biológica de las aguas residuales se ve favorecida por un rango de temperatura de 28 a 38 °C. La disminución de la solubilidad del oxígeno que se produce en estas circunstancias no supone ningún problema para el proceso descrito. La tasa de degradación de la planta permanece constante, oscilando entre el 95 y el 98%. El valor de nitrógeno total no debe exceder los 30 mg/l, y este límite también se mantiene constante (DAS, 2017).

2.2.1.8. Potencial de Hidrógeno.

Mide el nivel de alcalinidad o acidez de una solución. La escala de pH opera en un sistema logarítmico, con un rango entre 0 y 14. En su estado natural, el agua tiene un pH neutro, alrededor de 7. Cualquier valor por debajo de 7 se considera ácido, mientras que cualquier valor por encima de 7 se reconoce como alcalino. (Garaycochea, 2020)

2.2.1.9. Demanda química de oxígeno.

La DQO de un efluente suele ser mayor que su DBO. Esto se debe a la abundancia de compuestos que sufren oxidación química a un ritmo mayor que la oxidación biológica. Además, la relación entre DQO y DBO sirve como indicador del grado de biodegradabilidad del efluente. (Garaycochea, 2020)

La DQO es la cantidad de oxígeno necesaria para oxidar todas las sustancias orgánicas y oxidables que se encuentran en las aguas residuales. Esta medición es un indicador confiable de la contaminación orgánica presente en el efluente. Es un parámetro regulado que debe monitorearse para garantizar el cumplimiento de las regulaciones de descarga y proporciona una representación precisa del nivel de toxicidad presente en la descarga. Existen diversas técnicas disponibles para disminuir la DQO, entre ellas los tratamientos físico-químicos, la electrocoagulación y el tratamiento con ozono. (Hidritec, 2011)

2.2.1.10. Lactosuero.

En el año 2005, la producción de suero se distribuía como tal en todo el mundo: Europa tenía la mayoría, representando el 53%, seguida por América del Norte y Central con el 28%, y Asia con el 6%. África y Oceanía tenían el 5% y el 4%, respectivamente, y América del Sur el 4% restante. Esto resultó en una producción anual estimada de 110 a 115 millones de toneladas métricas de suero, todo lo cual se genera mediante la fabricación de queso. Desafortunadamente, la eliminación inadecuada de aproximadamente el 45% de esta cantidad en ríos, lagos e instalaciones de aguas residuales, así como en depósitos subterráneos, resulta en una pérdida significativa de nutrientes. La cantidad restante se procesa y transforma en diversos productos alimenticios. Aproximadamente el 45% de esta cantidad procesada se utiliza en forma líquida, el 30% en polvo, el 15% como lactosa y subproductos, y el resto se utiliza como concentrado de proteína de lactosuero.

El suero se presenta en varias formas, principalmente clasificadas según la eliminación de caseína. El primero se conoce como suero dulce, que implica la coagulación con renina a un pH de 6,5. El segundo tipo, el suero ácido, se produce mediante el proceso de fermentación o la adición de ácidos orgánicos o minerales para coagular la caseína, similar a la producción de quesos frescos. (Panesar et al., 2007)

Tabla 3
Composición de lactosuero dulce y ácido

Componente	Lactosuero dulce (g/l)	Lactosuero ácido (g/l)
Sólidos totales	63,0 - 70,0	63,0 - 70,0
Lactosa	46,0 - 52,0	44,0 - 46,0
Proteína	6,0 - 10,0	6,0 - 8,0
Calcio	0,4 - 0,6	1,2 - 1,6
Fosfatos	1,0 - 3,0	2,0 - 4,5
Lactato	2,0	6,4
Cloruros	1,1	1,1

Nota: En esta tabla se describe la composición de lactosuero dulce y ácido con 7 componentes y las cifras con un rango expresas en gramos por litro.

Al examinar el contenido de nutrientes del suero líquido, es evidente que produce alrededor de 3,5 kg de DBO y 6,8 kg de DQO por cada 100 kg. El principal componente sólido que se encuentra en el suero líquido es la lactosa, que contribuye significativamente a los altos niveles de DBO y DQO. (Parra, 2009)

2.2.2. Dosis óptima del peróxido de hidrógeno

2.2.2.1. Agitación. Es un hecho bien establecido que el radical •OH se relaciona con los compuestos orgánicos mediante un mecanismo controlado por difusión. Por lo tanto, si la agitación es fuerte, puede incrementar la velocidad de reacción de los radicales hidroxilos, acelerando así la descomposición de los contaminantes. (Kang & Hwang, 2000)

2.2.2.2. Peróxido de hidrógeno. Normalmente, cuando este desinfectante se utiliza en entornos industriales, va acompañado de agentes estabilizantes.

Cada año se fabrican y transportan cuatro toneladas de peróxido de hidrógeno como desinfectante. Para evitar la degradación, con frecuencia se añaden estabilizadores químicos, aunque esto puede disminuir sus propiedades desinfectantes.

Al adquirir peróxido de hidrógeno en el lugar de uso, se puede evitar la adición de estabilizadores. El catalizador, a su vez, estimula la aparición de sustancias extremadamente reactivas. Más comúnmente conocidos como especies reactivas de oxígeno, estos compuestos crean un efecto antibacteriano y antiviral. La investigación indica que son estos compuestos, y no solo el peróxido de hidrógeno, los que proporcionan estas capacidades.

Al finalizar el experimento, se reveló el potencial del catalizador. Tras una mayor inspección y comparación entre dos métodos diferentes, se hizo evidente que el poder del sistema catalizador supera al del peróxido de hidrógeno comercial en un factor de diez millones. La brecha en eficacia no hace más que aumentar en comparación con el cloro, ya que el sistema basado en catalizador demuestra ser cien millones de veces más potente. (Bluegold, 2021)

2.2.2.2.1. Oxidación avanzada.

Los métodos actuales empleados para los contaminantes orgánicos refractarios no son suficientes para cumplir con los estrictos requisitos de pureza exigidos por la ley o la aplicación prevista del efluente tratado. Como resultado, las naciones industrializadas están recurriendo a Tecnologías o Procesos Avanzados de Oxidación (AOX) para abordar este problema. Sin embargo, el uso de AOX todavía es relativamente poco común y no se ha adoptado ampliamente en las economías emergentes, particularmente en América Latina.

2.2.2.2.2. Características de los procesos de oxidación avanzada.

Existen varios avances tecnológicos específicos que los hacen altamente viables para el tratamiento del agua:

La conversión de bajas concentraciones de compuestos aromáticos en CO_2, H_2O e iones inorgánicos se puede lograr mediante métodos altamente eficaces. Estos métodos demuestran reacciones no discriminatorias del agente oxidante, lo que ayuda a evitar la acumulación de subproductos intermedios peligrosos de los contaminantes originales. El agente oxidante es muy eficaz para destruir contaminantes, lo que a menudo resulta en una destrucción total. Esto contrasta marcadamente con las tecnologías tradicionales que no utilizan agentes oxidantes fuertes, que normalmente conducen a una oxidación incompleta de la materia orgánica y a la producción de lodos, que requieren un tratamiento adicional. Los procesos de oxidación avanzados son muy eficaces en el tratamiento de contaminantes que resultan difíciles de lograr con otras técnicas de tratamiento, especialmente las de naturaleza biológica. Además, son ideales para disminuir las concentraciones de compuestos que resultan de métodos de pretratamiento alternativos, como la desinfección. En numerosos casos, los atributos sensoriales del agua tratada se pueden mejorar mediante la implementación de procesos de oxidación avanzados. Además, estas técnicas requieren menos energía que otros métodos y pueden transformar contaminantes persistentes en productos que son más factibles de tratar mediante métodos económicos, como el tratamiento biológico. Por último, eliminan los efectos nocivos que puedan tener los desinfectantes y oxidantes residuales (como el cloro). El primordial inconveniente de utilizar estos métodos es su alto costo, que se debe al uso de reactivos costosos y/o al alto consumo de energía. Como tal, no se recomienda como sustituto de alternativas más económicas como la degradación. Sin embargo, cuando se combina con otros tratamientos para optimizar la eficiencia oxidativa, tiene el potencial de lograr la máxima eficacia. Si los productos intermedios producidos por este proceso pueden ser fácilmente

descompuestos por microorganismos en un tratamiento biológico, entonces se puede utilizar como paso preliminar para mejorar la biodegradabilidad de las aguas residuales que contienen compuestos tóxicos y rebeldes. La viabilidad económica de integrar procesos de oxidación avanzados con tratamientos biológicos es muy prometedora. (Aliaga, 2010)

2.2.2.2.3. Clasificación de los procesos avanzados de oxidación

Tabla 4
Clasificación de los procesos de oxidación avanzadas

Procesos no fotoquímicos	**Proceso Fotoquímicos**
Oxidación en medio alcalino (O_3/HO-)	Fotólisis con radiación ultravioleta lejano
Ozonización con peróxido de hidrógeno (O_3/H_2O_2)	UV/H_2O_2
Procesos (Fe_2+/H_2O_2)	UV/O_3
Oxidación electroquímica	Foto-Fenton y relacionados
Radiólisis y y tratamiento con haces de electrones	Fotocatálisis heterogénea
Plasma no térmico	
Descarga electrohidráulica-Ultrasonido	

Nota. Los procesos avanzados de oxidación se clasifican en dos: Fotoquímicos donde se hallan 7 procesos y no fotoquímicos donde se encuentran 5 procesos.

En esta investigación se aplica el proceso no fotoquímico de Proceso (Fe^{2+}/H_2O_2).

Métodos de oxidación avanzada.

El proceso de oxidación avanzados sirve como un método de pretratamiento eficaz antes del tratamiento biológico de contaminantes resistentes a la bio degradación. Además, puede utilizarse como procesos de pos tratamiento para refinar la calidad del agua antes de descargarla a los cuerpos receptores. La viabilidad termodinámica y la tasa de oxidación de estos procesos son significativamente mayores debido a las participaciones de radicales, específicamente el radical hidroxilo, •OH. Esta especie en particular poseen propiedades

ideales para atacar casi todos los compuestos orgánicos y reacciona a un ritmo mucho más rápido (106-10 12 veces más rápido) en comparación con oxidantes alternativos como el O_3.

La reducción de la DQO mediante la utilización de procesos de oxidación avanzados, ya sea como método único de tratamiento o como pre-tratamiento biológico, puede servir potencialmente como una alternativa viable para la eliminación efectiva de sustancias orgánicas.

En 1894, H.J.H. Fenton propuso los procesos de oxidación, que implica la creación de radicales hidroxilos (•OH) mediante la introducción de H_2O_2 en sales metálicas de hierro disueltas (Fe^{+2}). Los resultados se obtienen a un pH de 3,0, donde la formación de radicales hidroxilos se ve facilitada por la descomposición del H_2O_2 debido a la acción del hierro, que sufre un cambio de estado de Fe^{+2} (ion ferroso) a Fe^{+3}. (ion férrico). Después de la descomposición del Fe^{+2} en H_2O_2, el Fe^{+2} restante en solución es oxidado aún más por los radicales •OH hasta que se convierte completamente en Fe^{+3}·. Además, los procesos de oxidación también se dirigen a los compuestos orgánicos (RH) presentes en la solución, lo que da como resultado la producción de productos de reacción.

$Fe^{+2} + H_2O_2 \rightarrow Fe^{+3} + OH^- + \bullet OH$

$\bullet OH + Fe^{2+} \rightarrow Fe^{+3} + OH^-$

$\bullet OH + RH \rightarrow$ productos de la oxidación. (Salas, 2010)

El ion férrico puede reducirse por reacción con pH 2 y formar de nuevo ion ferroso y más radicales hidroxilos es más lento que el primer proceso, y accede la regeneración de ion ferroso.

El principal mecanismo implicado es la catálisis. Para conseguirlo, es vital asegurarse de que la cantidad de peróxido presente sea mayor que la cantidad de hierro introducida.

Esta es la base teórica para la investigación siendo esa la reacción principal del experimento

Uno de los beneficios de utilizar H_2O_2 para descomponerlo en radicales hidroxilos es que no requiere energía externa, lo que lo convierte en un método sencillo y eficiente de catálisis homogénea. Sin embargo, cuando este proceso se diluye, comienzan a aparecer aniones disueltos como cloruros, nitratos y fosfatos, complicando la reacción al interactuar con el hierro y haciendo que la capacidad del Fe^{+2} disminuya. (Salas, 2010)

Algunas de las ventajas se muestran en la tabla 5 así como las desventajas que tiene este proceso.

El proceso de oxidación avanzada es un tratamiento que tiene la ventaja de oxidación y coagulación, existirá una reacción de una sustancia orgánica al mezclarse con H_20_2 más el sulfato ferroso provocando la reducción de la toxicidad y la DQO. Algunas investigaciones demuestran que si en una solución ácida se genera el radical hidroxilo todo esto por la descomposición catalítica del H_2O_2 es el mecanismo del proceso.

Tabla 5
Ventajas e inconvenientes del proceso de oxidación avanzada Fenton

VENTAJAS	INCONVENIENTES
El catalizador (ion ferroso) es muy abundante, no es tóxico y es muy seguro.	Al finalizar el proceso, se vuelve imperativo iniciar una fase de neutralización para segregar el hierro y crear un residuo que requiere un manejo adecuado.
El H_2O_2 es fácil de manejar y ambientalmente benigno.	El principal factor que contribuye al coste del tratamiento es el H_2O_2, un compuesto notablemente más caro que el Fe (II).

No se forman compuestos clorados nocivos como en otras técnicas oxidativas.	Si bien es posible que el proceso Fenton no pueda mineralizar completamente todos los contaminantes orgánicos, sí tiene la capacidad de mejorar su biodegradabilidad.
No existen limitaciones de transferencia de masa por tratarse de un sistema homogéneo.	El proceso requiere un estricto control del pH.
El diseño de reactores para la aplicación tecnológica es bastante sencillo.	

Nota: Se describe las ventajas y los inconvenientes que ocurren generalmente al utilizar este proceso de oxidación.(Pignatello et al., 2006; Neyens & Baeyens (2003), como se citò en Menéndez , 2018)

Generalmente, el proceso de oxidación estuvo compuesto por 4 etapas: ajuste de pH, reacción de oxidación, coagulación y neutralización, y precipitación donde las sustancias orgánicas se eliminan en 2 etapas de oxidación y coagulación.

Este proceso de oxidación avanzado puede ubicarse como tratamiento primario después de un pretratamiento y posterior a ello un tratamiento secundario biológico para su mayor efectividad en reducción de materia orgánica biodegradable y no biodegradable como menciona Blanco (2009) La rentabilidad de utilizar un tratamiento biológico junto con un proceso de oxidación avanzado depende en gran medida de la caracterización específica de las aguas residuales en cuestión. Por el contrario, también es posible que esta combinación reduzca los gastos. En última instancia, la decisión de utilizar este método o no depende de las circunstancias individuales del proceso de tratamiento de aguas residuales.

2.2.2.3. Potencial de hidrogeno. Este parámetro influye en la dosificación del H_2O_2 donde la reacción que se dará será la descomposición formando radicales oxidrilos que ayuda

a oxidar la materia orgánica y esto sucederá en un medio ácido con pH de 3 como menciona Becerra & Cadena (2016) en su estudio.

2.2.2.4. Temperatura. Expresada en grados centígrados para que el peróxido de hidrogeno reaccione debe estar entre 20 – 45 °C un exceso como mencionaba Becerra & Cadena (2016) el proceso acelerará la descomposición del H_2O_2 en agua y oxígeno y dará como resultado la formación de precipitación de hidróxido de hierro. Sin temor a la descomposición del peróxido, se pueden alcanzar temperaturas superiores a 100 °C mientras se opera bajo presiones de hasta 3 atmósferas.

2.3. Marco conceptual

2.3.1. Agua residual

Aguas residuales es un término utilizado para describir el agua que ha sido utilizada por humanos y representa una amenaza significativa para la salud y la seguridad públicas. Esto se debe a la abundancia de sustancias peligrosas y/o microorganismos presentes en el agua, lo que obliga a su eliminación. (Espigares & Pérez, s. f.)

2.3.2. Lactosuero

El residuo líquido conocido como lactosuero de queso se adquiere tras la precipitación de la caseína en el proceso de elaboración del queso. Este subproducto se compone especialmente de lactosa, proteínas y sustancias nutricionalmente importantes, como minerales, vitaminas y grasas. Los componentes presentes en el suero del queso varían significativamente según el tipo de leche utilizada, la variedad de queso producido y la metodología empleada durante la producción. (Parra, 2009)

2.3.3. Agitación

El proceso de agitación se emplea a menudo para disolver los reactivos involucrados, así como para promover el contacto entre ellos, asegurando la máxima homogeneidad durante el desarrollo de la reacción. (CRAI, s. f.)

2.3.4. Peróxido de hidrogeno

Además, conocido como peróxido de hidrógeno, es una sustancia química conocida por su alta reactividad. Está formado por una amalgama de dos elementos: hidrógeno y oxígeno.

2.3.5. Demanda química de oxigeno

Normalmente conocida con la abreviatura de DQO, denota la cantidad de oxígeno necesaria para oxidar todas las sustancias orgánicas y oxidables que se encuentran en las aguas residuales.

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo, enfoque, nivel y diseño de la investigación

Es de tipo aplicada por el motivo de que se busca la aplicación o utilización de los conocimientos adquiridos, de la investigación sobre la remoción de la demanda química de oxígeno mediante el peróxido de hidrogeno en lactosuero a la vez que se adquieren otros, después de implementar y sistematizar la práctica basada en investigación (Vargas, 2009)

El nivel de estudio es explicativo, busca evaluar la eficiencia de remoción que tiene el peróxido de hidrogeno para remover la demanda química de oxígeno que muestra el lactosuero mediante un análisis por lo cual existe una relación de causa y efecto.

El diseño es experimental, se somete a un análisis, se mide y evalúa la concentración optima del peróxido de hidrógeno para la remoción de la demanda química de oxígeno del lactosuero.

Esta investigación es de enfoque cuantitativo por la razón de que en esta investigación se centra en recopilar y generalizar datos numéricos entre grupos o explicar un fenómeno en

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

particular como es la remoción de la demanda química de oxígeno aplicada en lactosuero como tratamiento (Artiaga, 2020)

3.2. Técnicas e instrumentos

Para lograr el propósito es evaluar la remoción de la DQO mediante el peróxido de hidrogeno de las aguas residuales industriales, del distrito de Llalli provincia de Melgar, 2022 se aplicaron las siguientes técnicas e instrumentos.

Objetivo 1. Analizar la concentración inicial de la demanda química de oxígeno de lactosueros.

Para este objetivo se utilizó la siguiente técnica e instrumentos tomándose en cuenta el protocolo de monitoreo de agua, determinado por la Autoridad Nacional de Agua. El registro de los datos se realizó en una ficha de recopilación de datos o hojas de resultados, para la toma de muestras se trabajó con la cadena de custodia o ficha de muestreo que se empleó para el análisis. Para la determinación de la DQO y parámetros como la temperatura y pH se utilizó los métodos de acuerdo a los Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, s. f.)

Instrumentos.

- Casco
- Chaleco
- Guantes
- Barbijo
- Zapatos de seguridad
- Cadena custodia
- Tablero, lapicero
- GPS (sistema de posicionamiento global)

- Kuler
- Hielo
- Envase de plástico de 500 ml
- Multiparámetro
- Vaso precipitado
- Agua destilada
- Envases con capacidad 20 L

Objetivo 2. Determinar la dosis optima del peróxido de hidrogeno para remover la demanda química de oxígeno de lactosueros.

Para este objetivo se realiza los siguientes análisis, a las diferentes dosis con las que se experimentara: según la tabla 12.

- **Temperatura (°C)**

  Técnica: Electrométrico.

  Instrumentos:

  - Multiparámetro.
  - Vaso precipitado de 50 ml.

- **Potencial de hidrogeno (pH)**

  Técnica: Electrométrico

  Instrumentos:

  - Multiparámetro.

- Vaso precipitado de 50 ml.

- **Demanda química de oxígeno (DQO)**

Técnica: Se ejecuta mediante el método de colorimetría (absorción visible-ultravioleta).

Instrumentos:

- Digestor.
- Gradilla para tubos de ensayo.
- Tubos de ensayo de vidrio con tapón de rosca.
- Matraces aforados de 150 ml, 25 ml
- Bureta.
- Pipetas graduadas de 0.5 ml, 2 ml y 10 ml.
- Vasos de precipitados de 50 ml.
- Varilla de vidrio.

Reactivos.

- Solución digestora.
- Ácido sulfúrico.
- Indicador ferroína.
- Sulfato de amonio ferroso (SAF) 0.10 M.

Para la determinación de la dosis óptima.

Instrumentos:

- Agitador magnético
- Multiparámetro

- Vasos precipitados con capacidad de 250 ml
- Varilla de vidrio
- Cronometro
- Probeta
- Pipetas graduadas
- Micropipetas
- Papel secante
- Hoja de control
- Plumón indeleble
- Rótulos
- Pinzas
- Magnetos
- Agua destilada

Reactivos:

- Peróxido de hidrogeno (H_20_2, 30%)
- Solución de ácido sulfúrico (H_2SO_4) 1N
- Sulfato ferroso heptahidratado ($FeSO_4 \cdot 7H_2O$ > 99%)

Objetivo 3. Determinar el porcentaje de remoción del peróxido de hidrogeno de la demanda química de oxígeno de lactosueros.

El objetivo que nos ocupa se logró mediante el método del porcentaje, que implicó comparar el valor del requerimiento final de la DQO en la muestra tratada con el valor del requerimiento inicial del 100%. Los valores optimizados se utilizaron durante el proceso de tratamiento y, en consecuencia, se aplicó la siguiente fórmula.

$$: \%\ \text{de reducción de DQO} \ = \ 100 - \frac{\text{DQO final}}{\text{DQO inicial}} \times 100$$

Donde:

DQO inicial=Concentración inicial de la demanda química de oxígeno

DQO final=Concentración final de la demanda química de oxígeno.

Y así lograremos determinar el % de remoción de la DQO en el lactosuero.

3.3. Procedimientos

Objetivo 1. Analizar la concentración inicial de la DQO de lactosueros.

Procedimiento:

a) **Puntos de muestreo**

b) A la hora de determinar los puntos de muestreo, la referencia tanto para el muestreo de efluentes como para el de cuerpos receptores es el marco de autorización de vertidos sanitarios. (DIGESA, s. f.)

La toma de muestras se realizó en el efluente del agua residual industrial de la planta de Productos Lácteos Flor Rosario como se ve en la figura 1, para realizar el experimento aplicando.

Figura 1

Industria de productos lácteos Flor Rosario

c) Toma de muestra y conservación de muestras en el laboratorio

Para la toma de muestra se realizó un salida de campo hasta el lugar de la industria figura 18, con los equipos de protección personal posterior a ello se toma los puntos figura 20, con coordenada UTM (universal transversal de Mercator) con el sistema de posicionamiento global (GPS) se toma nota en la ficha de muestreo y se llenan los datos correspondientes se rotula los frascos que previamente se enjuago con agua destilada después se procede a tomar la muestra de lactosuero y conservarlo en el kuler con hielo posteriormente se toma una muestra de 50 ml en un vaso precipitado para la medición in situ de los parámetros de pH y Temperatura con el multiparámetro se anota en la ficha y se procede a enjuagar con agua destilada. La muestra se conservará con hielo hasta la llegada al lugar figura 21, de análisis en el Laboratorio de calidad ambiental, facultad de ingeniería y ciencias puras en la UANCV de Juliaca.

Figura 2

Muestras para la realización del tratamiento y/o análisis

d) Análisis de los resultados obtenidos

Una vez que llegue las muestras a laboratorio como se ve en la figura 2 se procede a el análisis de los parámetros a evaluar en la muestra de lactosuero, se realiza según la política de un laboratorio.

Para las muestras se ejecutó el análisis de la DQO de la muestra inicial siendo el siguiente:

- En un tubo de cultivo se añadió 2.5 ml de la muestra de lactosuero que previamente se realiza una difusión de 2 en 100, más dos blancos de pura agua destilada.
- Al tuvo de cultivo se añadió 1.5 ml la solución digestora como se ve en la figura 3,
- Y 3.5 ml del reactivo ácido sulfúrico tornándose a un color naranja
- Para garantizar una homogeneización completa, nos encargamos de sellar bien el tubo de cultivo antes de agitarlo varias veces.

- Los tubos se colocaron en un digestor a una temperatura de 150 °C durante dos horas. Posteriormente, se dejaron enfriar a temperatura ambiente antes de colocarlos en una rejilla.

- Quítanos los tapones de los tubos de cultivo y pasamos el contenido a un matraz de 150 ml para titulación figura 22.

- Se añade de 1 a 2 gotas del indicador ferroina siendo un color azul verdoso y agitamos rápidamente mientras titula con sulfato de amonio ferroso 0.10M.

- Se da un marcado cambio de color azul verdoso al marrón rojizo.

- Finalmente se procede a utilizar una fórmula para los resultados:

Cálculos:

$$\boldsymbol{DQO\,\frac{mgO_2}{L} = \frac{(A-B)*M*8000}{ml\ de\ muestra}}$$

Donde:

A: ml de sulfato de amonio ferroso utilizado para el blanco.

B: ml de sulfato de amonio ferroso utilizado para la muestra.

M: Molaridad del sulfato de amonio ferroso.

Figura 3

Análisis de la DQO, proceso donde se añade la solución digestora

Objetivo 2. Determinar la dosis optima del peróxido de hidrogeno para remover la demanda química de oxígeno de lactosueros.

´Procedimiento.

El recojo de muestras y conservación de las muestras tomadas se realizará según el protocolo de monitoreo ambiental establecido por la ANA.

Para encontrar la dosis optima del peróxido de hidrógeno se realizó pruebas en agitación con un diseño experimental bifactorial de 5 x 5, siendo cinco concentraciones del H_2O_2 y cinco concentraciones del sulfato ferroso heptahidratado generando 25 pruebas para así ir evaluando las diferentes dosis y posterior a ello determinar la óptima que nos permitirá la remoción de la DQO.

Para realizar el proceso de oxidación avanzada en la muestra de lactosuero se hizo el procedimiento de desnaturalización de proteínas previamente calentándola a 90 °C con un

mechero y rejilla figura 23, figura 4, y reposar hasta ver una separación utilizando así el líquido sobrenadante figura 24.

Figura 4
Proceso de desnaturalización del lactosuero

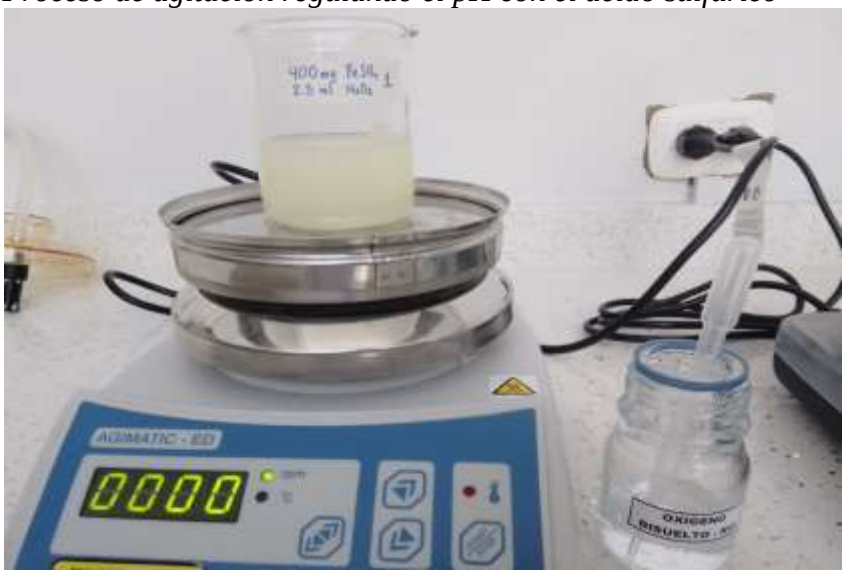
- Después la muestra se mide 100 ml para las 25 pruebas con una probeta en cada vaso precipitado esa cantidad figura 5, con su respectiva rotulación,

Figura 5
Proceso de medición del sobrenadante del lactosuero para los 25 tratamientos

- Luego se enciende el agitador magnético luego se puso el vaso precipitado con un magneto para empezar la agitación figura 30, con una velocidad de 850 rpm, temperatura de 20 °C figura 26, tiempo de 3 min para homogenización de cada reactivo figura 7, después 20 min para la reacción general, siendo esto constante para todas las pruebas.
- Como se muestran en la figura 6 se añade unas gotas de ácido sulfúrico con una micropipeta para reducir el pH a 3 teniendo como dato el pH inicial de la muestra siendo base por eso se reduce realizando una medición de pH en cada prueba para el experimento figura 27.

Figura 6

Proceso de agitación regulando el pH con el ácido sulfúrico



- Se tiene el catalizador sulfato ferroso heptahidratado pesado en la balanza analítica figura 25, con las concentraciones de 400 mg, 450 mg, 500 mg, 550 mg, 600 mg que se añade a cada prueba según la tabla 12.
- Después de 3 min se añade el H_2O_2 figura 29, con ayuda de una micropipeta figura 28, con las dosis de 2.5 ml, 3 ml, 3.5 ml, 4 ml, 4.5 ml de acuerdo al diseño bifactorial tabla 12.

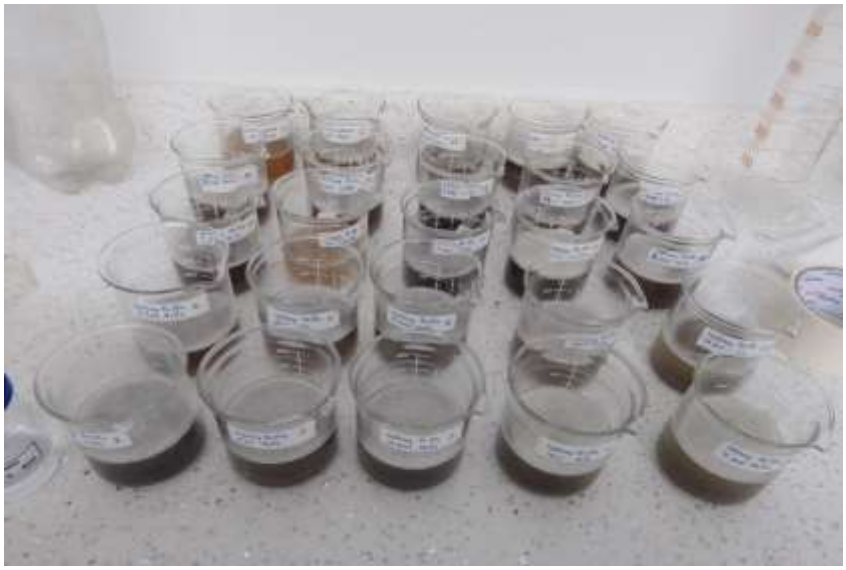
Figura 7

Reactivos empleados para el tratamiento de muestras el peróxido de hidrógeno y su catalizador también el ácido sulfúrico.

- El tiempo de agitación para la reacción de estos dos reactivos fue 20 min para las 25 muestras posteriormente cuando se termina cada una con el proceso de agitación se dejó en sedimentación 24 horas figura 8, luego se procedió a tomar la muestra de cada una para el análisis de la DQO.

Figura 8

Proceso de sedimentación de los 25 tratamientos



Análisis de las muestras en el laboratorio

Después de aplicar el tratamiento a la muestra se procedió al análisis de los parámetros a evaluar se realizó según la política de un laboratorio debidamente acreditado.

Así es como lograremos determinar la dosis óptima del peróxido de hidrógeno, se pasa cada muestra en botellas de PVC figura 31, para el análisis se realiza una dilución figura 9, de cada una de estas siendo 5 en 100 (5 ml de la muestra en 100 ml de agua destilada).

Figura 9
Proceso de dilución de 5 en 100, pasando la dilución de los tratamientos a los tubos de cultivo

- En 25 tubos de cultivo se añadió a cada una 2.5 ml de la dilución, más dos blancos de pura agua destilada.
- Posteriormente se añade a cada tuvo de cultivo 1.5 ml la solución digestora figura 10,
- Y 3.5 ml del reactivo ácido sulfúrico tornándose a un color naranja

Figura 10

Proceso donde se añade los reactivos antes de pasar a la digestora, se muestra la solución digestora y el ácido sulfúrico

- Para asegurar una completa homogeneización, tenemos cuidado en sellar el tubo de cultivo y agitarlo varias veces.

- Posteriormente, los tubos se insertaron en un digestor y se calentaron a 150°C por un tiempo de 2 horas, como se muestra en la figura 11. Una vez transcurridas las 2 horas, los tubos se dejaron enfriar a temperatura ambiente y posteriormente se transfirieron a un soporte para tubos para almacenamiento.

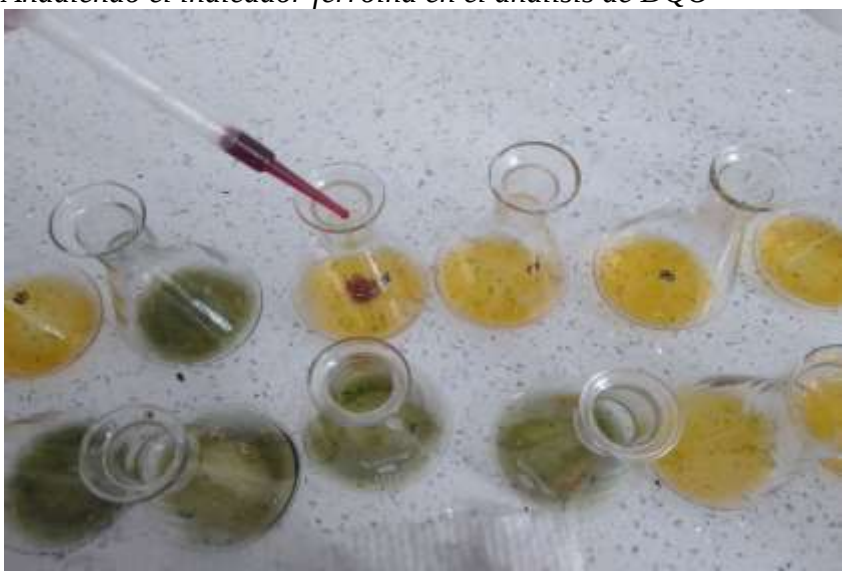
Figura 11

Proceso donde se pone los tubos de cultivo en la digestora

- Quítanos los tapones de los tubos de cultivo y pasamos el contenido de cada una a matraces de 150 ml para titulación figura 32, siendo un total de 27 matraces.

- Se añade de 1 a 2 gotas del indicador ferroina figura 33, figura 12, siendo un color azul verdoso y agitamos rápidamente mientras titula con sulfato de amonio ferroso 0.10M con la bureta figura 34,

Figura 12
Añadiendo el indicador ferroina en el análisis de DQO



- El punto final se da un marcado cambio de color azul verdoso al marrón rojizo que se muestra en la figura 13.

Figura 13

Titulación de las muestras para finalizar el análisis de la DQO

- Finalmente se procede a utilizar una fórmula para los resultados:

Cálculos:

Formula 1: $\boldsymbol{DQO\ \frac{mgO_2}{L} = \frac{(A-B)*M*8000}{ml\ de\ muestra}}$

Donde:

M: Molaridad del sulfato de amonio ferroso.

B: ml de sulfato de aonio ferroso utilizado para la muestra.

A: ml de sulfato de amonio ferroso utilizado para el blanco.

Objetivo 3. Determinar el porcentaje de remoción del peróxido de hidrogeno de la demanda química de oxígeno de lactosueros.

Posteriormente de haber obtenido los resultados de la DQO se procedió sacar el porcentaje con la siguiente fórmula para las 25 pruebas realizadas más la muestra inicial:

Formula 2 ……: $\%\ \text{de reducción de DQO} = 100 - \frac{\text{DQO final}}{\text{DQO inicial}} \times 100$

TESIS UANCV

Donde:

DQOi=Concentracion inicial de la demanda química de oxígeno

DQOf=Concentracion final de la demanda química de oxígeno

Comparando así cada una de las pruebas con la muestra inicial obteniendo los resultados finales.

3.4. Lugar de estudio

La muestra con la que se trabajó en este estudio fue tomada del agua residual (lactosuero) de la Industria Productos lácteos Flor Rosario figura 14, ubicada como se muestra en la figura 14 el cuatro de diciembre del 2022.

Departamento de Puno

Provincia de Melgar

Distrito de Llalli

Coordenadas UTM: E: 303382; N: 8348620

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

Figura 14

Ubicación de la industria.

FUENTE. Google Earth

Ubicación donde se realizó las pruebas y los análisis fue en el laboratorio de Calidad Ambiental de la facultad de Ingeniería y Ciencias Puras de la UANCV de Juliaca.

3.5. Población y muestra

4.4.1. Población

Son las industrias dedicadas a la fabricación de queso ubicada en el distrito de Llalli, provincia de Melgar del departamento de Puno siendo está considerada como la población de estudio en la presente investigación.

4.4.2. Muestra

Agua residual de la industria quesera Derivados Lácteos Flor Rosario siendo el lactosuero la muestra para esta investigación tomada el 04 de diciembre del 2022 a las 14 horas con 16 minutos puesto que alrededor de esas horas la industria produce su mayor agua residual (lactosuero) en el día.

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Resultados descriptivos

5.1.1. Análisis de la concentración inicial de la demanda química de oxígeno de lactosueros.

Como resultado de este objetivo se muestra la caracterización del lactosuero muestra inicial pH, temperatura y Demanda química de oxígeno.

Tabla 6
Caracterización del lactosuero

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD	EXPRESIÓN
Potencial de Hidrógeno	6.41	unid.	pH
Temperatura	24.6	°C	T°
DQO	3744	mg/l	DQO

Nota. En la tabla se expresa los valores de la caracterización con un pH de 6.41 una temperatura de 24.6°C y 3744 mg/l de concentración de la DQO.

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

Con estos resultados presentes en la tabla se puede afirmar que la demanda química de oxígeno presenta un valor alto comparado este parámetro con los valores máximos admisibles ya que se encuentra con un valor de 1000 mg/l según SUNASS (2020) que establece parámetros y la concentración límite para industrias que desechan en el sistema de alcantarillado ya que posteriormente se dirige a una planta de tratamiento de aguas residual municipal para la reducción de este parámetro ya que en los límites máximos permisibles es una concentración de 200 mg/l, ante estos resultados se experimenta la aplicación del peróxido de hidrogeno para la remoción.

5.1.2. Determinación de la dosis optima del peróxido de hidrogeno para remover la demanda química de oxígeno de lactosueros.

Para la determinación se realizaron 25 pruebas para encontrar la dosis optima de H_2O_2 en un cuadro bifactorial de 5x5 y los resultados de la DQO son los siguientes:

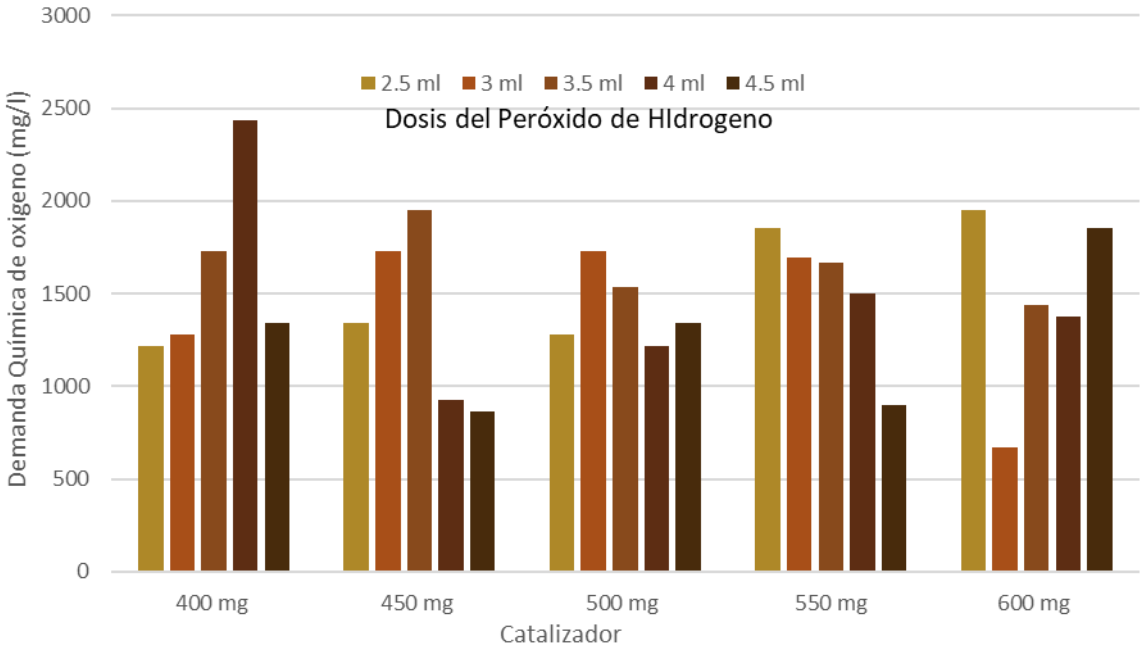
Tabla 7
Modelo bifactorial 5x5

		Peróxido de hidrogeno (H_20_2, 30%)				
		2.5 ml	3 ml	3.5 ml	4 ml	4.5 ml
($FeSO_4.7H_2O$ > 99%)	400 mg	1216	1280	1728	2432	1344
	450 mg	1344	1728	1952	928	864
	500 mg	1280	1728	1536	1216	1344
	550 mg	1856	1696	1664	1504	896
	600 mg	1952	672	1440	1376	1856

Nota. Se muestra en esta tabla el resultado la concentración de la DQO de cada uno de los 25 tratamientos

Según la tabla 7, se puede apreciar que la menor concentración de DQO es de 672 mg/l ubicada en la dosis de H_2O_2 de 3 ml con el catalizador 600 mg y la mayor concentración de DQO es de 2432 mg/l con una dosis de 4 ml de peróxido de hidrogeno y 400 mg de su catalizador.

Figura 15
Dosis del peróxido de hidrógeno



En la figura 15 la relación que hay entre la concentración de la DQO de los 25 tratamientos y las concentraciones del catalizador en función del peróxido de hidrógeno mostrando así que existe diferencias en la reducción de la materia orgánica en base a las dosis de peróxido de hidrogeno que se aplicaron demostrando que en un catalizador de 400 mg la dosis de H_2O_2 con mayor reducción de la DQO es de 2.5 ml y la dosis que redujo una concentración menor es de 4 ml.

En la segunda dosis 450 mg de catalizador se muestra que 4.5 ml de H_2O_2 tuvo mayor reducción a comparación de la dosis de 3.5 ml, en la siguiente dosis 500 mg de catalizador se muestra que la dosis de 4 ml de H_2O_2 redujo más que la de 3 ml y en la dosis de 550 mg de

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

catalizador la dosis de peróxido de hidrogeno de 4.5 ml redujo más que 2 ml y finalmente con la dosis de 600 mg de catalizador 3 ml redujo más que 2.5 ml de H_2O_2.

Tabla 8
Resultados de la demanda química de oxígeno.

Dosis de Peróxido de hidrogeno (H_20_2, 30%)	**DQO mg/l**
2.5 ml	1216
3 ml	1280
3.5 ml	1728
4 ml	2432
4.5 ml	1344
2.5 ml	1344
3 ml	1728
3.5 ml	1952
4 ml	928
4.5 ml	864
2.5 ml	1280
3 ml	1728
3.5 ml	1536
4 ml	1216
4.5 ml	1344
2.5 ml	1856
3 ml	1696
3.5 ml	1664
4 ml	1504
4.5 ml	896
2.5 ml	1952
3 ml	672
3.5 ml	1440
4 ml	1376
4.5 ml	1856

Nota. En esta tabla se aprecia la dosis de H_2O_2 y la concentración de DQO que removió.

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

Según la tabla 8 conjuntamente con el grafico, se interpreta que la dosis óptima para la remoción de la DQO en lactosuero aplicando el peróxido de hidrogeno para su tratamiento es de 3 ml y con la dosis más deficiente es de 4 ml. Podemos decir que con esa dosis de catalizador de 600 mg descompuso al peróxido de hidrogeno de 3 ml en 100 ml de muestra para formar radicales hidroxilos que puedan oxidar la materia orgánica dándose esta reacción química.

$Fe^{2+} + H_2O_2 > Fe^{3+}$ HO* + HO^- (el medio de reacción con un pH de 3 y temperatura de 20 °C)

Con respecto al contaminante R surge la reacción que son abstracción de hidrógeno, adición a la estructura del contaminante o transferencia de carga, los radicales OH tienen poder de degradación a la materia oxidable, produciendo oxidación de compuestos orgánicos mediante radicales hidroxilos

$RH + OH \rightarrow R + H_2O$

$RH + OH \rightarrow RHOH$

$RH + OH \rightarrow R + HO$

Figura 16

Relación de las dosis de peróxido de hidrogeno con las concentraciones de la demanda química de oxígeno con los VMA.

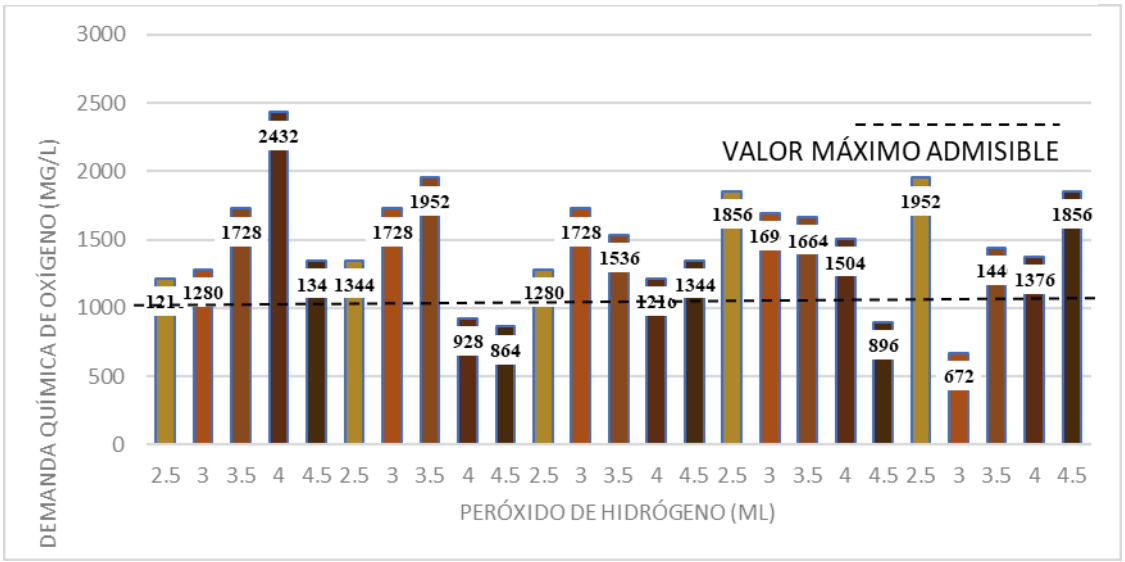


figura 16 se puede apreciar la relación de la concentración de la DQO removida con cada dosis de H_2O_2 aplicada siendo el grafico de la tabla 8 con el valor máximo admisible donde la menor concentración de DQO es de 672 mg/l con una dosis de 3 ml de peróxido de hidrogeno por 100 ml de muestra, la remoción que se logró está por debajo de los VMA dando a entender que esta cantidad no será nocivo y perjudicial al medio ambiente.

5.1.3. Determinación del porcentaje de remoción del peróxido de hidrogeno de la demanda química de oxígeno de lactosueros.

Finalmente, para determinar el porcentaje de remoción de la DQO con los resultados logrados de las 25 pruebas ejecutadas en el experimento, con la fórmula 2 se reemplaza los datos siendo el mismo paso para los 25 datos como se muestra a continuación:

$$: \%\ \text{de reducción de DQO} \ = \ 100 - \frac{\text{DQO final}}{\text{DQO inicial}} \times 100$$

Reemplazamos con la concentración de DQO menor 672 mg/l teniendo en cuenta que la inicial es de 3774 mg/l.

$$: \%\ \text{de reducción de DQO} \ = \ 100 - \frac{672\ \text{mg/l}}{3774\ mg/l} \times 100$$

$$: \%\ \text{de reducción de DQO} \ = \ 82.05128205\ \%$$

$$: \%\ \text{de reducción de DQO} \ = \ 82.051\ \%$$

Este mismo procedimiento se aplicó para todos:

Tabla 9

Porcentaje de remoción de los tratamientos

Dosis de Peróxido de hidrogeno (H_20_2, 30%)	DQO (mg/l)	Porcentaje (%)
2.5 ml	1216	67.52136752
3 ml	1280	65.81196581
3.5 ml	1728	53.84615385
4 ml	2432	35.04273504
4.5 ml	1344	64.1025641
2.5 ml	1344	64.1025641
3 ml	1728	53.84615385
3.5 ml	1952	47.86324786
4 ml	928	75.21367521
4.5 ml	864	76.92307692
2.5 ml	1280	65.81196581
3 ml	1728	53.84615385
3.5 ml	1536	58.97435897
4 ml	1216	67.52136752
4.5 ml	1344	64.1025641
2.5 ml	1856	50.42735043
3 ml	1696	54.7008547
3.5 ml	1664	55.55555556
4 ml	1504	59.82905983
4.5 ml	896	76.06837607
2.5 ml	1952	47.86324786
3 ml	672	82.05128205
3.5 ml	1440	61.53846154
4 ml	1376	63.24786325
4.5 ml	1856	50.42735043

Nota: Se aprecia las dosis del H_2O_2, las concentraciones de DQO y el porcentaje de remoción de los tratamientos

Según la tabla 9, podemos decir que el porcentaje con mayor remoción de la DQO aplicando peróxido de hidrogeno (H_20_2, 30 %) es del 82.051 % de remoción lograda.

Figura17

Relación de los porcentajes de remoción de la concentración de Demanda Química de Oxígeno con las dosis de peróxido de Hidrogeno

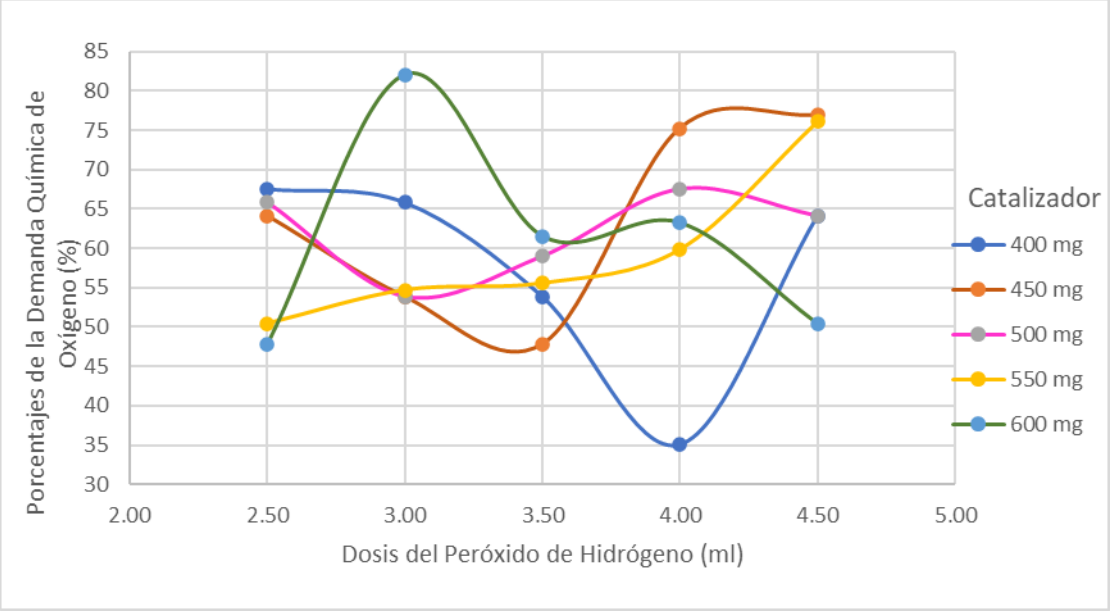


figura 19 se puede ver el porcentaje de remoción que se logró utilizando el peróxido de hidrogeno y distinguir el mayor porcentaje de remoción se interpreta que la cantidad de catalizador de 400 mg el punto con más remoción a medida que la dosis del peróxido de hidrogeno incrementa siendo de 2.5 ml, con 450 mg de catalizador el punto con más remoción se da con 4.5 ml, con 500 mg el puno con más de remoción es de 4 ml, con 550 el punto con más remoción es de 4.5 ml y en 600 mg el punto con mayor remoción es de 3 ml.

Viendo todo esto se puede decir que con un catalizador de 550 mg las dosis de peróxido de hidrogeno mientras incrementa la remoción también, aunque no es altamente progresivo, con 2.5 ml de peróxido de hidrogeno y todas las concentraciones de catalizadores se mantiene en entre 45 al 70 % de remoción, con 3 ml se tiene entre 50 al 85 % de remoción, con 3.5 ml se tiene entre 45 al 65 % de remoción, con 4 ml una remoción entre 35 al 75 % de remoción y con 4.5 ml entre el 50 al 80 % de remoción, se deduce que con la dosis de 3 ml en 100 ml de muestra se obtiene un rango mejor de remoción de la DQO.

Relación del potencial de hidrogeno, temperatura y la demanda química de oxígeno en este experimento.

En este estudio se aplicó una temperatura de 20 °C constante ya que si incrementa o es variable la descomposición del H_2O_2 será más rápida llegando a ser hidrogeno en oxígeno y agua el catalizador empleado se precipita hasta convertirse en hidróxido y si la temperatura es baja la reacción será demasiado lenta siendo algo desfavorable para la remoción y un pH en medio acido constante ya que si llega a ser más acida no existirá la reacción que se busca y el peróxido de hidrogeno reacciona con radicales hidroxilos si llega ser alcalina la precipitación del catalizador reaccionara con los radicales hidroxilos convirtiéndose en hidróxido de hierro. Es por eso que se trabajó con potencial de hidrogeno y temperatura constante.

5.2. Resultados inferenciales

PRUEBA DE NORMALIDAD

Hipótesis estadística:

H_0: Los datos de la demanda química oxígeno tienen una distribución normal

H_1: Los datos de la demanda química oxigeno no tienen una distribución normal

Tabla 10
Prueba de normalidad

	Shapiro-Wilk	
Demanda química de Oxigeno DQO	gl	Sig.
	25	0.807

Nota: Se muestra la cantidad de Datos y el valor de significancia de esta prueba de normalidad aplicando Shapiro-Wilk.

En esta prueba fue procesada en el programa de IBM SPSS Statistics software para el análisis estadístico avanzado.

Si el valor de significancia es mayor a 0.05 los datos serán de distribución normal caso contrario si el valor en menor que 0.05 los datos no tienen una distribución normal por lo tanto se muestra que el valor es 0.807>0.05 aceptamos la hipótesis nula afirmando que los datos de la DQO tienen una distribución normal.

Según la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk se manifiesta que los datos de la demanda química de oxígeno de los 25 tratamientos son de distribución normal por tanto se aplicará una estadística paramétrica realizando un análisis de varianza ANOVA que se muestra a continuación:

- H_0: El tratamiento de la demanda química de oxígeno mediante el peróxido de hidrogeno presenta porcentajes de remoción.
- H_1: El tratamiento de la demanda química de oxígeno mediante el peróxido de hidrogeno no muestra porcentajes de remoción.

Tabla 11
Técnica estadística ANOVA.

Demanda química de Oxigeno DQO			
	Gl	F	Sig.
Entre grupos	5	0.64	0.64
Dentro de grupos	20		
Total	25		

Nota: En esta tabla se muestra un análisis de varianza de los datos de la demanda química de oxígeno de los 25 tratamientos realizados.

Según la tabla 11, la estadística mostrada para el contraste de media nos da un valor de 0.64 siendo mayor que 0.05 lo que indica que no existe diferencia significativa en los datos aceptando la hipótesis nula donde el tratamiento de la DQO mediante el peróxido de hidrogeno presenta porcentajes de remoción.

Finalmente se prueba estadísticamente los datos de la demanda química de oxígeno donde no existe diferencia significativa entre estas presentando remoción en todas ls dosis y la concentración más baja lograda de 3 ml de H_2O_2 en 100 ml de muestra con 600 mg de sulfato ferroso presenta un porcentaje de remoción favorable.

5.3. Discusión

En los resultados logrados en esta presente investigación se presenta una cantidad inicial de 3744 mg /l de DQO presente en la caracterización de la muestra de lactosuero teniendo una concentración. Con una dosis óptimo de H_2O_2 de 30 ml /l y catalizador 6 ml /l. con un tiempo de reacción de 20 minutos la temperatura de 20 °C

Realizando una comparación de resultados con Menéndez (2018) que obtuvo en su caracterización de lactosueros 50 650 mg/l de DQO con una dosis de H_2O_2 de 30.84 ml /l y su catalizador 3.65 ml/l con un tiempo de 43.84 minutos la temperatura de 15 °C y pH constante , siendo el caso podemos decir que en este tipo de aguas de industria de lácteos se coincide aproximadamente en la dosis del peróxido de hidrogeno siendo un promedio en ambos 30.42 ml de dosis se debe tener en cuenta que en su experimento tiene mayor tiempo de agitación aunque en este estudio no menciona las revoluciones por minuto en la investigación se usa una mayor revolución por minuto ya que esto acelerara el proceso de oxidación avanzada siendo favorable en cuanto al catalizador la cantidad que se utiliza en comparación con la investigación

es menor la dosis siendo así un factor que dio menos porcentaje de reducción comparado con la investigación (78.93% - 82.05 %) respectivamente.

Mencionar que la cantidad que se requiere de H_2O_2 es en función a la cantidad de hidroxilos necesarios para oxidar la materia orgánica.

En la investigación de Marreros & Meléndez (2021) se tiene una dosis optima de peróxido de hidrogeno de 0.6 ml/ l con un tiempo de 75 min, T= 20 °C, pH de 2.88 con un 92 % de remoción en otro tipo de muestra e industria pero da a conocer que a comparación de otros catalizadores el sulfato ferrosos es el más eficiente corroborando que el tratamiento de efluentes de industrias siempre será variable dependiendo a su producción y su caracterización.

También podemos decir que el pH acido que oscila de 2 a 3 es el más óptimo para realizar este tratamiento no obstante en la investigación de Aliaga (2010) menciona que un óptimo pH es de 5 ya que obtuvo mejores resultados mencionando que entre más acida el medio de reacción más costosa la etapa de neutralización pero en el estudio de Becerra & Cadena (2016) trabajo con un pH de 2.7 a 3.01 donde menciona que a uno básico básico el ion hierro reacciona con el H_2O_2 produciendo hidróxido de hierro.

En cuanto a la remoción del DQO aplicando este tratamiento Blas & López (2022) da a conocer en su estudio que este proceso de oxidación avanzada de H_2O_2 más su catalizador en tratamientos a efluentes de aguas residuales tienen una remoción entre 80 – 94 %, y las dosis empleadas varían según la caracterización de estas y en este estudio de industrias que desechan lactosueros se tiene un 82 % de remoción en el parámetro de la DQO.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

Concluyendo en el tratamiento de aguas residuales industriales del distrito de Llalli provincia de Melgar provenientes de la industria de lácteos en la muestra de lactosuero se logra la reducción en un 82 % de la demanda química de oxígeno con el peróxido de hidrogeno en un proceso de oxidación avanzada.

Se analizó la demanda química de oxígeno en el lactosuero siendo su concentración inicial de 3744 mg/l en comparación con el reglamento de valores máximos admisible (VMA) siendo 1000 mg/l la concentración por tal motivo se afirma que el valor que tienen de demanda química de oxígeno es alto.

La dosis optima del peróxido de hidrogeno que se encontró en esta investigación donde logro remover la mayor cantidad de demanda química de oxígeno en lactosueros es 30 ml/l con 6 g/l del catalizador (sulfato ferroso heptahidratado), se trabajó con 25 concentraciones de cinco dosis del peróxido de hidrogeno.

El mayor porcentaje de remoción que se logró es de un 82.051 % de la DQO de lactosueros de los 25 tratamientos aplicados y la más baja de un 35 %, concluyendo que entre las dosis aplicadas de H_2O_2 la más alta con la menos cantidad de catalizador es menos eficiente y con la menor dosis de H_2O_2 con la mayor cantidad de catalizador tiene mayor eficiencia.

6.2. RECOMENDACIONES

Se recomienda que en las industrias de lácteos se pueda aplicar un proceso de desnaturalización donde también se puede aprovechar el lactosuero para que posteriormente se deseche netamente aguas de los cuales ya no tenga ningún aprovechamiento ya que esto facilitaría la reducción de parámetros físicos- químicos a su tratamiento de aguas residuales.

Se recomienda que de aguas residuales de efluente de lácteos para este tratamiento de oxidación avanzada se analice la demanda biológica de oxígeno para obtener la relación entre estas y ver la cantidad de materia orgánica biodegradable y no biodegradable que contiene las muestras antes y después del tratamiento para establecer si se aplicara un tratamiento biológico.

Se recomienda ejecutar similares proyectos de investigación en las dosis del peróxido de hidrogeno en relación con el color figura 35, por su influencia vista en este estudio, también utilizando este proceso químico se recomienda evaluar la influencia de salinidad ya que en este tipo de industrias es un parámetro que se presenta depende a la producción a la que la industria de lácteos se dedique.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agreda Gabriel, A. C., & Domínguez Tolentino, T. S. (2018). *Influencia de la concentración de peróxido de hidrógeno y sulfato ferroso en la remoción de la demanda bioquímica de oxígeno de efluentes de curtiembre pretratados mediante coagulación-floculación* [Universidad Nacional de Trujillo]. http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/11438

Alva Rojas, F. H., & Romero Max, B. L. (2018). *Influencia de los métodos fenton t foto-fenton en la variación de la demana química de oxígeno y demanda bilógica de oxígeno para el tratamiento de lixiviados de relleno sanitario de Cajamarca.*

APHA. (s. f.). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*.

Blanco Jurado, J. (2009). *Degradación de un efluente textil real mediante procesos Fenton y Foto-Fenton* [Master thesis, Universitat Politècnica de Catalunya]. https://upcommons.upc.edu/handle/2099.1/8325

Blas Melendez, F. E., & Lopez Tapia, P. R. (2022). *Procesos de oxidación avanzada de la remoción de la demanda química de oxígeno en aguas residuales industriales*.

Bluegold. (2021, julio 12). *Peróxido de hidrogeno como alternativa para la desinfección de aguas*. Blue Gold. https://www.bluegold.es/peroxido-de-hidrogeno-una-alternativa-efectiva-para-la-desinfeccion-del-agua/

Condorchem Envitech. (s. f.). *Tratamiento de aguas residuales de la industria láctea*. Recuperado 4 de noviembre de 2022, de https://condorchem.com/es/blog/tratamiento-de-aguas-residuales-de-la-industria-lactea/

CRAI. (s. f.). *Agitación, fundamento de la técnica*. TÉCNICAS Y OPERACIONES AVANZADAS EN EL LABORATORIO QUÍMICO (TALQ). Recuperado 21 de noviembre de 2022, de https://www.ub.edu/talq/es/node/227

Delgado Soto, J. A. (2019). *Eficiencia de remoción de tres parámetros fisicoquímicos del efluente líquido del camal "régulo bernal torres" utilizando proceso de oxidación avanzado fenton.*

DIGESA. (s. f.). *Muestreo de efluentes y cuerpos receptores en el marco de la autorización sanitaria de vertimiento*.

Espigares García, M., & Perez López, J. A. (s. f.). *Aguas Residuales. Compocisión*.

Garaycochea Mendoza del Solar, A. (2020). *Remoción de la demanda química de oxigeno del agua residual del procesamiento del café mediante bioadsorbentes derivados de residuos agrícolas* [Universidad Científica del Sur]. https://repositorio.cientifica.edu.pe/handle/20.500.12805/1071

Hidritec. (2011, 2016). *Tratamiento de aguas residuales y disminución de DQO* [Tienda oline]. Hidritec. http://www.hidritec.com/hidritec/tratamiento-de-aguas-residuales-y-disminucion-de-dqo

Jacobo García, F. del R. (2018). Urban wastewater and its effects in the community of Paso Blanco, municipality of Jesús María, Aguascalientes. *Revista de El Colegio de San Luis*, *8*(16), 267-293. https://doi.org/10.21696/rcsl9162018760

Kang, Y. W., & Hwang, K.-Y. (2000). Effects of reaction conditions on the oxidation efficiency in the Fenton process. *Water Research*, *34*(10), 2786-2790. https://doi.org/10.1016/S0043-1354(99)00388-7

Lope Ruelas, D. S. (2015). *Reducción de la demanda química de oxígeno de efluentes de quesería mediante un biodigestor anaerobio* [Universidad Nacional del Altiplano]. https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/3223492

Machaca Vargas, R. M. (2021). *Reducción de dqo y dbo de lactosuero ácido de queso tipo paria, mediante el método de electrocoagulación*.

Marreros Lanchipa, P. M., & Meléndez Salazar, M. F. (2021). *Análisis de la viabilidad y eficiencia del ´proceso de oxidación avanzada fenton alicado como tratamiento de aguas residuales industriales*.

Martinez, Q. T. (2019). *Evaluación de estrategias para el manejo de residuos de lactosuero en la localidad de Miahuatlán, Veracruz* [Tesis de maestria]. Universidad Veracruzana.

Menéndez Escarcena, A. (2018). *Reducción de la demanda química de oxígeno en lactosuero mediante el proceso fenton.*

OEFA. (2014). *Fizcalización ambiental en aguas residuales*.

Panesar, P. S., Kennedy, J. F., Gandhi, D. N., & Bunko, K. (2007). Bioutilisation of whey for lactic acid production. *Food Chemistry*, *105*(1), 1-14. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.03.035

Parra Huertas, R. A. (2009). LACTOSUERO: IMPORTANCIA EN LA INDUSTRIA DE ALIMENTOS. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, *62*(1), 4967-4982.

Piedrahita Arias, J. S., Garcés Giraldo, L. F., Arango Ruiz, Á. de J., & Molina Gallo, S. (2012). *Análisis de costos de la electrocoagulación de aguas residuales de la industria láctea*. http://repository.unilasallista.edu.co/dspace//handle/10567/589

Salas. (2010). *Tratamiento por oxidación avanzada (reaccion fenton) de guas residuales de la industra textil*.

Torres Andrade, G. F. (2014). *Tratamiento de aguas residuales mediante la combinación de técnicas avanzadas de oxidación y biofiltros* [Tesis doctoral, Universidad de las Palmas de Gran Canaria]. https://accedacris.ulpgc.es/bitstream/10553/11899/4/0699295_00000_0000.pdf

Valdivielso, A. (2020, agosto 5). *¿Qué es el agua?* [Text]. iAgua; iAgua. https://www.iagua.es/respuestas/que-es-agua

Vargas Cordero, Z. R. (2009). La Investigación aplicada: Una forma de conocer las realidades con evidencia científica. *Revista Educación*, *33*(1), 155. https://doi.org/10.15517/revedu.v33i1.538

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

ANEXOS

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

ANEXO I

Resultados de los análisis de la investigación

UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELASQUEZ
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA SANITARIA Y AMBIENTAL
LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL

RESULTADOS DE ANALISIS EN CALIDAD DE AGUA

INFORME DE ENSAYO N° 075 - 2022

I. DATOS DEL SERVICIO

1.1. PROYECTO	REMOCIÓN DE LA DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO CON PERÓXIDO DE HIDRÓGENO DE LAS AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES DEL DISTRITO DE LLALLI PROVINCIA DE MELGAR, 2022
1.2. SOLICITANTE	Stechkin Chuquimamani Arapa

II. DATOS DE ENSAYO

2.1. Producto	Agua Residual Industrial
2.2. Numero de muestras	25
2.3. Fecha de muestreo	04/12/2022
2.4. Periodo de ensayo	05/12/2022
2.5. Muestreado por	Stechkin Chuquimamani Arapa

CÓDIGO	DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (mg/l)
M – 1	1216
M – 2	1280
M – 3	1728
M – 4	2432
M – 5	1344
M – 6	1344
M – 7	1728
M – 8	1952
M – 9	928
M – 10	864
M – 11	1280
M – 12	1728
M – 13	1536
M – 14	1216

TESIS UANCV

UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELASQUEZ
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA SANITARIA Y AMBIENTAL
LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL

M – 15	1344
M – 16	1856
M – 17	1696
M – 18	1664
M – 19	1504
M – 20	896
M – 21	1952
M – 22	672
M – 23	1440
M – 24	1376
M – 25	1856

VI. METODO DE ENSAYO

Los parámetros fueron analizados de acuerdo a las recomendaciones de los Métodos normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales APHA, AWW.WEF.21th ed. 2005

VII. OBSERVACIONES

(*) Las muestras para análisis de DQO llegaron directo para titulación

Juliaca, 27 de diciembre del 2022

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELASQUEZ"
Ing. Javier A. Rodríguez Gandarillas
CIP. 126368
JEFE LABORATORIO CALIDAD AMBIENTAL - FICP

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

ANEXO II

MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VA.	DIM.	IND.	UNID.
Problema General: • ¿Cuál será el porcentaje de remoción de la demanda química de oxígeno mediante el peróxido de hidrógeno de las aguas residuales industriales, del distrito de Llalli provincia de melgar - 2022?	**Objetivo General**: • Evaluar la remoción de la demanda química de oxígeno mediante el peróxido de hidrogeno de las aguas residuales industriales, del distrito de Llalli provincia de Melgar – 2022	**Hipótesis General** • El tratamiento de la demanda química de oxígeno mediante el peróxido de hidrogeno de las aguas residuales industriales, del distrito de Llalli provincia de Melgar – 2022 presentara altos porcentajes de remoción.	**VI** Dosis óptima del peróxido de hidrogeno. .	**Dosis**	2.5 3 3.5 4 5	ml ml ml ml ml
Problemas específicos: • Analizar la concentración inicial de la demanda química de oxígeno de lactosueros. • Determinar la dosis optima del peróxido de hidrogeno para remover la demanda química de oxígeno de lactosueros. • Determinar el porcentaje de remoción del peróxido de hidrogeno de la demanda química de oxígeno de lactosueros.	**Objetivos específicos:** • Analizar la concentración inicial de la demanda química de oxígeno de lactosueros. • Determinar la dosis optima del peróxido de hidrogeno para remover la demanda química de oxígeno de lactosueros. • Determinar el porcentaje de remoción del peróxido de hidrogeno de la demanda química de oxígeno de lactosueros.	**Hipótesis específicas:** • La concentración inicial de la demanda química de oxígeno de lactosueros, se encuentra con valores altos. • La dosis optima del peróxido de hidrogeno permitirá remover la demanda química de oxígeno de lactosueros. • El porcentaje de remoción del peróxido de hidrogeno de la demanda química de oxígeno de lactosueros presentara altas concentraciones con la dosis adecuada.	**VD** Remoción de la demanda química de oxígeno de lactosueros	**Parámetros del agua residual Industrial (lactosuero)**	T pH DQO	°C mg/l

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

ANEXO III

Imágenes del proceso de la investigación

Figura 18

Con el encargado de la industria de productos lácteos Flor Rosario

Figura 19

Trampa de grasas de la industria en estado de saturación

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

Figura 20
Localización del punto para tomar las muestras.

Figura 21
Muestras en el laboratorio para el tratamiento.

Figura 22

Análisis de la demanda química de oxígeno de la muestra inicial, en el proceso de titulación con el SAF.

Figura 23

Proceso de desnaturalización, con ayuda de un mechero

Figura 24

Proceso de desnaturalización, donde con la ayuda de una micropipeta se extrae el sobrenadante de la muestra de lactosuero después de a ver sido desnaturalizada.

Figura 25

Pesando en una balanza analítica el catalizador para los 25 tratamientos

Figura 26

Midiendo la temperatura de los tratamientos con ayuda de un termómetro para luego insertar los reactivos

Figura 27

Proceso donde se va midiendo el pH para regularlo a ácido con ayuda de un pH- metro

Figura 28

Proceso donde se añade el reactivo Peróxido de hidrógeno a la muestra con ayuda de una micropipeta

Figura 29

Reactivo de peróxido de hidrógeno utilizado

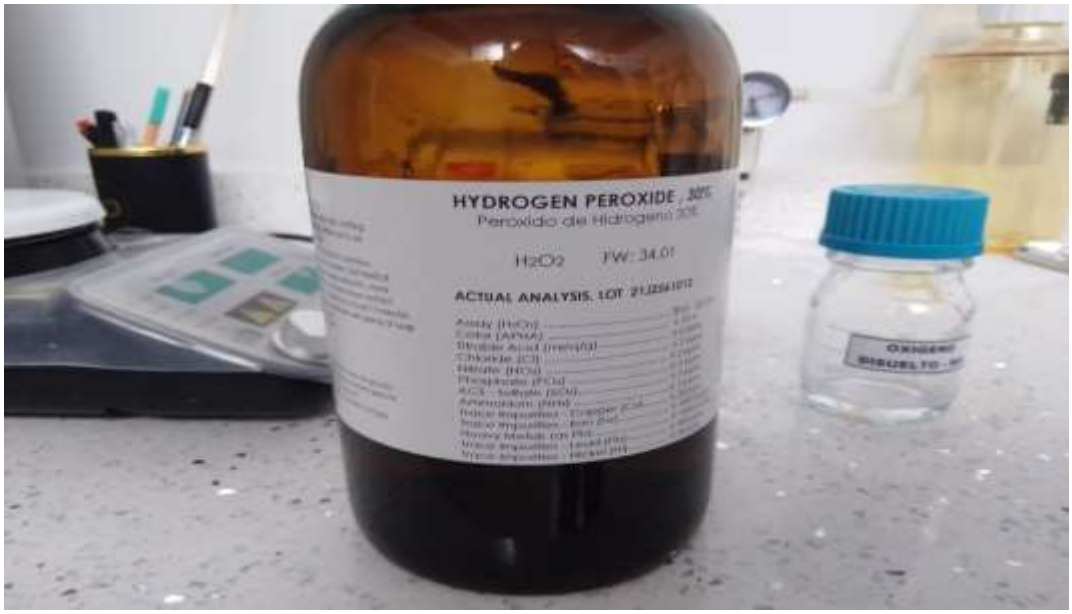


Figura 30

Proceso de agitación donde ya se añadió todos los reactivos para el tratamiento

Figura 31

Proceso después de la sedimentación, botellas de PVC con los tratamientos para dilución

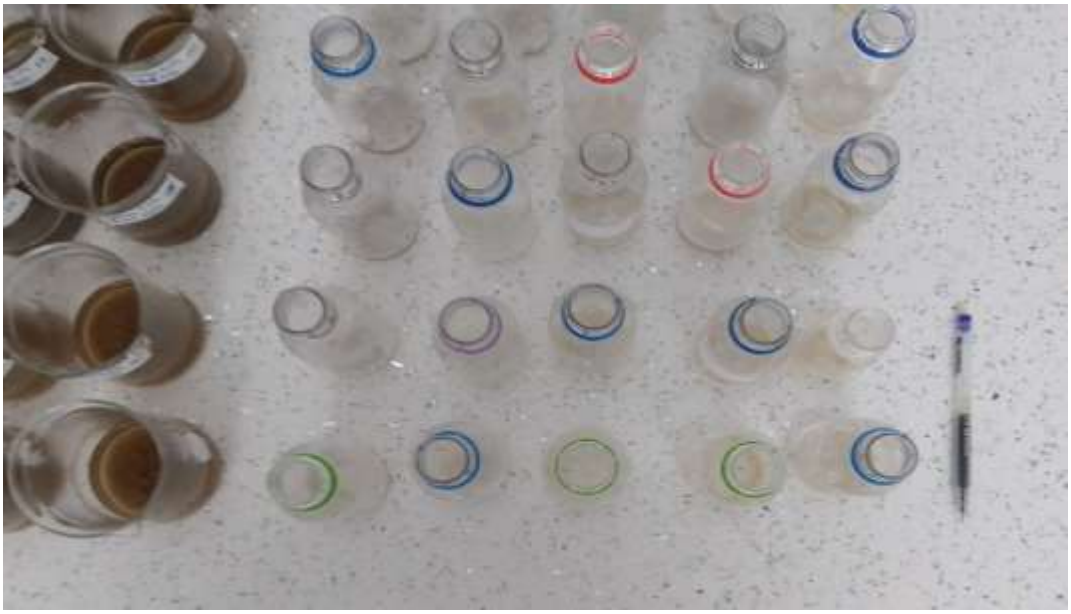


Figura 32

Proceso del análisis de DQO, después de que los tubos salieron de la digestora se observa vaciando de los tubos de cultivo a los matraces

Figura 33

Añadiendo el indicador ferroina la muestra de los tratamientos en el análisis de la DQO

Figura 34

Proceso final del análisis de la DQO titulando

Figura 35

Se muestran los tratamientos dados de acuerdo a la tabla bifactorial 5 x 5.

Tabla 12
Tabla bifactorial de 5x5, concentraciones

		Peróxido de hidrogeno (H_20_2, 30%)				
		2.5 ml	3 ml	3.5 ml	4 ml	4.5 ml
($FeSO_4.7H_2O$ > 99%)	400 mg	T 1	T 2	T 3	T 4	T 5
	450 mg	T 6	T 7	T 8	T 9	T 10
	500 mg	T 11	T 12	T 13	T 14	T 15
	550 mg	T 16	T 17	T 18	T 15	T 16
	600 mg	T 21	T 22	T 23	T 24	T 25

TESIS UANCV
TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

ANEXO 1
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

AUTORIZACIÓN PARA LA INCORPORACIÓN DE LOS TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL UANCV

Formato digital [x] Fecha de entrega: **29 de Diciembre del 2023**

1. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: STECHKIN CHUQUIMAMANI ARAPA
Dirección: Urb. Alexander Mz. A-6 Lt. 7
DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 72659176
Teléfono: 967631007 email: stechkin.ch.a@gmail.com
Nombres y Apellidos:
Dirección:
DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°:
Teléfono: email:
Facultad y/o Escuela de Posgrado: FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
Escuela Profesional o Mención: ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL
Título o Grado Académico a optar: INGENIERO SANITARIO Y AMBIENTAL
Asesor: Dr. BENJAMIN CHUQUIMAMANI QUINTO
Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:
Trabajo de Investigación [ ] Tesis [x] Trabajo de Suficiencia Profesional [ ] Trabajo Académico [ ]
Título: Remoción de la demanda química de oxígeno con peróxido de hidrógeno de las aguas residuales industriales del distrito de Llalli provincia de Melgar, 2022
Palabras claves, (3 a 5 términos): Peróxido de hidrógeno, lactosuero, tratamiento, remoción.
¿Esta obra se desarrolló en la UANCV [1, 2]?
1

[1] Indicar si su producción intelectual ha empleado recursos tales como, instalaciones, laboratorios, insumos, equipos, bases de datos, asesoría técnica por parte del personal de la UANCV, financiamiento, entré otros relacionados.
[2] Si su producción intelectual se desarrolló en la UANCV totalmente o parcialmente, deberá autorizar el depósito en el Repositorio de manera obligatoria.

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

2. Referencia de tesis:

( ) Bachiller (X) Titulo ( ) 2da Especialidad ( ) Maestría ( ) Doctorado

3. Licencias:

a) Licencia estándar:

Bajo los siguientes términos, autorizo el depósito de mi tesis en el Repositorio Digital de la UANCV.

Con la autorización de depósito de mi producción Intelectual, otorgo a la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" una licencia no exclusiva para reproducir, distribuir, comunicar al público, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público mi producción intelectual (incluido el resumen), en formato físico o digital, en cualquier medio, conocido o por conocerse, a través de los diversos servicios por la Universidad, creados o por crearse, tales como el Repositorio Digital de tesis UANCV, colección de producción intelectual, entre otros, en el Perú y en el extranjero por el tiempo y veces que considere necesarias, y libres de remuneraciones.

En virtud de dicha licencia, la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" podrá reproducir mi producción intelectual en cualquier tipo de soporte y en más de un ejemplar, sin modificar su contenido, solo con propósitos de seguridad, respaldo y preservación.

Declaro que la producción intelectual es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, coautoría con titularidad compartida, y me encuentro facultado a conceder la presente licencia y, asimismo, garantizo que dicha producción intelectual no infringe derechos de autor de terceras personas.

La Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" consignará el nombre del y/o los autor(es) de la producción intelectual, y no le hará ninguna modificación más que la permitida en la licencia.

Autorizo su publicación (marque con una X)

[X] Sí, autorizo que se deposite inmediatamente.

[ ] Sí, autorizo que se deposite a partir de la fecha (d/m/a):_____

[ ] No autorizo.

b) Licencia CREATIVE COMMONS 4.0 INTERNACIONAL:

Si usted concede una licencia CREATIVE COMMONS sobre su producción intelectual, mantiene la titularidad de los derechos de autor de esta y, a la vez, permite que otras personas puedan reproducirla, comunicarla al público y distribuir ejemplares de esta, bajo las condiciones siguientes:

¿Quiere permitir usos comérciales de su producción intelectual?

Sí: significa que usted permite la reproducción, distribución y comunicación pública de la producción intelectual incluso con fines comerciales.

No: significa que usted permite la reproducción, y comunicación pública de la producción intelectual, pero sin fines comerciales.

[X] Sí autorizo

[ ] No autorizo

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV
TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

Jurisdicción de su Licencia

Todas las licencias CREATIVE COMMONS son de ámbito mundial, sin embargo, usted puede elegir entre la opción "internacional" o una adaptada a su jurisdicción, como para el caso peruano.

La opción "internacional" emplea el lenguaje y la terminología de los tratados internacionales; en cambio, la adaptada a su jurisdicción, recoge las particularidades de la legislación peruana.

En consecuencia, **la opción "internacional" goza de una mayor eficacia a nivel mundial, gracias a que tiene jurisdicción neutral**. Mientras que la opción adaptada a la jurisdicción del Perú goza de una mayor eficacia ante los tribunales peruanos.

[X] Internacional

[ ] Nacional

Línea de investigación: SANEAMIENTO AMBIENTAL –P22

Firma de Autor | huella digital | 29 de Diciembre del 2023 (Fecha)

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/