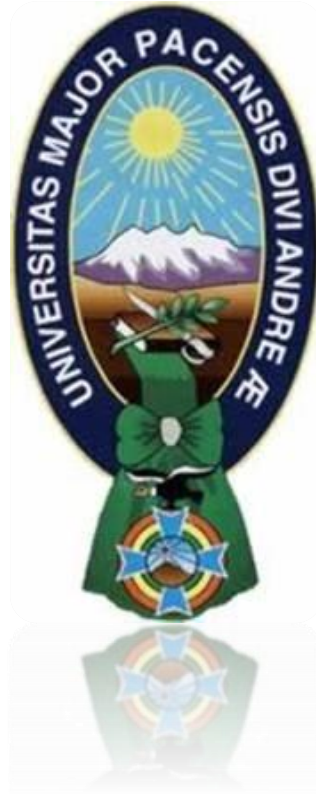


UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA, PETROQUÍMICA, AMBIENTAL Y ALIMENTOS



PROYECTO DE GRADO:

ESTUDIO DE UN TRAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PROVENIENTES DE LA
EMPRESA DE EMBUTIDOS TUSEQUIS LTDA. EMPLEANDO OZONO POR BURBUJEO
COMBINADO CON PEROXIDO DE HIDROGENO

PARA OPTAR AL TITULO DE INGENIERO QUIMICO

POSTULANTE: UNIV. PABLO VELASQUEZ ROCHA
TUTOR: ING. SANTIAGO MORALES MALDONADO Ph. D.

La Paz – Bolivia

2023



**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE INGENIERIA**



LA FACULTAD DE INGENIERIA DE LA UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS AUTORIZA EL USO DE LA INFORMACIÓN CONTENIDA EN ESTE DOCUMENTO SI LOS PROPÓSITOS SON ESTRICTAMENTE ACADÉMICOS.

LICENCIA DE USO

El usuario está autorizado a:

- a) Visualizar el documento mediante el uso de un ordenador o dispositivo móvil.
- b) Copiar, almacenar o imprimir si ha de ser de uso exclusivamente personal y privado.
- c) Copiar textualmente parte(s) de su contenido mencionando la fuente y/o haciendo la cita o referencia correspondiente en apego a las normas de redacción e investigación.

El usuario no puede publicar, distribuir o realizar emisión o exhibición alguna de este material, sin la autorización correspondiente.

TODOS LOS DERECHOS RESERVADOS. EL USO NO AUTORIZADO DE LOS CONTENIDOS PUBLICADOS EN ESTE SITIO DERIVARA EN EL INICIO DE ACCIONES LEGALES CONTEMPLADAS EN LA LEY DE DERECHOS DE AUTOR.

INDICE GENERAL

1. INTRODUCCION	1
1.1. Antecedentes	1
1.2. Planteamiento del problema	3
1.3. Propuesta	4
1.4. Objetivos	5
1.4.1. Objetivo general	5
1.4.2. Objetivos específicos	5
1.5. Justificación	5
1.5.1. Justificación técnica	5
1.5.2. Justificación económica	6
1.5.3. Justificación social	6
1.5.4. Justificación ambiental	6
1.6. Estado actual de la investigación.....	7
2. FUNDAMENTO TEORICO.....	8
2.1. Fuentes de aguas residuales.....	8
2.1.1. Agua residual domestica.....	9
2.1. 2. Agua residual Industrial.....	9
2.1.3. Aguas residuales agrícolas	9
2.1.4. Agua de lluvias.....	10
2.2. Características de las aguas residuales de embutidos	10

2.3. Parámetros del agua residual	11
2.3.1. Propiedades Físicas.....	11
2.3.1.1. Temperatura	11
2.3.1.2. Turbiedad	11
2.3.1.3. Color.....	12
2.3.1.4. Olor	13
2.3.1.5. Sólidos.....	13
2.3.1.6. pH.....	14
2.3.1.7. Aceites y grasas	15
2.3.2. Propiedades Químicas	15
2.3.2.1. Fosforo total.....	15
2.3.2.2. Nitrógeno total	16
2.3.2.3. Amonio	16
2.3.2.4. Cloruros.....	16
2.3.2.5. Sulfatos	16
2.3.2.6. Sulfuros	17
2.3.2.7. Demanda Química de Oxígeno (DQO)	17
2.3.2.8. Demanda Biológica de Oxígeno (DBO5).....	17
2.4. Procesos de tratamiento de aguas residuales	18
2.4.1. Procesos Fisicoquímicos.....	18
2.4.1.1. Coagulación.....	18

2.4.1.2. Floculación	19
2.4.2. Procesos de tratamientos físicos.....	20
2.4.2.1. Flotación por Aire Disuelto (DAF)	20
2.5. Ozonización	22
2.6. Métodos de generación de ozono.....	24
2.6.1. Generación de ozono por efecto corona	24
2.6.2. Generación de ozono por hidrolisis	24
2.7. Peróxido de hidrogeno H ₂ O ₂	25
3. METODOLOGIA Y MATERIALES.....	26
3.1. Tipo de estudio.....	26
3.2. Toma de muestra del efluente residual.....	26
3.3. Sistema de tratamiento de aguas residuales.....	27
3.3.1. Construcción a nivel laboratorio un sistema para el tratamiento de aguas residuales	27
3.4. Procedimiento del proceso de tratamiento de aguas residuales	28
3.4.1. Descripción del proceso	28
3.4.2. Diagrama del proceso de tratamiento de aguas residuales	29
3.5. Procedimiento de tratamiento del efluente con ozono y peróxido de hidrogeno.....	31
3.5.1. Generación de ozono.....	31
3.5.2. Determinación de dosis optima de peróxido de hidrogeno (H ₂ O ₂)	31
3.5.3. Determinación del tiempo de contacto del efluente con el ozono y peróxido de hidrogeno.....	32

3.5.4. Agitación	32
3.6. Materiales y métodos para la determinación de los parámetros del agua residual.....	33
3.6.1. Determinación de la demanda química de oxígeno (DQO).....	33
3.6.1.1. Reactivos a utilizados para la determinación de la demanda química de oxígeno (DQO)	33
3.6.1.2. Procedimiento para la determinación de la demanda química de oxígeno (DQO)	34
3.6.1.3. Cálculo de DQO	38
3.6.2. Determinación de la demanda biológica de oxígeno (DBO5).....	38
3.6.2.1. Reactivos a utilizados para la determinación de la demanda biológica de oxígeno (DBO5).....	38
3.6.2.2. Determinación de oxígeno disuelto inicial	39
3.6.2.3. Determinación de oxígeno disuelto final	39
3.6.2.4. Cálculo de DBO5.....	43
3.6.5. Determinación de Solidos Suspendidos Totales (SST)	44
3.6.5.1. Materiales utilizados para la determinación de Solidos Suspendidos Totales (SST)	44
3.6.5.2. Procedimiento para la determinación Solidos Suspendidos Totales (SST)	44
3.6.5.3. Cálculo de SST.....	48
4. RESULTADOS Y DISCUSION.....	49
4.1. Parámetro analizado: pH	50
4.2. Parámetro analizado: DQO.....	53

4.3. Parámetro analizado: DBO5	56
4.4. Parámetro analizado: Solidos Suspendidos Totales	60
5. ANALISIS DE COSTOS	63
5.1. Costo Insumos.....	63
5.2. Costo mano de obra	64
5.3. Costo herramientas y equipos	65
5.4. Analisis total de precios unitarios del proyecto.....	65
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	67
6.1. CONCLUSIONES.....	67
6.2. RECOMENDACIONES.....	69
7. BIBLIOGRAFIA.....	70
8. ANEXOS.....	72

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Analisis de aguas residuales industriales Tusequis Ltda.	4
Tabla 2: Tabla de sólidos	14
Tabla 3: Operaciones físicas más comunes en el tratamiento de aguas	20
Tabla 4: Potenciales de reducción de las especies más oxidantes	22
Tabla 5: Materiales y métodos para la caracterización de las muestras de aguas residuales	33
Tabla 6: Resultados de la validación del análisis de pH.....	50
Tabla 7: Resultados de la verificación del análisis de pH.....	51

Tabla 8: Resultados de la validación del análisis de DQO	53
Tabla 9: Resultados de la verificación del análisis de DQO	54
Tabla 10: Resultados de la validación del análisis de DBO5.....	56
Tabla 11: Resultados de la verificación del análisis de DBO5.....	57
Tabla 12: Resultados de la validación del análisis de SST.....	60
Tabla 13: Resultados de la verificación del análisis de SST.....	61
Tabla 14: Volumen de Peróxido de Hidrogeno gastado	63
Tabla 15: Costos herramientas y equipos	65

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Esquema de Flotación por Aire Disuelto (DAF).....	22
Figura 2: Ubicación empresa Tusequis Ltda.	26
Figura 3: Toma de muestra del efluente residual	27
Figura 4: Sistema construido para el tratamiento de aguas residuales.....	28
Figura 5: Preparación de muestras con 5 ml de efluente y 95 de agua destilada	35
Figura 6: Muestras después de la adición de solución de AgNO_3 , H_2SO_4 y KMnO_4	35
Figura 7: Aseguramiento de los matraces para llevar a ebullición en baño maría	36
Figura 8: Adición de solución $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ después de la ebullición	36
Figura 9: Titulación de muestras con solución de KMnO_4	37
Figura 10: Viraje de la muestra de color transparente a rosado	37
Figura 11: Preparación de muestras con 1 ml de efluente	40

Figura 12: Muestras después de la adición de solución de Manganeso con la solución de Hidróxido de Sodio y Yoduro de Potasio.....	41
Figura 13: Muestras después de la adición de solución de HCl puro	41
Figura 14: Titulación de muestras con solución de Tiosulfato de Sodio	42
Figura 15: Viraje de las muestras de color café a color transparente	42
Figura 16: Armado del equipo de filtración al vacío.....	45
Figura 17: Pesado de la masa inicial de papeles filtro.....	45
Figura 18: Muestras de agua para filtrar	46
Figura 19: Preparación de muestras en probeta para filtrar	46
Figura 20: Proceso de filtración de las muestras de agua.....	47
Figura 21: Secado de papeles filtro sobre vidrio reloj.....	47
Figura 22: Pesado de la masa final de los papeles filtro después del secado	48

INDICE DE DIAGRAMAS

Diagrama de Proceso 1: Proceso de tratamiento de aguas empleando ozono O_3 y peróxido de hidrogeno H_2O_2	30
---	----

INDICE DE GRAFICOS

Grafica 1: Validación del análisis pH vs tiempo [min]	50
Grafica 2: Verificación del análisis pH vs tiempo [min]	51
Grafica 3: Validación del análisis DQO [mg/L] vs tiempo [min]	53
Grafica 4: Verificación del análisis DQO [mg/L] vs tiempo [min]	54
Grafica 5: Validación del análisis DBO5 [mg/L] vs tiempo [min]	56

Grafica 6: Verificación del análisis DBO5 [mg/L] vs tiempo [min]	57
Grafico 7: Validación del análisis SST [mg/L] vs tiempo [min]	60
Grafico 8: Verificación del análisis SST [mg/L] vs tiempo [min]	61

INDICE DE ANEXOS

ANEXO 1: Factura Costo de Manipuleo Agitador.....	72
ANEXO 2: Declaración de Mercancía de Importación del Agitador	73
ANEXO 3: Cálculos de DQO realizados en la validación del metodo	74
ANEXO 4: Cálculos de DQO realizados en la verificación del metodo	74
ANEXO 5: Cálculos de DBO5 realizados en la validación del metodo con VH202 = 10 ml	75
ANEXO 6: Cálculos de DBO5 realizados en la validación del metodo con VH202 = 20 ml	75
ANEXO 7: Cálculos de DBO5 realizados en la validación del metodo con VH202 = 30 ml	76
ANEXO 8: Cálculos de DBO5 realizados en la verificación del metodo con VH202 = 10 ml	76
ANEXO 9: Cálculos de DBO5 realizados en la verificación del metodo con VH202 = 20 ml	77
ANEXO 10: Cálculos de DBO5 realizados en la verificación del metodo con VH202 = 30 ml	77
ANEXO 11: Cálculos de SST realizados en la validación del metodo con VH202 = 10 ml	78

ANEXO 12: Cálculos de SST realizados en la validación del metodo con <i>VH202 = 20 ml</i>	
.....	78
ANEXO 13: Cálculos de SST realizados en la validación del metodo con <i>VH202 = 30 ml</i>	
.....	79
ANEXO 14: Cálculos de SST realizados en la verificación del metodo con <i>VH202 = 10 ml</i>	
.....	79
ANEXO 15: Cálculos de SST realizados en la verificación del metodo con <i>VH202 = 20 ml</i>	
.....	80
ANEXO 16: Cálculos de SST realizados en la verificación del metodo con <i>VH202 = 30 ml</i>	
.....	80

DEDICATORIA

El presente proyecto lo dedico primeramente a Dios ya que sin él no hubiera llegado hasta este punto de mi vida.

A mis padres Pablo y Nilda que me dieron la oportunidad de estudiar, por ayudarme, por preocuparse por mí, por animarme siempre.

A mis tías: María Angélica, Lucero, Mariela, a mi tío Daniel, a mis abuelos Antonio y Elena que está en el cielo, a mi hermana Nilda, a mi hermano Mauricio, a mi sobrino Matías, ya que todos ellos son mi familia y siempre se preocuparon por mí, siempre me alentaron, me animaron para seguir adelante y siempre confiaron en mí.

En pocas palabras, dedico este proyecto a mi familia por haber estado conmigo en las buenas y en las malas.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mi tutor Ing. Santiago Morales Maldonado Ph.D. por haberme brindado su tiempo y disposición, por ayudarme y guiarme en este proyecto.

Agradezco al Ing. Luis Fernando Pérez Apaza que, sin ser mi tutor, me brindo su tiempo, me aconsejo buenas ideas y me ayudo en este proyecto.

Agradezco a todas las personas que confiaron siempre en mí, me alentaban y siempre me animaban en el transcurso de mi carrera y el presente proyecto.

Me agradezco a mí mismo por no caer nunca, por no rendirme ya que a pesar de todos los problemas que existieron siempre pude salir adelante y llegar hasta este punto de mi vida, siempre con la fé y la idea de que vendrán cosas mejores.

RESUMEN

El presente proyecto fue realizado para estudiar el proceso de un tratamiento de aguas residuales proveniente de la Empresa de embutidos Tusequis Ltda. empleando ozono por burbujeo combinado con peróxido de hidrogeno.

Para cumplir con el estudio del proceso se realizó la construcción a nivel laboratorio de un sistema para el tratamiento de aguas residuales empleando ozono por burbujeo combinado con peróxido de hidrogeno, luego se caracterizó fisicoquímicamente el efluente a tratar y se realizaron diferentes pruebas con una dosis de Ozono constante de 5 mg/min, pero variando las dosis de Peróxido de Hidrogeno de 10 ml, 20 ml y 30 ml en distintos tiempos de 5, 10, 15, 20, 25 y 30 min con un volumen de efluente de 2 litros.

Se realizaron pruebas para la validación y verificación del metodo utilizado, luego se realiza los diferentes análisis en laboratorio de los parámetros del agua residual y el agua tratada.

Posteriormente se realiza una comparación de los parámetros antes y después de ingresar al sistema de tratamiento de aguas residuales y con los resultados obtenidos se concluyó que la dosis optima de Peróxido de Hidrogeno utilizado es de 20 ml en un tiempo de contacto con el efluente y el Ozono de 10 min logrando reducir los parámetros de DBO5, DQO Y SST, pero no así el pH, ya que durante el proceso el pH aumenta debido a la generación de radicales Oxidrilo.

Finalmente se realiza un análisis de costo del proyecto realizando una inversión aproximada de los equipos que se podría utilizar si la empresa quisiera implementar este proyecto a nivel industrial

Palabras clave: Agua residual, Ozono, Peróxido de Hidrogeno, DBO5, DQO, SST y pH.

ABSTRACT

This project was carried out to study the process of treating residual water from Empresa de Embutidos Tusequis Ltda. using Ozone by bubbling combined with Hydrogen Peroxide.

To comply with the study of the process the construction at the laboratory level of system for the treatment of residual waters was carried out using Ozone by bubbling combined with Hydrogen Peroxide, then the effluent to be treated was characterized physicochemically and different test were carried out with a dose of constant Ozone of 5 mg/min, but varying the doses of Hydrogen Peroxide of 10 ml, 20 ml and 30 ml at different times of 5, 10, 15, 20, 25 and 30 min with an effluent volume of 2 liters.

Test were carried out for the validation and verification of the method used, then the different laboratory analyzes of the parameters of the residual water and the treated water are carried out.

Subsequently, a comparison of the parameters before and after entering the residual waters treatment system is made and with the results obtained it was concluded that the optimal dose of Hydrogen Peroxide used is 20 ml in a time of contact with the effluent and the Ozone for 10 min, managing to reduce the DBO₅, DQO and SST parameters, but not the pH, since during the process the pH increases due to the generation of Oxydryl radicals.

Finally, an analysis of the costs of the project is carried out, making an approximate investment of the equipment that could be used if the company wanted to implement this project at an industrial level.

Keywords: Residual water, Ozone, Hydrogen Peroxide, DBO₅, DQO, SST and pH.

1. INTRODUCCION

1.1. Antecedentes

Debido a que el mercado de productos cárnicos sigue en constante crecimiento y expansión, se sugiere seguir ciertos lineamientos establecidos sobre alimentación, salud, nutrición y seguridad ambiental. Estos lineamientos y normas se originan en políticas mundiales y regionales que están orientados hacia una mejora continua en la producción cárnica para consumo humano. Respecto a seguridad ambiental, la evolución de los productos cárnicos también va encaminada a realizar una producción mucho más amigable con el medio ambiente, partiendo de la optimización y buena disposición de los recursos y materias primas utilizadas en la producción de estos productos cárnicos. (IALIMENTOS, 2020)

En Bolivia la producción de embutidos se centra en mayor proporción en los departamentos de Cochabamba, Santa Cruz y Tarija. Según el Instituto Boliviano de Comercio Exterior de un total de 1700 toneladas que se producen mensualmente en Santa Cruz un 30% va destinado a industrialización de este producto. (IBCE, 2020)

Respecto a la industria de embutidos carnicos en Bolivia, hasta el año 2017 se tenían registradas a 51 empresas de embutidos con registro sanitario. (Ministerio de Salud y Deportes de Bolivia - Ministerio de Salud - Bolivia, 2018)

En la industria de embutidos carnicos se requiere grandes volúmenes de agua para sus procesos, variando su uso de 5 a 10 litros de agua por coche de embutidos a lavar y de 2 a 4 litros de agua por kilogramo de agua a procesar.

En la elaboración de embutidos cárnicos se involucra una serie de procesos en los que se requieren grandes cantidades de agua y al mismo tiempo genera grandes cantidades de

aguas residuales que se definen como aguas que han sido modificadas por la industria, uso doméstico, agricultura y otros. (agroment, 2020)

Estas aguas residuales, están cargadas de componentes contaminantes orgánicos, sólidos en suspensión, aceites y grasas, nitrógeno (amoniaco y orgánico), fosfatos, detergentes, desinfectantes y otros que afectan al medio ambiente.

El tratamiento de aguas residuales provenientes de la industria cárnica es a nivel mundial una problemática ambiental, económica y social.

En nuestro país existen normativas que regulan el impacto ambiental negativo que pueden tener las empresas sobre el medio ambiente, específicamente en el buen uso y cuidado del recurso hídrico y el desagüe de las aguas residuales a el alcantarillado. Tal es el caso del Reglamento Ambiental del Sector Industrial Manufacturero (RASIM) y el Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica (RMCH) de la ley 1333. En ambos reglamentos se encuentran descritas las obligaciones y normas que las empresas deben cumplir en su vertido de aguas residuales. Debido a esto es necesario que cada empresa que trabaja en la industria de embutidos carnicos cuente con un sistema de tratamiento para sus aguas residuales, de manera que cumpla con los reglamentos establecidos por la norma.

Los tratamientos existentes para aguas residuales provenientes de este tipo de industria generalmente poseen un pretratamiento para la eliminación de solidos suspendidos, aceites y grasas con un homogeneizador de caudales que ayuda a mantener el caudal en régimen continuo. Posteriormente se implementa un tratamiento biológico destinado a reducir materia orgánica y nitrógeno del agua a tratar. (Condorchem Envitech, 2015)

1.2. Planteamiento del problema

La fábrica para la cual se realizará el proyecto cuenta con un sistema de captación de aguas residuales, las cuales antes de ser arrojadas a la red de alcantarillado pasan por desgrasadores, los cuales son 4 cámaras abiertas de 1,5 m x 2 m x 1,5 m en las que el agua es recolectada. Cuando el agua llena las 4 cámaras en serie se mantiene un tiempo de reposo en el cual los sólidos mediante sedimentación se acumulan en el fondo de las cámaras y se forman capas de grasa, las cuales son removidas semanalmente mediante paletas. La cantidad recolectada por semana llega a ser aproximadamente de 80 kg.

Posteriormente el agua residual es bombeada a través de la última cámara a un tanque homogeneizador de 40 m³ para luego pasar a un sistema DAF. El objetivo del sistema DAF (Disolved Air Flotation) es el de reducir los parámetros de pH, SST, DBO, DQO y grasas hasta los límites permisibles para que luego se pueda descargar las aguas tratadas al alcantarillado.

El procedimiento del sistema se inicia con el ingreso de 4,5 L/min de agua residual. Una vez el agua en el sistema se agrega coagulante en el agua, posteriormente soda caustica y finalmente floculante. Cuando se agregan todas las sustancias requeridas se inyecta aire desde la parte inferior del DAF llevando los sólidos a la superficie y con el uso de paletas se separa los floculos formados. El agua clarificada es vertida en el sistema de alcantarillado.

El sistema de tratamiento de aguas residuales implementado por la empresa logra reducir pH, SST, DBO5, DQO y grasas, pero no logra que estos parámetros estén dentro del límite que marca el RMCH (Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica)

A continuación, se muestran datos de análisis de aguas realizados por la empresa Tusequis Ltda.:

Tabla 1: Analisis de aguas residuales industriales Tusequis Ltda.

Parámetro	Límites permisibles por EPSAS S.A.	Analisis de aguas realizados por la empresa Tusequis Ltda.		
		22/02/2018	26/03/2018	28/06/18
SST (mg/L)	60	95	28	15
pH	6 - 9	7,38	7,26	6,75
DQO (mg/L)	250	856	782	528
DBO(mg/L)	80	390	480	230
Aceites y grasas	10	9,6	6,8	6,9

Fuente: Elaboración propia en base a informes de monitoreo realizados por Tusequis Ltda.

1.3. Propuesta

Se propone estudiar el tratamiento de aguas residuales provenientes de la industria de embutidos empleando ozono por burbujeo combinado con peróxido de hidrogeno en un sistema a construir para lograr degradar la materia orgánica y reducir los parámetros de pH, DBO5, DQO y SST.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

- Estudiar el proceso de un tratamiento de aguas residuales proveniente de la Empresa de embutidos Tusequis Ltda. empleando ozono por burbujeo combinado con peróxido de hidrogeno.

1.4.2. Objetivos específicos

- Construir a nivel laboratorio un sistema para el tratamiento de aguas residuales empleando ozono por burbujeo combinado con peróxido de hidrogeno.
- Caracterizar fisicoquímicamente el efluente a tratar.
- Determinar la dosis optima de peróxido de hidrogeno suministrada al sistema.
- Determinar el tiempo de contacto del efluente con el ozono y el peróxido de hidrogeno en el sistema.
- Disminuir los parámetros de pH, DQO, DBO5 y SST del efluente a tratar en el sistema de tratamiento de aguas residuales.
- Realizar una comparación de los parámetros del efluente antes y después de ingresar al sistema de tratamiento de aguas residuales.
- Realizar un análisis de costos del proyecto.

1.5. Justificación

1.5.1. Justificación técnica

El proceso de tratamiento de aguas utilizando ozono combinado con peróxido de hidrogeno es muy eficiente, ya que el ozono combinado con peróxido de hidrogeno genera radicales hidroxilo (OH^-) los cuales son muy oxidantes, por lo que son capaces de eliminar y degradar una gran variedad de compuestos contaminantes en el agua residual.

De acuerdo a la ley de Henry en relación con la temperatura, los gases son más solubles si la temperatura es menor, por lo que la solubilidad de los gases es inversamente proporcional a la temperatura.

Ya que la temperatura del agua a tratar es baja, aproximadamente 10 a 15 °C, el ozono generado por burbujeo se disolverá rápidamente acompañado de agitación para combinarse con el peróxido de hidrogeno, de esta manera se podrá degradar la materia orgánica del agua residual proveniente de la industria de embutidos.

1.5.2. Justificación económica

El desarrollo de este proyecto y su posterior validación de los resultados obtenidos ayudará mucho a la empresa Tusequis de la cual se realizará el muestreo de las aguas residuales. De esta manera la empresa podrá implementar el sistema a mayor escala para poder tratar sus aguas y poder desembocar sus efluentes tratados al alcantarillado.

1.5.3. Justificación social

El desarrollo de este proyecto generara fuentes de empleo con un personal capacitado para la implementación a escala y operación del sistema de tratamiento de aguas residuales, lo que significara un incremento del nivel de vida los beneficiarios que tienen relación directa con este avance.

1.5.4. Justificación ambiental

El tratamiento de aguas residuales provenientes de la industria cárnica es a nivel mundial una problemática ambiental, económica y social.

En nuestro país existen normativas que regulan el impacto ambiental negativo que pueden tener las empresas sobre el medio ambiente, específicamente en el buen uso y cuidado del recurso hídrico y el desagüe de las aguas residuales a el alcantarillado. Tal es el caso

del Reglamento Ambiental del Sector Industrial Manufacturero (RASIM) y el Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica (RMCH) de la ley 1333. En ambos reglamentos se encuentran descritas las obligaciones y normas que las empresas deben cumplir en su vertido de aguas residuales. Debido a esto es necesario que cada empresa que trabaja en la industria de embutidos carnicos cuente con un sistema de tratamiento para sus aguas residuales, de manera que cumpla con los reglamentos establecidos por la norma.

En este sentido el tratamiento de aguas residuales provenientes de la empresa de embutidos empleando ozono y peróxido de hidrogeno se perfila como un proceso eficiente y con buenos resultados.

La depuración de las aguas residuales de la empresa Tusequis Ltda. aportará a los desafíos de los 17 objetivos del Desarrollo Sostenible y sus 169 metas.

1.6. Estado actual de la investigación

En México Jorge Eduardo García (2014) realiza el proyecto de investigación titulado SISTEMA DE TRATAMIENTO PARA EL AGUA RESIDUAL DE LA INDUSTRIA DE EMBUTIDOS POR PROCESOS FISICOQUÍMICOS Y BIOLÓGICOS, a través de su estudio evalúa un sistema de tratamiento adecuado para disminuir la carga contaminante del agua residual mediante procesos fisicoquímicos y biológicos. En su trabajo se llevaron a cabo ensayos a nivel laboratorio de procesos fisicoquímicos como Flotación por Aire Disuelto operado a 3 kg/cm^2 , ph 7, agregando 300 mg/L de $Al_2(SO_4)_3$ y 5 mg/L de polímero aniónica con una densidad de carga media, removiendo eficientemente materia suspendida, así como grasas y aceites en valores superiores al 95%. Por otro lado, también realiza procesos biológicos como el Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente (FAFA) removiendo eficientemente DQO y DBO en un 82 -85 % con un ph cercano a 7 a 37°C.

En España Jesús Ferre Aracil (2017) realiza el proyecto de tesis doctoral titulado DISEÑO DE REACTORES POR BURBUJEO PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES MEDIANTE OZONO. Con su trabajo define modelos matemáticos adecuados para reactores de burbujeo y de los esquemas reactivos del ozono en el tratamiento de aguas hospitalarias. Para validar los modelos realiza diseños experimentales para determinar parámetros físicos de los reactores, como la fracción y el coeficiente volumétrico de transferencia de materia, la estimación de las velocidades de reacción de la descomposición del ozono y de la eliminación de algunos contaminantes y el cálculo de propiedades del ozono, como el coeficiente de extinción molar o la solubilidad.

El cálculo de constantes cinéticas por medio del ajuste de los modelos matemáticos a los resultados experimentales se realizó mediante optimización por algoritmos clásicos de gradiente.

La metodología desarrollada permitió establecer un modelo de transferencia microscópico para reactores de burbujeo al que se le puede implementar cualquier mecanismo de reacción de ozono.

2. FUNDAMENTO TEORICO

2.1. Fuentes de aguas residuales

Las aguas residuales son materiales derivados de residuos domésticos, procesos industriales o de procesos agrícolas, los cuales por razones de salud pública y por consideraciones de recreación económica y estética, no pueden desecharse vertiéndolas a los lagos, ríos o corrientes convencionales sin antes tratarlas.

2.1.1. Agua residual domestica

Las aguas residuales domésticas, también llamadas aguas negras corresponden a aquellas aguas que son provenientes de la vida del ser humano como la limpieza, preparación de alimentos y necesidades fisiológicas.

Aproximadamente cada persona consume 50 litros diarios para satisfacer sus necesidades.

Durante muchos años, el principal objetivo de la eliminación de residuos urbanos fue tan solo para reducir su contenido en materias que demandan oxígeno, sólidos en suspensión, compuestos inorgánicos disueltos (en especial compuestos de fosforo y nitrógeno) y bacterias patógenas.

2.1. 2. Agua residual Industrial

Un agua residual es el resultado del uso doméstico o industrial del agua. A diferencia de las aguas servidas que son aguas provenientes del uso doméstico, las aguas residuales son una mezcla proveniente del uso doméstico e industrial.

Las aguas residuales de origen industrial están compuestas por residuos muy variables, con mucho contenido orgánico y/o inorgánico. El tipo de residuos encontrados puede variar de gran manera dependiendo del tipo de industria, la naturaleza de su producción, los procesos utilizados en la producción y la materia prima utilizada. (Alvestegui Montalvo, 2019)

2.1.3. Aguas residuales agrícolas

Son aguas que provienen de zonas agrícolas con presencia de pesticidas, sales y un alto contenido de solidos suspendidos. La descarga de estas aguas se la realiza directamente en ríos o alcantarillados.

2.1.4. Agua de lluvias

Son aguas que se originan por el escurrimiento superficial de lluvias que fluyen desde los techos, canales, jardines y otras superficies. Los primeros flujos de aguas de lluvia son generalmente muy contaminados debido al arrastre de basura y otros materiales acumulados en la superficie de contacto.

2.2. Características de las aguas residuales de embutidos

Debido a la enorme variedad de insumos, ingredientes y otras sustancias acarreadas por el agua utilizada en el proceso fabril de la industria cárnica, la composición natural de los vertidos se ve alterada por dichas sustancias.

Los parámetros más destacados en este tipo de aguas residuales son la materia orgánica, nitrógeno, fosforo, solidos suspendidos totales, pH, aceites y grasas.

La presencia de materia orgánica en una masa de agua tiene un efecto de agotamiento de oxígeno, por lo que su presencia se evalúa mediante parámetros generales expresados en términos de oxígeno los cuales son la Demanda Química de Oxígeno (DQO) y la Demanda Biológica de Oxígeno (DBO5). (García Camacho, 2014)

Por lo general en efluentes provenientes de la industria de embutidos existe una elevada concentración de materia orgánica expresada como DQO y DBO5. Si la relación DBO5/DQO es aproximadamente 0,5 – 0,6, significa que gran parte de la materia orgánica presente es materia orgánica biodegradable.

El contenido de grasas y aceites proveniente de los diferentes procesos empleados en la elaboración de embutidos y productos carnicos es muy importante debido a su contribución a la DQO y DBO5, además que por su inmiscibilidad no interactúan con el medio ambiente.

Desde un punto de vista biológico, las grasas y aceites inhiben la actividad microbiana lo que produce una reducción de la eficiencia de los tratamientos de aguas residuales.

2.3. Parámetros del agua residual

2.3.1. Propiedades Físicas

Entre las propiedades Físicas que existen en aguas residuales podemos mencionar las siguientes:

2.3.1.1. Temperatura

La temperatura es un parámetro importante en aguas residuales por su efecto sobre las características del agua, sobre las operaciones y procesos de tratamiento de aguas residuales a utilizar.

Los efectos de la temperatura en las aguas residuales son los siguientes:

- Altera y modifica la concentración de oxígeno disuelto, la velocidad de las reacciones la actividad bacterial.
- La tasa de sedimentación en aguas cálidas es mayor que en aguas frías por el cambio en la viscosidad del agua.
- Los tiempos de retención en tratamientos biológicos disminuye a mayor temperatura.
- Los gases son más fáciles de disolverse en aguas frías.

2.3.1.2. Turbiedad

La turbiedad es una medida de las propiedades de dispersión de la luz de las aguas. Es un parámetro utilizado para indicar la calidad de las aguas naturales y de las aguas residuales tratadas con relación al material en suspensión coloidal.

Prácticamente constituye una medida óptica de material suspendido en el agua.

Las aguas residuales crudas son en general turbias, debido al 0,1% de material sólido orgánico o inorgánico suspendido en el agua.

En aguas residuales tratadas puede ser un factor importante en el control de calidad.

La medición de la turbiedad se realiza por comparación entre la intensidad de la luz dispersa en una muestra y la luz dispersa por una suspensión de referencia bajo las mismas condiciones.

Suspensiones de formación se emplean como patrones primarios de referencia. Los resultados de las mediciones se expresan en Unidades Nefelométricas de turbiedad.

2.3.1.3. Color

El color en las aguas residuales es causado por los sólidos suspendidos, material coloidal y sustancias en solución.

El color causado por los sólidos suspendidos se llama color aparente y el color causado por sustancias disueltas y coloidales se llama color verdadero.

El color verdadero se obtiene sobre una muestra filtrada. El color de una muestra de aguas residual se determina comparando el color de la muestra con el color producido por soluciones de diferente concentración de cloroplatinato de potasio (K_2PtCl_6). Una unidad de color corresponde al color generado por 1 mg/L de platino. Es un indicador del tipo de agua residual. Las aguas residuales domésticas frescas son generalmente de color gris y luego a medida que el agua envejece cambia a color gris oscuro y finalmente después de un tiempo a color negro.

El color negro de las aguas residuales sépticas es producido principalmente por la formación de sulfuros metálicos. El color en las aguas residuales industriales puede indicar el origen de la contaminación, el origen de la industria de la cual proviene el agua residual y el buen estado o deterioro de los procesos de tratamiento de aguas utilizados en cada empresa industrial.

2.3.1.4. Olor

La determinación de olor es cada vez más importante en la medida en que el público se ha interesado más por la operación de las instalaciones de tratamiento de aguas residuales.

El olor de un agua residual fresca es generalmente inofensivo, pero una gran cantidad de compuestos mal olientes son liberados cuando se produce la degradación biológica de la materia bajo condiciones anaerobias. El principal compuesto de olor indeseable es el sulfuro de hidrogeno (olor a huevo podrido). Los olores pueden ser medidos mediante métodos sensoriales e instrumentales. La medición sensorial de olores empleando el sentido del olfato de los humanos puede generar información importante. Por ello, con frecuencia el metodo sensorial se utiliza para medir olores en plantas de tratamiento de aguas residuales. (Yapu Clares, 2018)

2.3.1.5. Sólidos

Los sólidos hacen referencia a la materia suspendida o que se encuentra disuelta en materia acuosa. Las características incluyen materia en suspensión, materia coloidal y materia sedimentable.

El análisis de solidos totales en muestras de aguas por desecación es la metodología más utilizada, entre sus aplicaciones se encuentran: determinación de sólidos, fracciones fijas y lodos aislados en aguas residuales.

Por otro lado, los sólidos en suspensión se encuentran en el agua sin estar disueltos. En la siguiente tabla se presentan los tipos de sólidos y como se determinan:

Tabla 2: Tabla de sólidos

Sólidos	Determinación
Sólidos sedimentables	Indican la cantidad de sólidos en el agua que pueden sedimentarse a partir de un volumen de muestra dada en un periodo de tiempo.
Sólidos en suspensión	La diferencia de peso de un sólido filtrado, por el cual se hace pasar a la muestra.
Sólidos totales	Se secan en un rango de temperatura de 103 – 105 °C. Permite estimar la cantidad de materia orgánica disuelta y en suspensión que lleva una muestra de agua

Fuente: Erazo Carvajal, 2014

2.3.1.6. pH

Es uno de los parámetros más importantes y respecto a su medición muy frecuente en el análisis de muestras de agua.

El pH es la magnitud que expresa la acidez o alcalinidad del efluente. En el área de generación de recursos hídricos es un factor a tomar en cuenta para la coagulación química, ablandamiento de agua y control de la corrosión. (Erazo Carvajal, 2014)

Además, el pH es la medida de la concentración del ion hidrogeno en el agua, expresada como el logaritmo negativo de la concentración molar del ion hidrogeno.

Los efectos del pH en aguas es el siguiente:

- En aguas con un valor de pH < 6, en tratamientos biológicos, favorecen el crecimiento de hongos sobre las bacterias.
- A un valor de pH bajo, el poder bactericida del cloro es mayor porque predomina el ácido hipocloroso.
- A un valor de pH alto, la forma predominante del nitrógeno amoniacal es la forma gaseosa no iónica NH_3 , la cual es toxica, pero no removible con arrastre de aire.
- El valor de pH adecuado para diferentes procesos de tratamiento de aguas residuales y para la existencia de la mayoría de la vida biológica, puede ser muy restrictivo, sin embargo, generalmente es entre valores de 6,5 a 8,5. (Yapu Clares, 2018)

2.3.1.7. Aceites y grasas

Son compuestos orgánicos constituidos principalmente por ácidos grasos de origen animal y vegetal, así como de hidrocarburos del petróleo que son extraídos de la muestra utilizando hexano como disolvente. (NB 64010, 2005)

2.3.2. Propiedades Químicas

Entre las propiedades Químicas que existen en aguas residuales podemos mencionar las siguientes:

2.3.2.1. Fosforo total

El fosforo puede encontrarse en las aguas residuales disuelto o en partículas, ya sea en compuestos orgánicos o inorgánicos. Para liberar el fosforo que esta combinado en la materia orgánica, es preciso someter la muestra de agua a un proceso de digestión acida.

Tras la digestión, el fósforo está en la forma de orto fosfatos, que se determinan por métodos colorimétricos.

2.3.2.2. Nitrógeno total

El análisis elemental se basa en una combustión inmediata de la muestra, en la que finalmente se libera el todo el nitrógeno contenido en la muestra en forma de nitrógeno gaseoso. El nitrógeno gaseoso se separa de otros compuestos por cromatografía de gases para que luego se pueda cuantificar.

2.3.2.3. Amonio

Las aguas superficiales aireadas no deben contener amonio. En aguas descargadas de aguas servidas se encuentra amonio en concentraciones hasta de 4mg/L.

2.3.2.4. Cloruros

Son comunes en aguas residuales. Concentraciones altas de cloruros pueden causar problemas de calidad en el agua para riego y de sabor en agua de reúso. Por lo general los métodos convencionales de tratamiento de aguas residuales no remueven cloruros.

Los cloruros interfieren en el ensayo de DQO. Aguas que contienen concentraciones mayores a 15000 mg/L son consideradas tóxicas para el tratamiento biológico convencional.

2.3.2.5. Sulfatos

Son iones comunes en aguas residuales. En condiciones anaerobias originan problemas de olor y corrosión en los sistemas de alcantarillado. En digestores de lodos los sulfatos son reducidos a sulfuros y el proceso biológico se deteriora si la concentración de sulfuros es mayor a 200 mg/L.

2.3.2.6. Sulfuros

Las bacterias anaerobias reductoras de sulfatos, utilizan el oxígeno de los sulfatos y producen sulfuro de hidrógeno. En el alcantarillado el sulfuro de hidrógeno es oxidado en sulfuros o ácido sulfúrico por las biopelículas formadas en las paredes de los tubos. La formación de ácido sulfúrico puede causar serios daños de corrosión y rotura de los tubos de concreto en los alcantarillados. Los problemas de olor por sulfuro de hidrógeno ocurren a valores de $\text{pH} < 8$. A valores de $\text{pH} > 8$ no se presentan problemas de olores por sulfuros, pues la forma existente es la de HS^- y S^{2-} . (Yapu Clares, 2018)

2.3.2.7. Demanda Química de Oxígeno (DQO)

Es la cantidad de oxígeno necesario para la oxidación química de la materia orgánica presente en el agua residual.

La determinación de DQO debe realizarse rápidamente después de la toma de muestras para evitar la oxidación natural. En caso contrario las muestras podrían conservarse un tiempo si se acidifica con ácido sulfúrico hasta un valor de pH entre 2 y 3. Sin embargo, esta opción deja de ser fiable en presencia de cloruros.

2.3.2.8. Demanda Biológica de Oxígeno (DBO5)

Es la cantidad de oxígeno necesaria para que los microorganismos puedan degradar biológicamente la materia orgánica que se encuentra en el agua residual.

El agua residual contiene una cierta flora bacteriana que tras un tiempo de incubación, actúa degradando la materia orgánica contenida en el agua residual.

La relación entre la DBO5 y la DQO en términos de biodegradabilidad de un efluente residual indica que, si se obtiene un valor de 1, toda la materia orgánica presente es

fácilmente biodegradable. A medida que el valor de la relación aumenta la biodegradabilidad es menor.

2.4. Procesos de tratamiento de aguas residuales

Debido a las características complejas del agua residual generados por la industria de embutidos, se han propuesto diferentes tipos de tratamiento para solucionar este problema: se ha desestabilizado la materia en suspensión, degradando los componentes orgánicos empleando potentes oxidantes y más recientemente con la combinación de dos o más procesos.

2.4.1. Procesos Fisicoquímicos

Este tipo de operaciones son generalmente utilizadas para retirar material de tamaño mayor a 1 mm, sin embargo, no remueven la materia disuelta o suspendida en el medio, que en la mayoría de los casos es la que más carga contaminante aporta.

Es por ello que se debe recurrir a procesos que alteren el estado fisicoquímico o químico de la materia.

2.4.1.1. Coagulación

La coagulación es el método más importante para la remoción de partículas coloidales y suspendidas, cuyo tamaño varía frecuentemente entre 0,001 y 1 μm .

En promedio tales partículas presentan alta estabilidad debido a que en su superficie muestran las mismas cargas eléctricas promoviendo la repulsión entre ellas.

Además de reducir la turbidez del agua, la coagulación también remueve algunas formas de color, bacterias y virus, ya que las partículas coloidales en el efluente están por lo general cargadas negativamente, por la presencia de grupos COO^- y OH^- , repelidos por las fuerzas de Van Der Waals que evitan la aglomeración y formación de partículas más

grandes que pudieran sedimentar más fácilmente, por lo que este tipo de partículas son muy estables.

Para la remoción de partículas cargadas negativamente, las suspensiones coloidales se deben desestabilizar mediante la adición de iones positivos como Aluminio (Al^{+3}) y Hierro (Fe^{+3}). Entonces, la repulsión electrostática entre coloides se rompe, generando una aglomeración de materia. Este agente químico que al ser agregado al medio desestabiliza al coloide es llamado "coagulante".

El fenómeno de aglomeración de materia se lo conoce como estabilización esférica y es el resultado de la adsorción de polímeros en la superficie de partículas coloidales. Las partículas adsorbidas pueden desestabilizar o estabilizar, esto depende de la cantidad suministrada de iones y la cantidad presente de coloides, de la afinidad entre los iones y el agua, entre las más importantes.

Una característica importante es que se necesitan menos partículas trivalentes para neutralizar el coloide, que partículas bivalentes o monovalentes. (García Camacho, 2014)

2.4.1.2. Floculación

Es la unión entre coágulos formados durante la coagulación, con el fin de aumentar el volumen y peso de forma que sea fácil su decantación o flotación.

Este proceso consiste básicamente en la captura de partículas neutralizadas por las sustancias llamadas "floculantes" que en su mayoría son de origen orgánico, debido a que son largas cadenas poliméricas y con muchas zonas eléctricamente activas que permiten generar una aglomeración de coágulos.

2.4.2. Procesos de tratamientos físicos

En el tratamiento de aguas residuales la separación de sólido – líquido se lleva a cabo con operaciones físicas. Mediante la alteración del estado físico del efluente se pueden remover contaminantes sólidos dispersos en el medio acuoso.

La siguiente tabla muestra las operaciones más importantes acerca de procesos físicos.

Tabla 3: Operaciones físicas más comunes en el tratamiento de aguas

Operación	Características
Hidrotamizado	Retención de sólidos finos en una malla.
Cribado	Retención de sólidos gruesos en una reja.
Filtración	Remoción de sólidos suspendidos en un medio que dificulta el paso del material particulado de tamaño menor.
Flotación	Remoción de material muy fino con densidades cercanas al agua por medio de aire.
Sedimentación	Separación de sólidos debido a la fuerza de gravedad.

Fuente: García Camacho, 2014

2.4.2.1. Flotación por Aire Disuelto (DAF)

Es un proceso que consiste en la separación de sólidos en suspensión de densidad igual o menor al agua, además de grasas y aceites presentes en el medio acuoso.

Generalmente se lo utiliza para los siguientes objetivos:

- Separación de grasas, aceites, fibras u otros solidos presentes en el medio acuoso.
- Espesado de lodos procedentes de tratamientos biológicos.
- Espesado de lodos floculados químicamente resultado de la coagulación química.

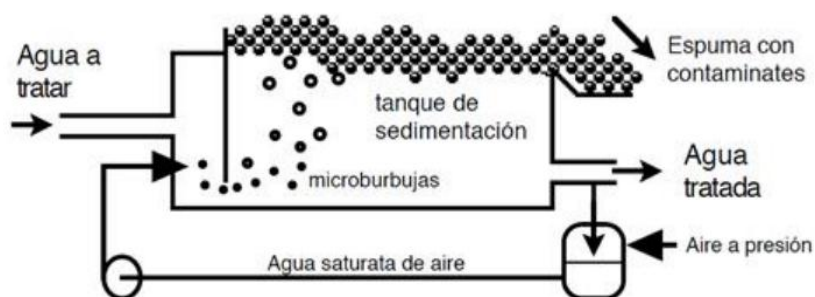
Esta operación se lleva a cabo introduciendo burbujas de aire de tamaño menor a 1 mm al agua residual.

Dichas burbujas de aire tienden a fijarse a la materia en suspensión, creando un conjunto de partícula – aire cuya densidad es menor a la del efluente, provocando de esta forma el ascenso de la materia contaminante y su posterior separación en forma de nata o lodo de flotación, a lo cual se le denomina "floculación provocada".

En la flotación provocada se aprovecha la capacidad que tienen ciertas partículas sólidas o líquidas para unirse a las burbujas de gas, generalmente aire para formar conjuntos partículas – aire menos denso que el agua.

La obtención de dichas partículas se logra mediante la adición de modificadores fisicoquímicos de los coloides y de un floculante. Posteriormente el coloide se transforma en un producto con sitios hidrófobos lo cual promueve su adsorción en la superficie del floculo con burbujas de gas, por lo tanto, flota en el medio acuoso hasta la superficie del agua produciendo una espuma que contiene un concentrado de la sustancia original, la cual se puede separar. La fuerza resultante de dicha unión conduce a un desplazamiento ascendente provocando la flotación. (García Camacho, 2014)

Figura 1: Esquema de Flotación por Aire Disuelto (DAF)



Fuente: (García Camacho, 2014)

2.5. Ozonización

El ozono es un gas incoloro de olor fuerte, con alto poder oxidante ($E_o = 2,08 V$). El ozono es la forma triatómica del oxígeno y en fase acuosa se descompone rápidamente a oxígeno y especies radicales. (Rodríguez et al., 2008)

Tabla 4: Potenciales de reducción de las especies más oxidantes

Especie	Potencial de reducción $E^0 [V]$
Fluor	3,03
Radical hidroxilo	2,8
Oxígeno atómico	1,42
Ozono	2,08
Peróxido de Hidrógeno	1,78
Radical perhidroxilo	1,7
Permanganato	1,68
Dióxido de cloro	1,57
Acido hipocloroso	1,49
Cloro gaseoso	1,36
Acido hipobromoso	1,33
Oxígeno gaseoso	1,23
Hipoclorito	0,94

Fuente: (Ferre Aracil, 2017)

El ozono es ampliamente conocido por su poder oxidante. En la tabla 4 se mencionan los potenciales de reducción de las especies más oxidantes.

Por esta razón se han desarrollado multitud de aplicaciones para el ozono, principalmente para la eliminación de olores y para la eliminación del color de las aguas residuales.

Además el ozono puede dar lugar a radicales hidroxilo (OH^-) por medio de su auto descomposición que puede iniciar por diferentes agentes físicos o químicos como la presencia de OH^- , H_2O_2 , radiación UV o catalizadores.

El ozono al ser un poderoso oxidante, una vez disuelto en el agua residual, reacciona con una gran cantidad de componentes orgánicos de dos formas diferentes: por oxidación directa con ozono molecular o por una reacción indirecta mediante la formación de oxidantes secundarios como radicales libres, en especial radicales hidroxilos.

Los mecanismos que influyen durante la oxidación con ozono dependen de la mayoría de los casos del pH de la solución. Para condiciones acidas la oxidación directa se presenta con ozono molecular, mientras que, para condiciones básicas se combina con peróxido de hidrogeno y/o UV para la formación de radicales hidroxilos (OH^-).

Para obtener resultados satisfactorios en el tratamiento de aguas residuales, es necesario que el ozono se produzca continuamente en el lugar de la aplicación, sin embargo, esta recomendación representa la mayor desventaja del proceso debido a los altos costos que esto representa.

La aplicación de ozono favorece la remoción de color con eficiencias de remoción entre 95% y 97% tratando efluentes de la industria de papel o textil. Sin embargo, en lo que se refiere a la reducción de demanda química de oxigeno (DQO) o carbono orgánico total (COT), las eficiencias se encuentran entre un 40% a 50%.

El uso de la ozonización en el tratamiento de aguas reduce la formación de trihalometanos y ácidos haloacéticos, además incrementa la biodegradabilidad.

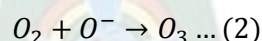
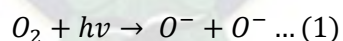
El ozono oxida mayoritariamente las moléculas que contienen dobles enlaces carbono – carbono y alcoholes aromáticos. Además, puede romper la estructura de la materia orgánica natural y propiciar la transformación de los compuestos de alto peso molecular en otros de bajo peso molecular como ácidos carboxílicos, carbohidratos y aminoácidos.

La materia orgánica disuelta (MOD) se conoce como una mezcla de estructuras aromáticas y alifáticas que incluyen amidas, carboxilos, hidroxilos, cetonas y otros grupos funcionales causando problemas estéticos como color, sabor y olor. (Muñoz & Orta, 2012)

2.6. Métodos de generación de ozono

2.6.1. Generación de ozono por efecto corona

El efecto corona consiste en romper una molécula de oxígeno presente en el aire con una descarga eléctrica formando radicales O^- . Estos radicales se podrán combinar con otras moléculas de oxígeno gaseoso para formar ozono.



2.6.2. Generación de ozono por hidrólisis

La hidrólisis se produce cuando, en una cámara de reacción, una corriente eléctrica se dirige desde un cátodo (+) hacia un ánodo (-), actuando el agua como un conductor eléctrico fluido. Con ello se producen varios iones de gran poder de oxidación, como son el ozono (O_3), radicales hidroxilo (OH^-), ozono monoatómico y peróxido de hidrógeno.

2.7. Peróxido de hidrogeno (H_2O_2)

El peróxido de hidrógeno se ha utilizado durante varios años para el tratamiento de efluentes industriales y de aguas potables, principalmente con el objetivo de remover materia orgánica. El peróxido de hidrogeno (H_2O_2) es un oxidante versátil que tiene la capacidad de producir radicales hidroxilo vía catálisis, bien sea en presencia o ausencia de radiación. Los radicales hidroxilos se consideran especies con mayor energía para degradar compuestos recalcitrantes.

El uso del peróxido de hidrogeno favorece su uso ajustando factores como el pH, temperatura, dosis, tiempo de reacción, adición de catalizadores, pudiendo oxidar compuestos orgánicos complejos en compuestos menores, menos tóxicos y más biodegradables, razones para convertir esta aplicación en una solución atractiva para tratamiento de efluentes industriales.

Es importante resaltar que el exceso en la aplicación del peróxido de hidrogeno y altas concentraciones de radicales hidroxilos (OH^-) origina reacciones competitivas que producen efectos inhibitorios en la degradación de los compuestos.

Debe tenerse en cuenta la necesidad de determinar correctamente la dosis optima aplicada de peróxido de hidrogeno para que no se presente efectos negativos en la eficiencia de la degradación de contaminantes.

Otro problema en la aplicación de peróxido de hidrogeno en el tratamiento efluentes se refiere a la baja velocidad de degradación frente a algunas sustancias complejas. Por esta razón se recomienda combinar en peróxido de hidrogeno con otros oxidantes como ozono y/o UV para favorecer el aumento en la eficiencia de degradación de compuestos contaminantes.(Rodríguez et al., 2008)

3. METODOLOGIA Y MATERIALES

3.1. Tipo de estudio

En el presente estudio se buscó la relación de ozono y peróxido de hidrogeno óptimos para el tratamiento de aguas residuales, por lo que la investigación es de tipo descriptivo ya que se describe la acción de ozono y peróxido de hidrogeno combinados.

3.2. Toma de muestra del efluente residual

La toma de muestras de efluente a estudiar se la realizo del posterior tratamiento de aguas del sistema DAF (flotación de aire disuelto) de la empresa Tusequis Ltda. ubicada en la avenida 6 de marzo km 7, Zona Senkata (carretera a Oruro) en la ciudad de El Alto – Bolivia.

Figura 2: Ubicación empresa Tusequis Ltda.



Fuente: Google Earth Pro.

Figura 3: Toma de muestra del efluente residual



Fuente: Elaboración propia

3.3. Sistema de tratamiento de aguas residuales

3.3.1. Construcción a nivel laboratorio un sistema para el tratamiento de aguas residuales

Para la construcción del sistema a nivel laboratorio para el tratamiento de aguas residuales empleando ozono por burbujeo con peróxido de hidrogeno y su posterior funcionamiento se utilizaron los siguientes materiales, equipos y reactivos:

- Agitador mecánico: Soporte, pinza, motor y hélice.
- Generador de ozono por efecto corona.
- Vaso de precipitados de 2000 ml.
- Soporte universal.
- Pinza nuez.
- Pipeta de 5ml y 10 ml.
- Pro pipeta.
- Peróxido de hidrogeno al 50%V/V.

A continuación, se muestra el sistema construido para el tratamiento de aguas residuales empleando ozono y peróxido de hidrogeno.

Figura 4: Sistema construido para el tratamiento de aguas residuales



Fuente: Elaboración propia

3.4. Procedimiento del proceso de tratamiento de aguas residuales

3.4.1. Descripción del proceso

El proceso de tratamiento de aguas consistirá en:

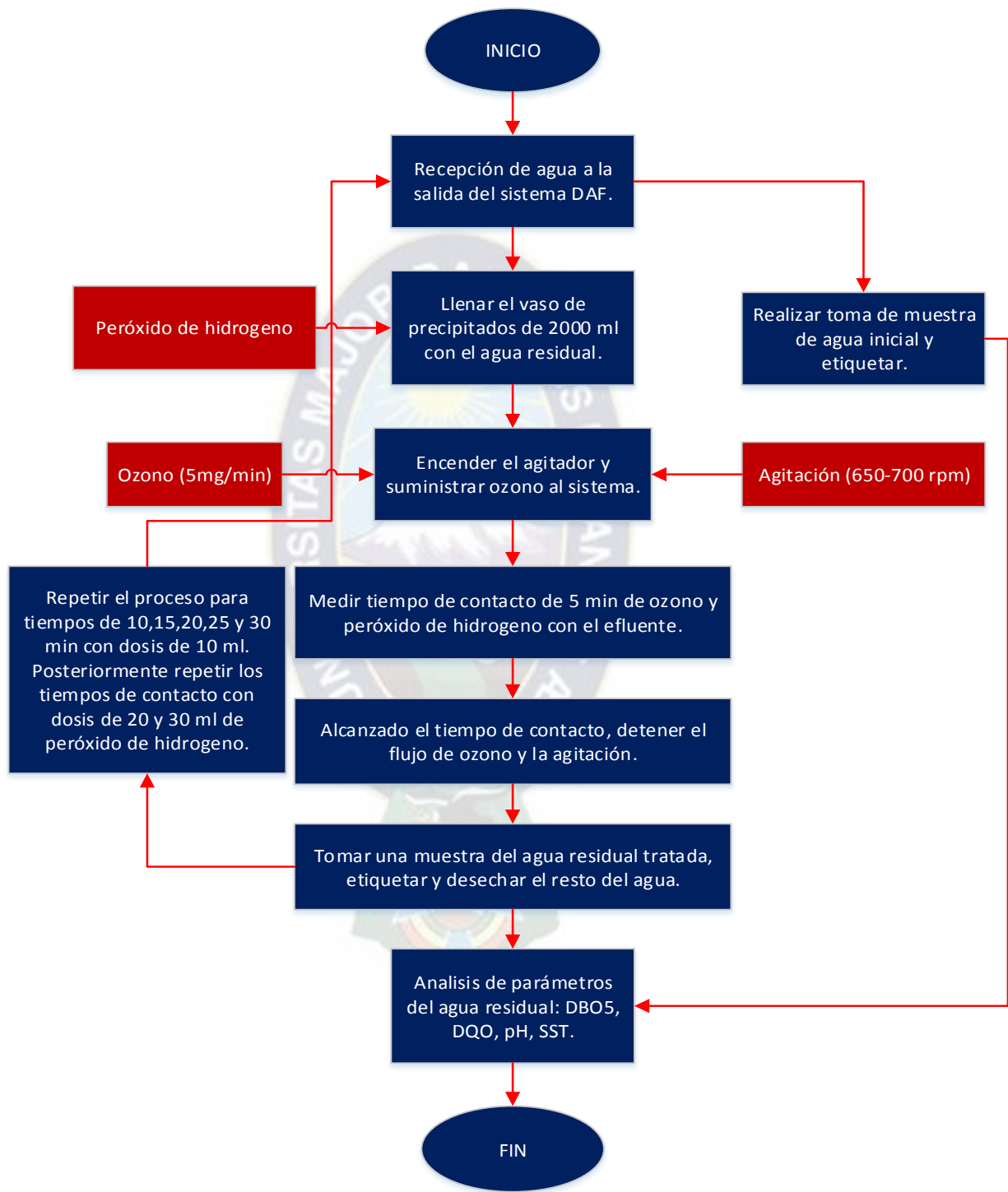
- Recepción del agua residual a la salida del sistema DAF.
- Toma de muestra inicial del agua recepcionada.
- Llenar el vaso de 2000 ml con el agua residual.

- Suministrar la dosis de peróxido de hidrogeno con la pipeta al agua residual.
- Encender la agitación y regular a 650 – 700 r.p.m.
- Suministrar el flujo de ozono de 5mg/L.
- Medir el tiempo de contacto de ozono y peróxido de hidrogeno con el efluente.
- Alcanzado el tiempo de 5 min, detener el flujo de ozono y la agitación.
- Tomar una muestra del agua residual tratada y etiquetar.
- Desechar el agua residual restante en el vaso de precipitados.
- Llenar nuevamente el vaso de precipitados con el agua residual.
- Adicionar la misma dosis de peróxido de hidrogeno utilizada anteriormente.
- Encender la agitación y regular a 650 – 700 r.p.m.
- Suministrar el flujo de ozono de 5mg/L.
- Medir el tiempo de contacto de ozono y peróxido de hidrogeno con el efluente.
- Alcanzado el tiempo de 10 min, detener el flujo de ozono y la agitación.
- Tomar una muestra del agua residual tratada y etiquetar.
- Repetir el mismo procedimiento con tiempos de 5,10,15,20,25 y 30 min.

3.4.2. Diagrama del proceso de tratamiento de aguas residuales

A continuación, se presenta un diagrama de proceso a partir del efluente seleccionado para el tratamiento de aguas.

Diagrama de Proceso 1: Proceso de tratamiento de aguas empleando ozono (O_3) y peróxido de hidrógeno (H_2O_2)

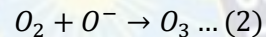
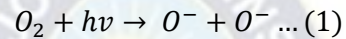


Fuente: Elaboración propia

3.5. Procedimiento de tratamiento del efluente con ozono y peróxido de hidrogeno

3.5.1. Generación de ozono

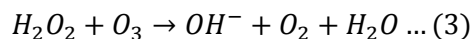
Para la generación de ozono se utilizara el metodo de efecto corona el cual consiste en romper una molécula de oxigeno presente en el aire con una descarga eléctrica formando radicales O^- . Al emplear este metodo de generación de ozono los radicales formados procedentes de la disociación de una molécula de oxigeno se pueden combinar con otras moléculas de oxigeno gaseoso para formar ozono.



Se sugiere este metodo en el proyecto debido a que es un metodo muy estable y seguro a comparación del metodo de hidrolisis, el cual genera hidrogeno y oxigeno gaseoso los cuales son sustancias altamente inflamables, debido a esto a nivel industrial resulta ser un metodo peligroso.

3.5.2. Determinación de dosis optima de peróxido de hidrogeno (H_2O_2)

La adición de peróxido de hidrogeno (H_2O_2) tendrá el propósito de reaccionar con el ozono (O_3) para generar radicales hidroxilos (OH^-) que serán encargados de destruir a los contaminantes presentes en el agua.



Es importante resaltar que el exceso en la aplicación de peróxido de hidrogeno y altas concentraciones de radicales hidroxilos origina reacciones competitivas que producen efectos inhibitorios en la degradación de los compuestos. (Rodríguez et al., 2008)

Se determinará la dosis optima realizando ensayos de acuerdo a un protocolo de dosificación.

3.5.3. Determinación del tiempo de contacto del efluente con el ozono y peróxido de hidrogeno

Se realizaron pruebas con un flujo de ozono constante de 5 mg/min variando la dosis de peróxido de hidrogeno de 10, 20 y 30 ml con tiempos de 5, 10, 15, 20, 25 y 30 min cada dosis, respectivamente.

La dosis optima de peróxido de hidrogeno y tiempo óptimo de contacto del efluente con el ozono y peróxido de hidrogeno se lo encontró con la comparación de resultados de los parámetros de DBO5, DQO y SST del efluente final respecto al inicial.

3.5.4. Agitación

Se determinó experimentalmente la agitación necesaria que se requiere para que el ozono se disuelva en el agua y se combine con el peróxido de hidrogeno para degradar la materia orgánica en el tratamiento de aguas.

También se tomó en cuenta la agitación necesaria para que el ozono se disuelva en el agua y además que al momento que suceda la agitación el agua que será tratada no rebalse del recipiente que contenga el agua residual.

Este será un factor importante para la determinación de la agitación necesaria para el proceso.

3.6. Materiales y métodos para la determinación de los parámetros del agua residual

Tabla 5: Materiales y métodos para la caracterización de las muestras de aguas residuales

Parámetro	Equipo	Metodo
pH	pH metro	Medición directa
DQO	Sistema de digestión	Reflujo abierto por oxidación con permanganato de potasio
DBO5	Botellas Winkler	Metodo de Winkler
SST	Equipo de filtración al vacío	Filtración al vacío

Fuente: Elaboración propia

3.6.1. Determinación de la demanda química de oxígeno (DQO)

Para la determinación de DQO se utilizará el metodo de reflujo abierto. El método consiste en la oxidación química de la materia orgánica en el agua por acción del permanganato de potasio como agente oxidante en presencia de ácido sulfuro al 50%.

3.6.1.1. Reactivos a utilizados para la determinación de la demanda química de oxígeno (DQO)

- Solución de ácido sulfúrico H_2SO_4 (Adicionar 1 volumen de ácido y 2 volúmenes de agua destilada).
- Solución de nitrato de plata $AgNO_3$.
- Solución de permanganato de potasio $KMnO_4$ 1/80 N
- Solución de oxalato de sodio 1/80 N.
- Agua destilada.

3.6.1.2. Procedimiento para la determinación de la demanda química de oxígeno (DQO)

- Tomar 5 ml de muestra con una pipeta y agregar a un matraz Erlenmeyer de 250 ml con tapa.
- En una probeta medir 95 ml de agua destilada y agregar al matraz Erlenmeyer para completar la dilución a 100 ml.
- Agregar con unja pipeta 2 ml de solución de nitrato de plata $AgNO_3$.
- Agregar con una pipeta 5 ml de solución de ácido sulfúrico H_2SO_4 .
- Agregar con una pipeta 10 ml solución de permanganato de potasio $KMnO_4$ 1/80 N.
- Cerrar el matraz Erlenmeyer con su tapa y llevar a ebullición en baño maría durante de 1 hora.
- Pasado una hora, retirar del baño maría, abrir la tapa y agregar con una pipeta 10 ml de solución de oxalato de sodio 1/80 N cambiando el color de la solución contenida en el matraz Erlenmeyer de un color rosado a un color transparente.
- Agregar la solución del matraz Erlenmeyer con tapa a un matraz Erlenmeyer sin tapa.
- Cargar la bureta con la solución de permanganato de potasio $KMnO_4$ 1/80 N.
- Adicionar la solución de oxalato de sodio $Na_2C_2O_4$ 1/80 N contenida en la bureta a la solución contenida en el matraz Erlenmeyer hasta que la solución del matraz cambie de color trasparente a un color rosado.
- Anotar el volumen de la solución de permanganato de potasio $KMnO_4$ 1/80 N gastado.

Figura 5: Preparación de muestras con 5 ml de efluente y 95 de agua destilada



Fuente: Elaboración propia

Figura 6: Muestras después de la adición de solución de $AgNO_3$, H_2SO_4 y $KMnO_4$



Fuente: Elaboración propia

Figura 7: Aseguramiento de los matraces para llevar a ebullición en baño maría



Fuente: Elaboración propia

Figura 8: Adición de solución $Na_2C_2O_4$ después de la ebullición



Fuente: Elaboración propia

Figura 9: Titulación de muestras con solución de $KMnO_4$



Fuente: Elaboración propia

Figura 10: Viraje de la muestra de color transparente a rosado



Fuente: Elaboración propia

3.6.1.3. Cálculo de DQO

Para el cálculo de la Demanda Química de Oxígeno se utilizará la siguiente ecuación:

$$DQO = \frac{V_{KMnO_4} \cdot N \cdot 8000}{V \cdot f} \dots (4)$$

Donde:

V_{KMnO_4} → Volumen en ml de solución de Permanganato de Potasio gastado en la titulación.

N → Normalidad de la solución de Permanganato de Potasio igual a 1/40 N.

V → Volumen en ml de la muestra.

f → factor de corrección de la dilución de la muestra igual a 5/100.

3.6.2. Determinación de la demanda biológica de oxígeno (DBO5)

Para la determinación de DBO5 se utilizará el método de botellas Winkler. El método se basa en medir el oxígeno consumido por una población microbiana en condiciones en las que se ha inhibido los procesos fotosintéticos de producción de oxígeno en condiciones que favorecen el desarrollo de los microorganismos.

3.6.2.1. Reactivos a utilizados para la determinación de la demanda biológica de oxígeno (DBO5)

- Solución de Manganeso.
- Solución de hidróxido de sodio y yoduro de potasio.
- Ácido clorhídrico puro.
- Solución de tiosulfato de sodio.
- Solución de almidón como indicador.

Se debe determinar el oxígeno disuelto inicial ($DO_{inicial}$) y el oxígeno disuelto final después de 5 días (DO_{final}). La diferencia de $DO_{inicial}$ menos DO_{final} será el resultado de la demanda biológica de oxígeno (DBO_5).

3.6.2.2. Determinación de oxígeno disuelto inicial

- Tomar 1 ml de muestra y agregar a una botella Winkler.
- Aforar la botella Winkler con agua destilada.
- Con una pipeta agrega 0,5 ml de solución de manganeso y 0,5 ml de solución de hidróxido de sodio y yoduro de potasio.
- Tapar la botella Winkler y agitar.
- Esperar 30 min a que se forme una nube y precipite.
- Con una pipeta agregar 2 ml de ácido clorhídrico puro a la botella Winkler.
- Tapar y agitar.
- Agregar la solución de la botella Winkler a un matraz Erlenmeyer.
- Agregar unas gotas de almidón como indicador al matraz que contiene la solución.
- Cargar la bureta con la solución de tiosulfato de sodio 0,01 N.
- Agregar la solución de tiosulfato de sodio contenido en la bureta al matraz Erlenmeyer hasta que la solución en el matraz Erlenmeyer cambie de color un color café a un color transparente.
- Anotar el volumen de la solución de ácido oxálico gastado.

3.6.2.3. Determinación de oxígeno disuelto final

- Tomar 1 ml de muestra y agregar a una botella Winkler.
- Aforar la botella Winkler con agua destilada.
- Llevar las muestra a una incubadora a 20°C durante 5 días.
- Pasado 5 días retirar la muestra de la incubadora y continuar con el análisis.

- Con una pipeta agrega 0,5 ml de solución de manganeso y 0,5 ml de solución de hidróxido de sodio y yoduro de potasio.
- Tapar la botella Winkler y agitar.
- Esperar 30 min a que se forme una nube y precipite.
- Con una pipeta agregar 2 ml de ácido clorhídrico puro a la botella Winkler.
- Tapar y agitar.
- Agregar la solución de la botella Winkler a un matraz Erlenmeyer.
- Agregar unas gotas de almidón como indicador al matraz que contiene la solución.
- Cargar la bureta con la solución de tiosulfato de sodio 0,01 N.
- Agregar la solución de tiosulfato de sodio contenido en la bureta al matraz Erlenmeyer hasta que la solución en el matraz Erlenmeyer cambie de color un color café a un color transparente.
- Anotar el volumen de la solución de ácido oxálico gastado.

Figura 11: Preparación de muestras con 1 ml de efluente



Fuente: Elaboración propia

Figura 12: Muestras después de la adición de solución de Manganeso con la solución de Hidróxido de Sodio y Yoduro de Potasio



Fuente: Elaboración propia

Figura 13: Muestras después de la adición de solución de HCl puro



Fuente: Elaboración propia

Figura 14: Titulación de muestras con solución de Tiosulfato de Sodio



Fuente: Elaboración propia

Figura 15: Viraje de las muestras de color café a color transparente



Fuente: Elaboración propia

3.6.2.4. Cálculo de DBO5

Para el cálculo de Oxígeno Disuelto el primer día se utilizará la siguiente ecuación:

$$DO_{inicial} = \frac{V_{inicial} \cdot N \cdot 8000}{(V_{botella} - 1) \cdot f}$$

Para el cálculo de Oxígeno Disuelto después del quinto día se utilizará la siguiente ecuación:

$$DO_{final} = \frac{V_{final} \cdot N \cdot 8000}{(V_{botella} - 1) \cdot f}$$

Para el cálculo de la Demanda Biológica de Oxígeno después del quinto día se utilizará la siguiente ecuación:

$$DBO5 = DO_{inicial} - DO_{final}$$
$$DBO5 = \frac{V_{inicial} \cdot N \cdot 8000}{(V_{botella} - 1) \cdot f} - \frac{V_{final} \cdot N \cdot 8000}{(V_{botella} - 1) \cdot f}$$
$$DBO5 = \frac{(V_o - V_f) \cdot N \cdot 8000}{(V_{botella} - 1) \cdot f} \dots (5)$$

Donde:

$V_{inicial}$; V_{final} → Volúmen en ml de solución de tiosulfato de sodio gastado en la titulación.

N → Normalidad de la solución de tiosulfato de sodio igual a 0,01 N.

$V_{botella}$ → Volúmen en ml de la botella Winkler.

f → factor de corrección de la dilución de la muestra igual a 1/100.

3.6.5. Determinación de Sólidos Suspendidos Totales (SST)

Para la determinación de sólidos suspendidos totales se empleó el método de filtración al vacío.

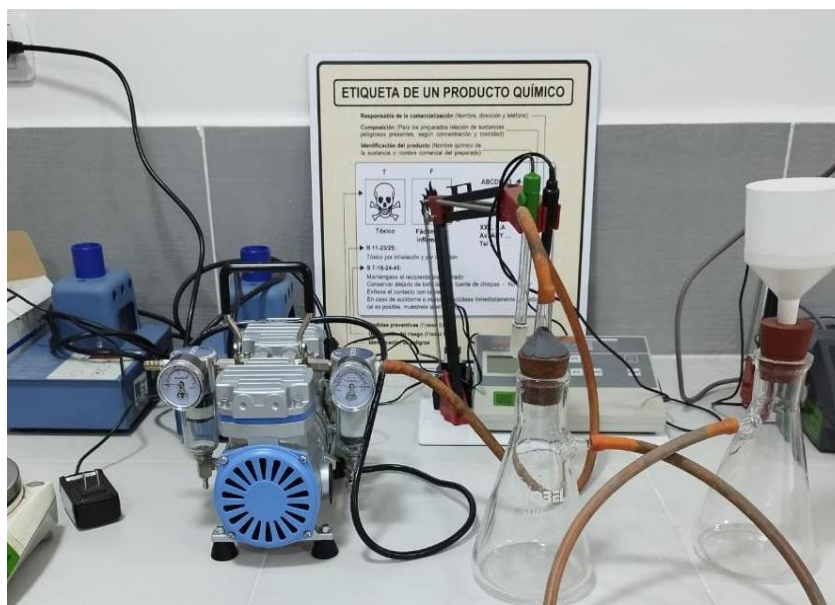
3.6.5.1. Materiales utilizados para la determinación de Sólidos Suspendidos Totales (SST)

- Papel filtro
- Vidrio reloj
- Probeta
- Matraz kitasato
- Mangueras
- Compresor
- Balanza digital

3.6.5.2. Procedimiento para la determinación Sólidos Suspendidos Totales (SST)

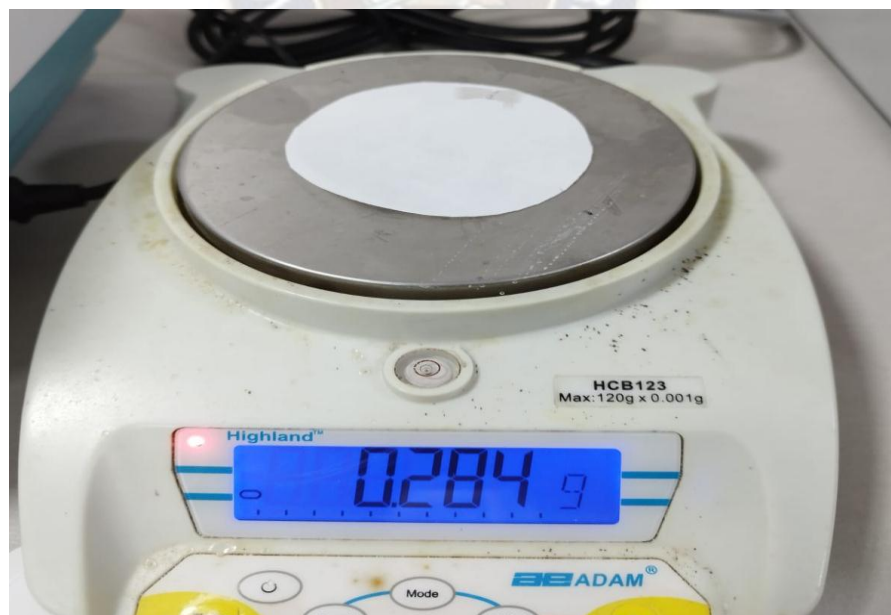
- Armar el equipo para realizar la filtración al vacío empleando los matraces kitasato, las mangueras y el compresor.
- Pesar la masa inicial de los papeles filtro que serán utilizados.
- Preparar las muestras de agua para realizar la filtración.
- Tomar una muestra y verterla en una probeta de 50 ml.
- Encender el equipo de filtración y verter el agua de la probeta en el papel filtro sobre el kitasato.
- Después de la filtración retirar el filtro del kitasato y ponerlo sobre un vidrio reloj.
- Realizar el mismo procedimiento con todas las muestras de agua.
- Llevar los papeles filtro sobre los vidrio reloj a un secador por 5 min a 90°C.
- Sacar los papeles filtro del secador.
- Pesar la masa final de los papeles filtro en una balanza.

Figura 16: Armado del equipo de filtración al vacío



Fuente: Elaboración propia

Figura 17: Pesado de la masa inicial de papeles filtro



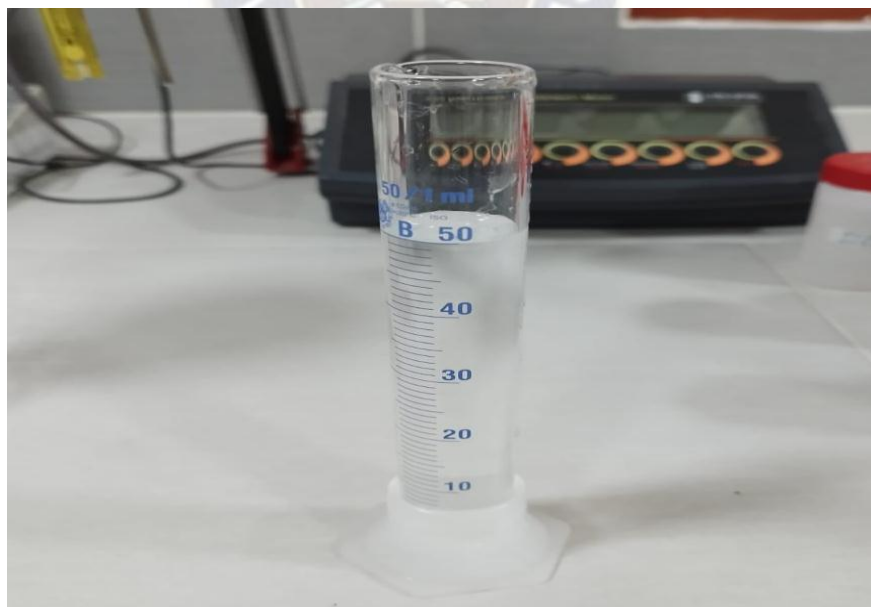
Fuente: Elaboración propia

Figura 18: Muestras de agua para filtrar



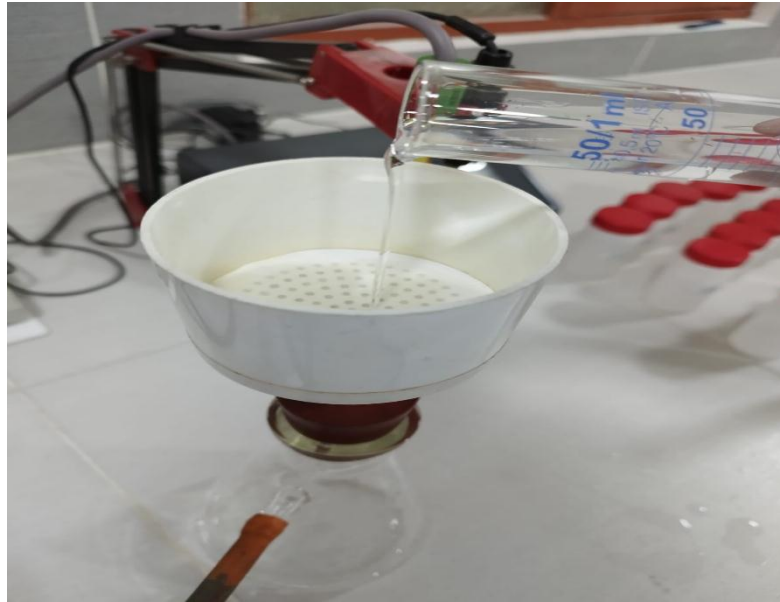
Fuente: Elaboración propia

Figura 19: Preparación de muestras en probeta para filtrar



Fuente: Elaboración propia

Figura 20: Proceso de filtración de las muestras de agua



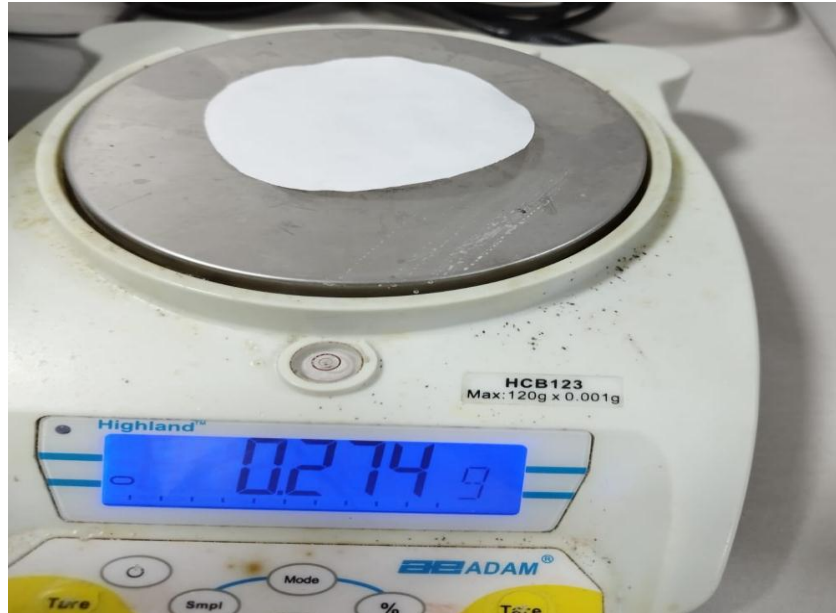
Fuente: Elaboración propia

Figura 21: Secado de papeles filtro sobre vidrio reloj



Fuente: Elaboración propia

Figura 22: Pesado de la masa final de los papeles filtro después del secado



Fuente: Elaboración propia

3.6.5.3. Cálculo de SST

Para el cálculo de SST se utilizará la siguiente ecuación:

$$SST = \frac{m_f - m_o}{V} \dots (6)$$

Donde:

m_o → Masa de papel filtro inicial que se utilizara para la filtración

m_f → Masa del papel filtro después de filtrar la muestra de agua

V → Volúmen de agua contenido en la bureta que se filtrara

4. RESULTADOS Y DISCUSION

A continuación, se presenta los resultados obtenidos en las pruebas realizadas en el estudio del proceso del tratamiento de aguas residuales proveniente de la Empresa de embutidos Tusequis Ltda. empleando ozono por burbujeo combinado con peróxido de hidrogeno.

El primer resultado en cada parámetro corresponde a los resultados obtenidos de la validación del metodo y el segundo resultado en cada parámetro corresponde a la verificación del metodo en los cuales se realizaron la comparación de los parámetros del efluente antes y después de ingresar al sistema de tratamiento de aguas residuales.

En las siguientes tablas se muestra el resultado obtenido de los parámetros de pH, DQO, DBO5 y SST.

Las muestras son tomadas a la salida del sistema DAF de la empresa Tusequis Ltda. y al finalizar el tratamiento de aguas con distintas dosis de peróxido de hidrogeno en distintos tiempos.

En todas las tablas, la muestra Nro 1 es proveniente del efluente inicial tomado a la salida del sistema DAF en tiempo de tratamiento igual a cero.

Las muestras Nro 2, 3, 4, 5, 6 y 7 son las muestras tomadas al finalizar el proceso de tratamiento de aguas residuales empleando ozono y peróxido de hidrogeno, donde se mantuvo el flujo de ozono constante a 5 mg/L, pero se varió la dosis de peróxido de hidrogeno en 10 ml, 20 ml y 30 ml, donde cada dosis fue tratada durante 5, 10, 15, 20, 25 y 30 min.

4.1. Parámetro analizado: pH

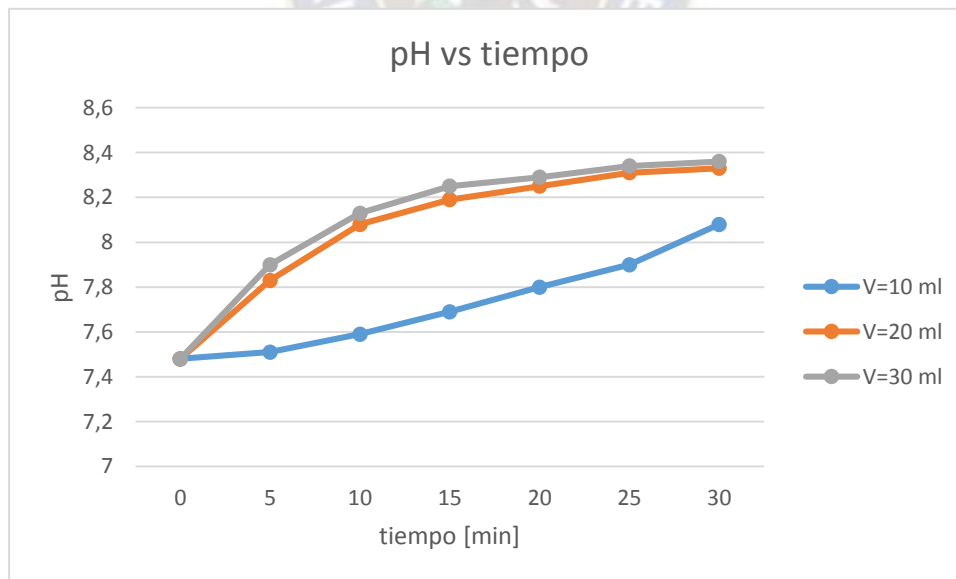
En la siguiente tabla se muestra el resultado obtenido del parámetro de pH para las muestras tomadas a la salida del sistema DAF de la empresa Tusequis Ltda. y al finalizar el tratamiento de aguas con distintas dosis de peróxido de hidrogeno en distintos tiempos.

Tabla 6: Resultados de la validación del análisis de pH

Nro muestra	tiempo [min]	$V_{H_2O_2} = 10 \text{ ml}$	$V_{H_2O_2} = 20 \text{ ml}$	$V_{H_2O_2} = 30 \text{ ml}$
		pH	pH	pH
1	0	7,48	7,48	7,48
2	5	7,51	7,83	7,9
3	10	7,59	8,08	8,13
4	15	7,69	8,19	8,25
5	20	7,8	8,25	8,29
6	25	7,9	8,31	8,34
7	30	8,08	8,33	8,36

Fuente: Elaboración propia

Grafica 1: Validación del análisis pH vs tiempo [min]



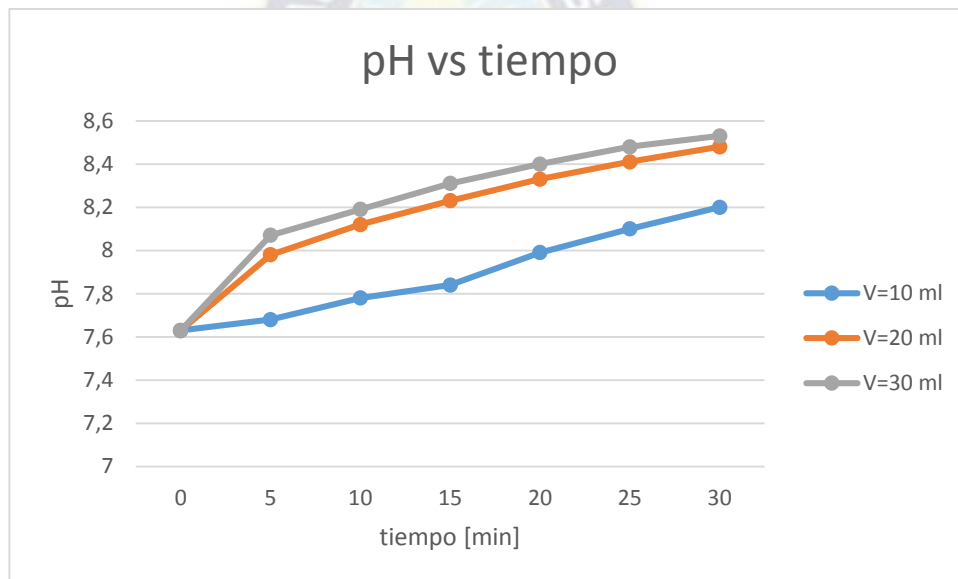
Fuente: Elaboración propia

Tabla 7: Resultados de la verificación del análisis de pH

Nro muestra	tiempo [min]	$V_{H_2O_2} = 10 \text{ ml}$	$V_{H_2O_2} = 20 \text{ ml}$	$V_{H_2O_2} = 30 \text{ ml}$
		pH	pH	pH
1	0	7,63	7,63	7,63
2	5	7,68	7,98	8,07
3	10	7,78	8,12	8,19
4	15	7,84	8,23	8,31
5	20	7,99	8,33	8,4
6	25	8,1	8,41	8,48
7	30	8,2	8,48	8,53

Fuente: Elaboración propia

Grafica 2: Verificación del análisis pH vs tiempo [min]



Fuente: Elaboración propia

En las gráficas 1 y 2 se puede observar el comportamiento del incremento de pH debido a la generación de radicales hidroxilos en el proceso de tratamiento de aguas con distintas dosis de peróxido de hidrogeno.

En la validación del metodo el pH incrementa en el proceso de tratamiento de aguas residuales empleando una dosis de 10 ml de peróxido de hidrogeno desde un valor de 7,48,

siendo este el pH del efluente inicial a ser tratado en un tiempo inicial de 0 min hasta un valor máximo de 8,08 al cabo de 30 min.

Empleando una dosis de 20 ml de peróxido de hidrogeno se observa que el pH incrementa desde un valor de 7,48, siendo este el pH del efluente inicial a ser tratado en un tiempo inicial de 0 min hasta un valor máximo de 8,20 al cabo de 30 min.

Empleando una dosis de 30 ml de peróxido de hidrogeno se observa que el pH incrementa desde un valor de 7,63, siendo este el pH del efluente inicial a ser tratado en un tiempo inicial de 0 min hasta un valor máximo de 8,36 al cabo de 30 min.

En la verificación del metodo el pH incrementa en el proceso de tratamiento de aguas residuales empleando una dosis de 10 ml de peróxido de hidrogeno desde un valor de 7,63, siendo este el pH del efluente inicial a ser tratado en un tiempo inicial de 0 min hasta un valor máximo de 8,20 al cabo de 30 min.

Empleando una dosis de 20 ml de peróxido de hidrogeno se observa que el pH incrementa desde un valor de 7,63, siendo este el pH del efluente inicial a ser tratado en un tiempo inicial de 0 min hasta un valor máximo de 8,48 al cabo de 30 min.

Empleando una dosis de 30 ml de peróxido de hidrogeno se observa que el pH incrementa desde un valor de 7,63, siendo este el pH del efluente inicial a ser tratado en un tiempo inicial de 0 min hasta un valor máximo de 8,53 al cabo de 30 min.

Tanto en la validación, como en la verificación del metodo se observa en las gráficas que el comportamiento del pH en el tiempo es similar en las dosis de 20 y 30 ml de peróxido de hidrogeno y muy diferente respecto del comportamiento empleando la dosis de 10 ml de peróxido de hidrogeno.

4.2. Parámetro analizado: DQO

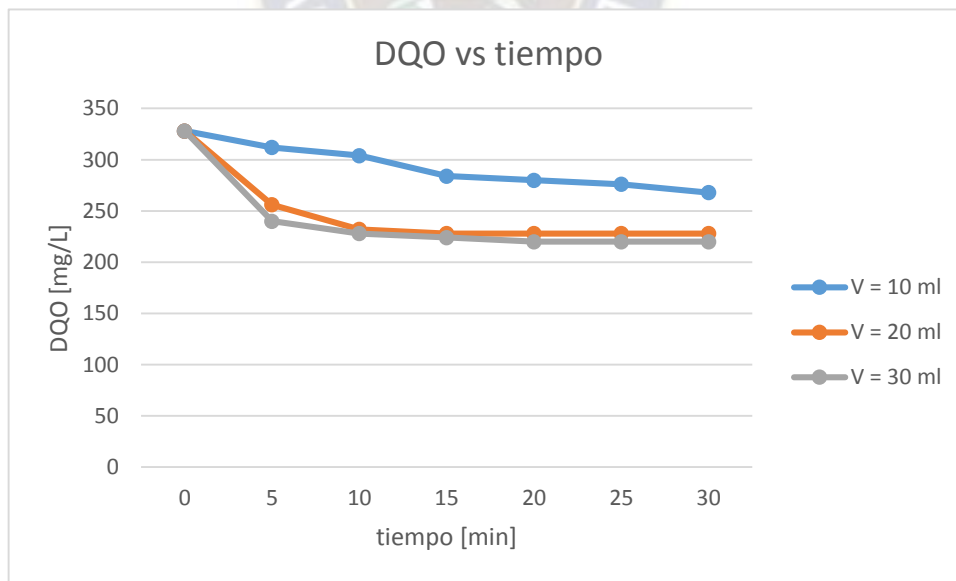
En la siguiente tabla se muestra el resultado obtenido del parámetro de DQO para las muestras tomadas a la salida del sistema DAF de la empresa Tusequis Ltda. y al finalizar el tratamiento de aguas con distintas dosis de peróxido de hidrogeno en distintos tiempos.

Tabla 8: Resultados de la validación del análisis de DQO

Nro muestra	tiempo [min]	$V_{H_2O_2} = 10 \text{ ml}$	$V_{H_2O_2} = 20 \text{ ml}$	$V_{H_2O_2} = 30 \text{ ml}$
		DQO [mg/L]	DQO [mg/L]	DQO [mg/L]
1	0	328	328	328
2	5	312	256	240
3	10	304	232	228
4	15	284	228	224
5	20	280	228	220
6	25	276	228	220
7	30	268	228	220

Fuente: Elaboración propia

Grafica 3: Validación del análisis DQO [mg/L] vs tiempo [min]



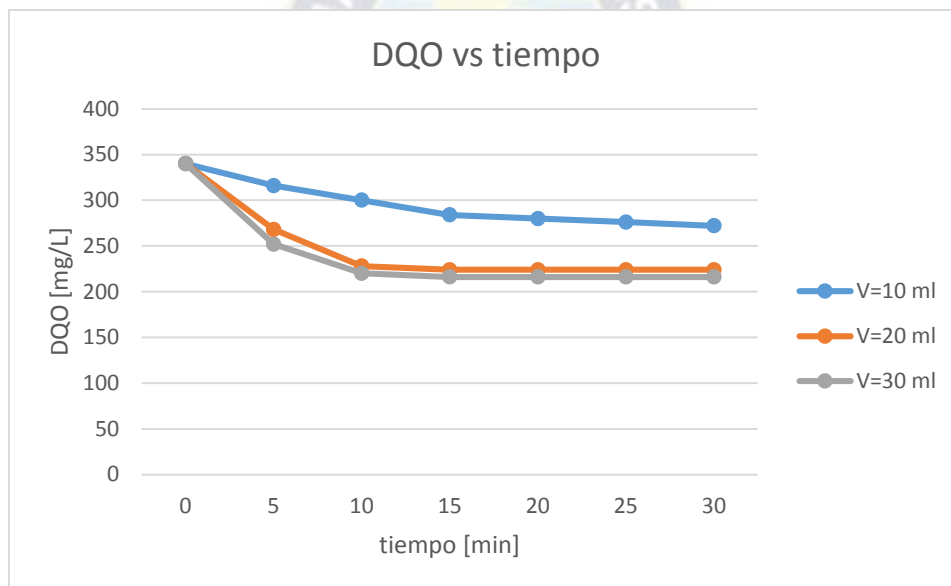
Fuente: Elaboración propia

Tabla 9: Resultados de la verificación del análisis de DQO

Nro muestra	tiempo [min]	$V_{H_2O_2} = 10 \text{ ml}$	$V_{H_2O_2} = 20 \text{ ml}$	$V_{H_2O_2} = 30 \text{ ml}$
		DQO [mg/L]	DQO [mg/L]	DQO [mg/L]
1	0	340	340	340
2	5	316	268	252
3	10	300	228	220
4	15	284	224	216
5	20	280	224	216
6	25	276	224	216
7	30	272	224	216

Fuente: Elaboración propia

Grafica 4: Verificación del análisis DQO [mg/L] vs tiempo [min]



Fuente: Elaboración propia

En las gráficas 3 y 4 se observa la reducción de DQO en función del tiempo en el proceso de tratamiento de aguas con distintas dosis de peróxido de hidrogeno.

En los resultados de la validación del metodo se observa que con una dosis de 10 ml de peróxido de hidrogeno el valor de DQO inicial de 328 mg/L en un tiempo igual a 0 min

El valor de DQO va disminuyendo en el transcurso del tiempo que dura el proceso hasta un valor de 268 mg/L en un tiempo de 30 min.

Utilizando una dosis de 20 ml de peróxido de hidrogeno el valor de DQO reduce hasta un valor de 232 mg/L en un tiempo de 10 min. A partir de los 15 min el valor de DQO reduce a un valor de 228 mg/L el cual se mantiene constante hasta el tiempo de 30 min.

Utilizando una dosis de 30 ml de peróxido de hidrogeno el valor de DQO reduce hasta un valor de 228 mg/L en un tiempo de 10 min. A partir de los 15 min el valor de DQO reduce a un valor de 224 mg/L, y a partir de los 20 min el valor de DQO se reduce a un valor de 220 mg/L el cual se mantiene constante hasta el tiempo de 30 min.

En los resultados de la verificación del metodo se observa que con una dosis de 10 ml de peróxido de hidrogeno el valor de DQO inicial de 340 mg/L en un tiempo igual a 0 min

El valor de DQO va disminuyendo en el transcurso del tiempo que dura el proceso hasta un valor de 272 mg/L en un tiempo de 30 min.

Utilizando una dosis de 20 ml, el valor de DQO reduce a un valor de 228 mg/L en un tiempo de 10 min. A partir de los 15 min el valor de DQO reduce a un valor de 224 mg/L, el cual se mantiene constante hasta los 30 min.

Utilizando una dosis de 30 ml, el valor de DQO reduce a un valor de 220 mg/L en un tiempo de 10 min. A partir de los 15 min el valor de DQO reduce a un valor de 216 mg/L, el cual se mantiene constante hasta los 30 min.

En los gráficos se puede observar un comportamiento similar en la disminución de DQO utilizando dosis de 20 ml y 30 ml de peróxido de hidrogeno tanto en la validación del metodo como en la verificación.

4.3. Parámetro analizado: DBO5

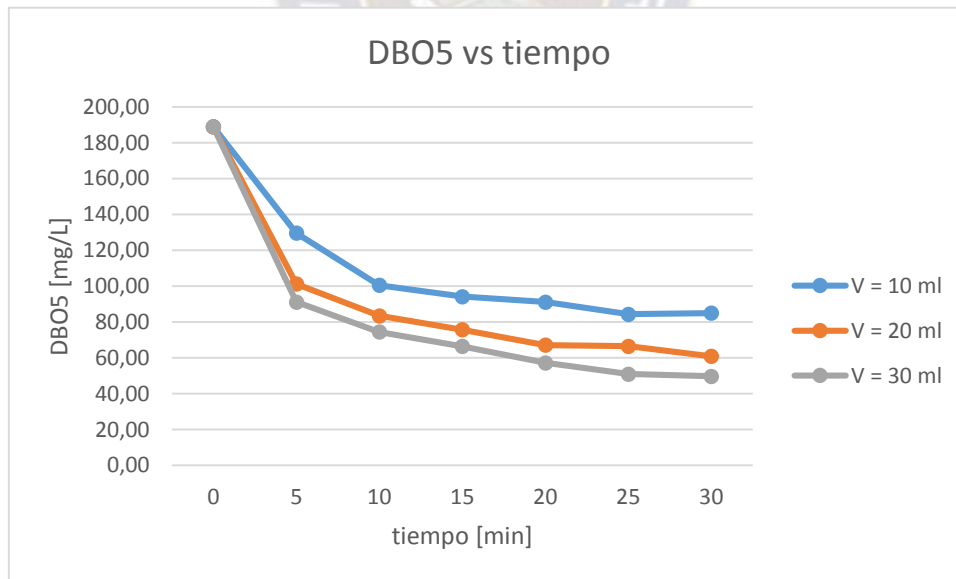
En la siguiente tabla se muestra el resultado obtenido del parámetro de DBO5 para las muestras tomadas a la salida del sistema DAF de la empresa Tusequis Ltda. y al finalizar el tratamiento de aguas con distintas dosis de peróxido de hidrogeno en distintos tiempos.

Tabla 10: Resultados de la validación del análisis de DBO5

Nro muestra	tiempo [min]	$V_{H_2O_2} = 10 \text{ ml}$	$V_{H_2O_2} = 20 \text{ ml}$	$V_{H_2O_2} = 30 \text{ ml}$
		DBO5 [mg/L]	DBO5 [mg/L]	DBO5 [mg/L]
1	0	188,79	188,79	188,79
2	5	129,59	101,17	91,10
3	10	100,48	83,42	74,40
4	15	94,12	75,71	66,41
5	20	91,10	67,16	57,26
6	25	84,39	66,53	50,96
7	30	76,43	60,87	49,69

Fuente: Elaboración propia

Grafica 5: Validación del análisis DBO5 [mg/L] vs tiempo [min]



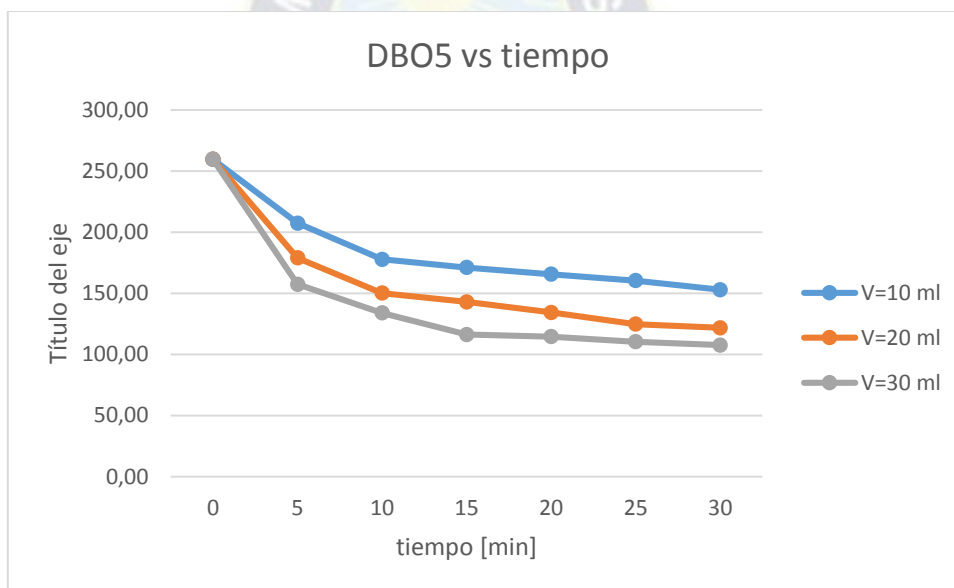
Fuente: Elaboración propia

Tabla 11: Resultados de la verificación del análisis de DBO5

Nro muestra	tiempo [min]	$V_{H_2O_2} = 10 \text{ ml}$	$V_{H_2O_2} = 20 \text{ ml}$	$V_{H_2O_2} = 30 \text{ ml}$
		DBO5 [mg/L]	DBO5 [mg/L]	DBO5 [mg/L]
1	0	259,59	259,59	259,59
2	5	207,34	178,99	157,35
3	10	177,78	150,16	133,93
4	15	171,12	143,01	116,22
5	20	165,63	134,31	114,52
6	25	160,34	124,74	110,40
7	30	152,87	121,74	107,66

Fuente: Elaboración propia

Grafica 6: Verificación del análisis DBO5 [mg/L] vs tiempo [min]



Fuente: Elaboración propia

En las gráficas 5 y 6 se observa la reducción de DBO5 en función del tiempo en el proceso de tratamiento de aguas con distintas dosis de peróxido de hidrogeno.

En los resultados de la validación del metodo de tratamiento de aguas residuales se tiene un efluente con un valor de DBO5 inicial de 188,79 mg/L en un tiempo de 0 min del tratamiento de aguas.

Utilizando una dosis de 10 ml de peróxido de hidrogeno el valor de DBO5 va disminuyendo hasta un valor de 100,48 mg/L en un tiempo de 10 min. Cuando se llega a un tiempo de 15 min el valor de DBO5 es de 94,12 mg/L, cuando se llega a un tiempo 20 min el valor de DBO5 es de 91,10 mg/L, cuando se llega a un tiempo de 25 min el valor de DBO5 es de 84,39 mg/L. El proceso continuo, pero a partir del tiempo de 10 min en adelante el valor de DBO5 va reduciendo en valores muy bajos y finalmente llega a un valor de 76,43 mg/L en un tiempo de 30 min.

Utilizando una dosis de 20 ml de peróxido de hidrogeno el valor de DBO5 reduce hasta un valor de 83,42 mg/L en un tiempo de 10 min. Posteriormente el valor de DBO5 reduce a un valor de 67,16 mg/L en un tiempo de 20 min y finalmente llega a un valor de 60,87 mg/L en un tiempo de 30 min.

Se puede observar que la mayor reducción de DBO5 utilizando una dosis de 20 ml de peróxido de hidrogeno se la puede lograr en un tiempo de 10 min reduciendo de un valor de 188,79 mg/L a 83,42 mg/L.

Utilizando una dosis de 30 ml de peróxido de hidrogeno el valor de DBO5 reduce hasta un valor de 74,40 mg/L en un tiempo de 10 min. Posteriormente el valor de DBO5 reduce a un valor de 57,26 mg/L en un tiempo de 20 min y finalmente llega a un valor de 49,69 mg/L en un tiempo de 30 min.

Se puede observar que la mayor reducción de DBO5 utilizando una dosis de 30 ml de peróxido de hidrogeno se la puede lograr en un tiempo de 10 min reduciendo de un valor de 188,79 mg/L a 74,40 mg/L.

En los resultados de la verificación del metodo de tratamiento de aguas residuales se tiene un efluente con un valor de DBO5 inicial de 259,59 mg/L en un tiempo de 0 min del tratamiento de aguas.

Utilizando una dosis de 10 ml de peróxido de hidrogeno el valor de DBO5 va disminuyendo hasta un valor de 177,78 mg/L en un tiempo de 10 min. Cuando se llega a un tiempo de 15 min el valor de DBO5 es de 171,12 mg/L, cuando se llega a un tiempo 20 min el valor de DBO5 es de 165,63 mg/L, cuando se llega a un tiempo de 25 min el valor de DBO5 es de 160,34 mg/L. El proceso continuo, pero a partir del tiempo de 10 min en adelante el valor de DBO5 va reduciendo en valores muy bajos y finalmente llega a un valor de 152,87 mg/L en un tiempo de 30 min.

Utilizando una dosis de 20 ml de peróxido de hidrogeno el valor de DBO5 reduce hasta un valor de 150,16 mg/L en un tiempo de 10 min. Posteriormente el valor de DQO5 reduce a un valor de 165,63 mg/L en un tiempo de 20 min y finalmente llega a un valor de 121,74 mg/L en un tiempo de 30 min.

Se puede observar que la mayor reducción de DBO5 utilizando una dosis de 20 ml de peróxido de hidrogeno se la puede lograr en un tiempo de 10 min reduciendo de un valor de 259,59 mg/L a 150,16 mg/L.

Utilizando una dosis de 30 ml de peróxido de hidrogeno el valor de DBO5 reduce hasta un valor de 133,93 mg/L en un tiempo de 10 min. Posteriormente el valor de DQO5 reduce a un valor de 114,52 mg/L en un tiempo de 20 min y finalmente llega a un valor de 107,66 mg/L en un tiempo de 30 min.

Se puede observar que la mayor reducción de DBO5 utilizando una dosis de 30 ml de peróxido de hidrogeno se la puede lograr en un tiempo de 10 min reduciendo de un valor de 188,79 mg/L a 74,40 mg/L.

4.4. Parámetro analizado: Solidos Suspendidos Totales

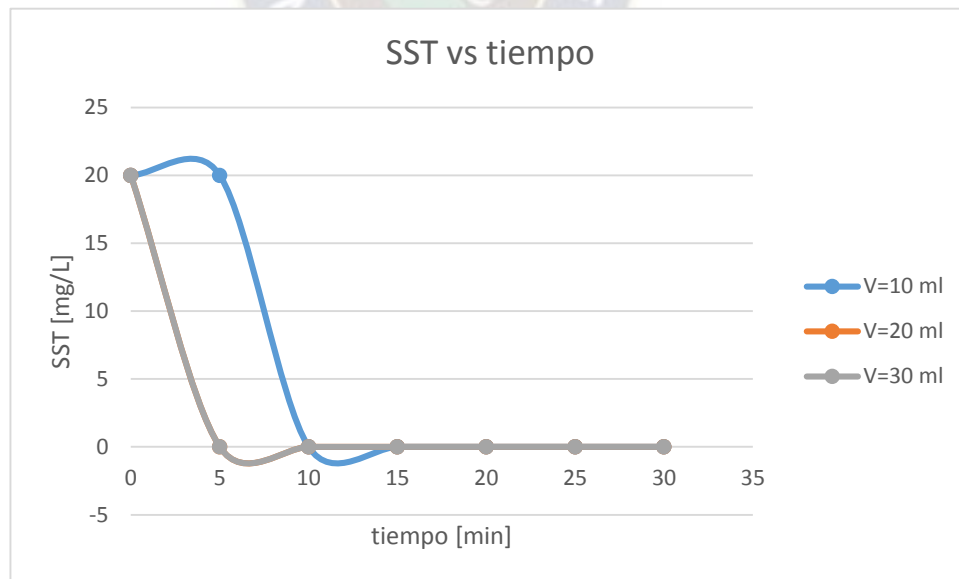
En la siguiente tabla se muestra el resultado obtenido del parámetro de SST para las muestras tomadas a la salida del sistema DAF de la empresa Tusequis Ltda. y al finalizar el tratamiento de aguas con distintas dosis de peróxido de hidrogeno en distintos tiempos.

Tabla 12: Resultados de la validación del análisis de SST

Nro muestra	tiempo [min]	$V_{H_2O_2} = 10 \text{ ml}$	$V_{H_2O_2} = 20 \text{ ml}$	$V_{H_2O_2} = 30 \text{ ml}$
		SST[mg/L]	SST[mg/L]	SST[mg/L]
1	0	20	20	20
2	5	20	0	0
3	10	0	0	0
4	15	0	0	0
5	20	0	0	0
6	25	0	0	0
7	30	0	0	0

Fuente: Elaboración propia

Grafico 7: Validación del análisis SST [mg/L] vs tiempo [min]



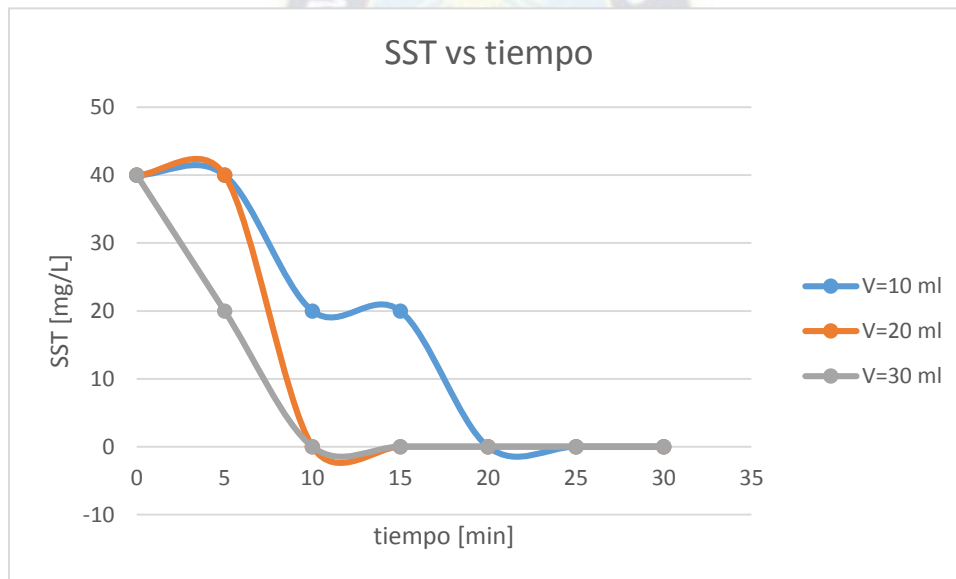
Fuente: Elaboración propia

Tabla 13: Resultados de la verificación del análisis de SST

Nro muestra	tiempo [min]	$V_{H_2O_2} = 10 \text{ ml}$	$V_{H_2O_2} = 20 \text{ ml}$	$V_{H_2O_2} = 30 \text{ ml}$
		SST[mg/L]	SST[mg/L]	SST[mg/L]
1	0	40	40	40
2	5	40	40	20
3	10	20	0	0
4	15	20	0	0
5	20	0	0	0
6	25	0	0	0
7	30	0	0	0

Fuente: Elaboración propia

Grafico 8: Verificación del análisis SST [mg/L] vs tiempo [min]



Fuente: Elaboración propia

En las gráficas 3 y 4 se observa la reducción de DQO en función del tiempo en el proceso de tratamiento de aguas con distintas dosis de peróxido de hidrogeno.

En los resultados de la validación del metodo de tratamiento de aguas residuales se tiene un efluente con un valor de SST inicial de 20 mg/L en un tiempo de 0 min del tratamiento de aguas.

Utilizando una dosis de 10 ml de peróxido de hidrogeno el valor de SST permanece constante con un valor de 20 mg/L en un tiempo de 5 min.

Cuando se llega a un tiempo de 10 min el valor de SST disminuye a un valor de 0 mg/L y a partir del tiempo de 10 min hasta el tiempo de 30 min, el valor de SST se mantiene constante con el valor de 0 mg/L.

Utilizando una dosis 20 ml de peróxido de hidrogeno el valor de SST disminuye a un valor de 0 mg/L en un tiempo de 5 min. A partir del tiempo de 5 min hasta el tiempo de 30 min el valor de SST se mantiene constante con un valor de 0 mg/L.

Utilizando una dosis de 30 ml de peróxido de hidrogeno el valor de SST disminuye a un valor de 0 mg/L en un tiempo de 5 min. A partir del tiempo de 5 min hasta el tiempo de 30 min el valor de SST se mantiene constante con un valor de 0 mg/L.

En los resultados de la verificación del metodo de tratamiento de aguas residuales se tiene un efluente con un valor de SST inicial de 40 mg/L en un tiempo de 0 min del tratamiento de aguas.

Utilizando una dosis de 10 ml de peróxido de hidrogeno el valor de SST disminuye a un valor de 20 mg/L hasta un tiempo de 10 min. A partir del tiempo de 20 min el valor de SST es de 0 mg/L el cual se mantiene constante hasta el tiempo de 30 min del proceso.

Utilizando una dosis 20 ml de peróxido de hidrogeno el valor de SST disminuye a un valor de 0 mg/L en un tiempo de 10 min y a partir de este tiempo del valor de SST se mantiene constante en el proceso.

Utilizando una dosis 30 ml de peróxido de hidrogeno el valor de SST disminuye a un valor de 20 mg/L en un tiempo de 5 min y a un valor de 0 mg/L en un tiempo de 10 min.

5. ANALISIS DE COSTOS

A continuación, se presenta el costo de los insumos, mano de obra, equipos y herramientas utilizados en el presente proyecto.

5.1. Costo Insumos

En el proyecto realizado se hicieron las siguientes pruebas:

Tabla 14: Volumen de Peróxido de Hidrogeno gastado

t[<i>min</i>]	$V_{H_2O_2} = 10 \text{ ml}$	t[<i>min</i>]	$V_{H_2O_2} = 20 \text{ ml}$	t[<i>min</i>]	$V_{H_2O_2} = 30 \text{ ml}$
5	10	5	20	5	30
10	10	10	20	10	30
15	10	15	20	15	30
20	10	20	20	20	30
25	10	25	20	25	30
30	10	30	20	30	30
Suma	60	Suma	120	Suma	180

Fuente: Elaboración Propia

El volumen de peróxido de hidrogeno gastado en la validación del método fue el siguiente:

$$V_{H_2O_2(\text{validacion})} = (60 + 120 + 180) \text{ ml}$$

$$V_{H_2O_2(\text{validación})} = 360 \text{ ml}$$

El volumen de peróxido de hidrogeno gastado en la verificación del método fue el mismo valor del volumen gastado en la verificación

$$V_{H_2O_2(\text{verificación})} = 360 \text{ ml}$$

El volumen total de peróxido de hidrogeno gastado en el Proyecto fue el siguientes:

$$V_{H_2O_2(\text{total})} = V_{H_2O_2(\text{validación})} + V_{H_2O_2(\text{verificación})}$$

$$V_{H_2O_2(total)} = (360 + 360) \text{ ml}$$

$$V_{H_2O_2(total)} = 720 \text{ ml}$$

Considerando que el costo de venta del peróxido de hidrogeno es el siguientes:

$$500 \text{ ml} = 80 \text{ Bs}$$

El costo total del peróxido de hidrogeno utilizado en el proyecto es el siguiente:

$$\text{Costo}_{H_2O_2} = 720 \text{ ml} \cdot \frac{80 \text{ Bs}}{500 \text{ ml}}$$

$$\text{Costo}_{H_2O_2} = 115,2 \text{ Bs}$$

Se realizaron 18 pruebas en la validación de método y 18 pruebas en la verificación del método con un total de 36 pruebas realizadas y 2 L en cada prueba.

Considerando que el precio del agua por cada 1000 L es de 2 Bs, el costo del agua residual utilizado en el proyecto es el siguiente:

$$\text{Costo}_{\text{Agua Residual}} = 36 \text{ pruebas} \cdot \frac{2 \text{ L}}{1 \text{ prueba}} \cdot \frac{2 \text{ Bs}}{1000 \text{ L}}$$

$$\text{Costo}_{\text{Agua Residual}} = 0,14 \text{ Bs}$$

5.2. Costo mano de obra

Con cada dosis de peróxido de hidrogeno se realizaron pruebas de 5, 10, 15, 20 ,25 y 30 min sumando un total de 105 min para una dosificación de 10 ml de peróxido de hidrógeno.

En el proyecto realizado se realizaron pruebas con dosis de 10, 20 y 30 ml, realizándose este procedimiento 2 veces con un total 6 dosificaciones.

Considerando el costo de un especialista en el uso del sistema de tratamiento de aguas residuales empleado en el proyecto de 20 Bs por 8 horas, el costo de mano de obra en el proyecto realizado es el siguiente:

$$Costo_{Mano\ de\ Obra} = 6\ dosificaciones \cdot \frac{105\ min}{1\ dosificación} \cdot \frac{1\ h}{60\ min} \cdot \frac{200\ Bs}{8\ h}$$

$$Costo_{Mano\ de\ Obra} = 262,5\ Bs$$

5.3. Costo herramientas y equipos

Los costos de herramientas y equipos utilizados en el presente proyecto se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 15: Costos herramientas y equipos

MATERIALES Y EQUIPOS	CANTIDAD	COSTO
Ozonizador de efecto corona	1	3500 Bs.
Agitador mecanico	1	5352 Bs.
Vaso de precipitado de 2 litros	1	200 Bs.
Soporte universal	1	220 Bs.
Pinza nuez tres dedos	1	220 Bs.
Pipeta de 10 ml	2	60 Bs.
Propipeta	1	50 Bs.
Vaso de precipitado de 100 ml	1	30 Bs.

Fuente: Elaboración propia

5.4. Analisis total de precios unitarios del proyecto

A continuación, se presenta el análisis total de precios unitarios del proyecto donde se incluye el IVA del 13%, costos generales y el costo de total del precio unitario para la aplicación del proyecto:

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

PROYECTO: ESTUDIO DE UN TRAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PROVENIENTES DE LA EMPRESA DE EMBUTIDOS TUSEQUIS LTDA. EMPLEANDO OZONO POR BURBUJEO COMBINADO CON PEROXIDO DE HIDROGENO

ITEM: SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

UNIDAD: 1

A.- INSUMOS					
ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	P. TOTAL
1	PEROXIDO DE HIDROGENO AL 50% V/V	ml	720 ml	0,16 Bs.	115,2 Bs.
2	AGUA RESIDUAL	L	72 L	0,002 Bs.	0,14 Bs.
TOTAL (A)					115,34 Bs.

B.- MANO DE OBRA					
ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	P. TOTAL
1	ESPECIALISTA DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	h	10,5 h	25 Bs.	262,5 Bs.
IVA 13% (B)				3,25 Bs.	34,13 Bs.
TOTAL (B)					Bs. 296,63

C.- HERRAMIENTAS					
ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	P. TOTAL
1	AGITADOR MECANICO	PIEZA	1	5352,00 Bs.	5352,00 Bs.
2	OZONIZADOR EFECTO CORONA	PIEZA	1	3500,00 Bs.	3500,00 Bs.
3	VASO DE PRECIPITADOS DE 2 LITROS	PIEZA	1	200,00 Bs.	200,00 Bs.
4	SOPORTE UNIVERSAL	PIEZA	1	220,00 Bs.	220,00 Bs.
5	PINZA NUEZ DE TRES DEDOS	PIEZA	1	220,00 Bs.	220,00 Bs.
6	PIPETA DE 10 ml	PIEZA	2	30,00 Bs.	60,00 Bs.
7	PROPIPETA	PIEZA	1	50,00 Bs.	50,00 Bs.
8	VASO DE PRECIPITADOS DE 100 ml	PIEZA	1	30,00 Bs.	30,00 Bs.
HERRAMIENTAS 5% (B)					14,83 Bs.
TOTAL (C)					9646,83 Bs.

D.- TOTAL A+B+C	10.058,80 Bs.
------------------------	----------------------

E.- GASTOS GENERALES 20% D	2.011,76 Bs.
-----------------------------------	---------------------

COSTO TOTAL PRECIO UNITARIO PARA APLICACION	12.070,56 Bs.
--	----------------------

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. CONCLUSIONES

Se realizó el proceso del tratamiento de aguas residuales utilizando el método de ozono y peróxido de hidrogeno combinados con un flujo de ozono constante de 5 mg/min, pero con diferentes dosis de peróxido de hidrogeno, donde el metodo utilizado es un metodo convencional el cual resulto ser eficaz reduciendo los parámetros del agua residual tratada como ser el DBO5, DQO y SST a excepción del pH cuyo valor aumento durante el proceso, mejorando la calidad del agua residual.

En las diferentes pruebas con distintas dosis de peróxido de hidrogeno se logra una reducción mayor en los primeros 10 minutos. Después del tiempo de 10 minutos se puede seguir reduciendo los parámetros del agua residual, pero en valores muy bajos.

Con estos resultados se concluye que el tiempo óptimo de contacto del efluente con el ozono y peróxido de hidrogeno combinados es de 10 minutos.

Debido a que la reducción de los parámetros del agua residual empleando dosis de 20 y 30 ml de peróxido de hidrogeno es muy similar, se concluye que la dosis óptima para el proceso es de 20 ml.

Durante el proceso de tratamiento de aguas residuales el pH aumento debido a la generación de radicales hidroxilos. En la validación del método el valor del pH aumento de un valor de 7,48 hasta un valor 8,08 y en la verificación de un valor de 7,63 hasta un valor de 8,12 en el tiempo de 10 min utilizando una dosis de 20 ml de peróxido de hidrogeno, donde el valor de pH obtenido en la validación y en la verificación del método después del proceso de tratamiento de aguas residuales logra estar entre los límites permisibles por EPSAS S.A. de 6 a 9.

Se logró reducir el parámetro de DBO5 en el proceso del tratamiento de aguas residuales en la validación del método de un valor de 188,79 mg/L hasta un valor 83,42 mg/L y en la verificación de un valor de 259,59 mg/L hasta un valor de 150,16 mg/L en el tiempo de 10 min utilizando una dosis de 20 ml de peróxido de hidrogeno, donde el valor de DBO5 obtenido en la validación y en la verificación del método después del proceso de tratamiento de aguas residuales logra estar por debajo del límite permisible por EPSAS S.A. de 250 mg/L.

Se logró reducir el parámetro de DQO en el proceso del tratamiento de aguas residuales en la validación del método de un valor de 328 mg/L hasta un valor 232 mg/L y en la verificación de un valor de 340 mg/L hasta un valor de 228 mg/L en el tiempo de 10 min utilizando una dosis de 20 ml de peróxido de hidrogeno, donde el valor de DQO obtenido en la validación y en la verificación del método después del proceso de tratamiento de aguas residuales no logra estar por debajo del límite permisible por EPSAS S.A. de 80 mg/L.

Se logró reducir el parámetro de SST en el proceso del tratamiento de aguas residuales en la validación del método de un valor de 20 mg/L hasta un valor 0 mg/L y en la verificación de un valor de 40 mg/L hasta un valor de 0 mg/L en el tiempo de 10 min utilizando una dosis de 20 ml de peróxido de hidrogeno, donde el valor de SST obtenido en la validación y en la verificación del método después del proceso de tratamiento de aguas residuales no logra estar por debajo del límite permisible por EPSAS S.A. de 60 mg/L.

Para poder determinar el valor óptimo de la agitación se realizaron pruebas variando la velocidad del eje giro del agitador, pero se concluye que el valor óptimo de agitación es 700 rpm logrando una mejor disolución del ozono en el efluente, además que sobrepasando este valor el efluente tiende a derramarse del recipiente donde es tratado.

Se realizó un análisis de costos del proyecto tomando en cuenta los insumos, mano de obra, equipos y herramientas necesarios para la aplicación del proyecto obteniendo un valor de 12.070,56 Bs.

6.2. RECOMENDACIONES

Se recomienda a nivel industrial y en el desarrollo del proyecto para la generación de ozono el método de efecto corona debido a que es un método muy estable y seguro a comparación del método de hidrólisis, el cual genera hidrógeno y oxígeno gaseoso los cuales son sustancias altamente inflamables, debido a esto a nivel industrial resulta ser un método peligroso.

A nivel industrial se recomienda tanques de acero inoxidable considerando que se tratará cantidad grande de agua residual y que el ozono no oxide el material de los tanques.

Para poder obtener mejores resultados con el método empleado se recomienda suministrar un mayor flujo de ozono para que el peróxido de hidrógeno en exceso pueda reaccionar y de esa manera se pueda reducir mucho más los parámetros de DBO5 y DQO.

7. BIBLIOGRAFIA

- agroment. (2020). *Agroment, 2020*. <https://www.agromeat.com/159040/el-tratamiento-de-aguas-residuales-de-la-industria-de-embutidos-carnicos>
- Alvestegui Montalvo, S. (2019). *Implementación de un sistema piloto de lombrifiltración para el tratamiento de aguas residuales de la empresa de embutidos*.
- Condorchem Envitech. (2015). *Tratamiento de las aguas residuales en la industria cárnica*. Condorchem Envitech. <https://condorchem.com/es/blog/tratamiento-aguas-residuales-industria-carnica/>
- Erazo Carvajal, D. A. (2014). *Diseño y construcción de un reactor UASB a escala laboratorio para el tratamiento de aguas residuales de la industria de embutidos carnicos*.
- Ferre Aracil, J. (2017). *Diseño de Reactores de Burbujeo para tratamiento de aguas residuales mediante ozono*.
- García Camacho, J. (2014). *Sistema de tratamiento para el agua residual de la industria de embutidos por procesos fisicoquímicos y biológicos*. <file:///C:/Users/HP/Downloads/Jorge%20Eduardo%20Garc%C3%ADa%20Camacho.pdf>
- IALIMENTOS. (2020). IALIMENTOS, 2020. *IA Alimentos*. <https://www.revistaialimentos.com/search/productos-carnicos/>
- IBCE. (2020). *IBCE. 2020*. IBCE. <https://www.ibce.org.bo/principales-noticias-bolivia/noticias-nacionales-detalle.php?id=75218&idPeriodico=5&fecha=2017-03-29>
- Ministerio de Salud y Deportes de Bolivia—Ministerio de Salud—Bolivia. (2018). <https://www.minsalud.gob.bo/>
- Muñoz, J. F., & Orta, M. T. (2012). *Efecto del ozono en la remoción de materia orgánica disuelta de un efluente secundario*. <file:///C:/Users/HP/Downloads/MOD%20con%20ozono.pdf>
- NB 64010. (2005). *Calidad del agua—Determinación de aceites y grasas en efluentes industriales—Método gravimétrico*. file:///C:/Users/HP/Downloads/NB-64010_2005-7.pdf

Rodriguez, T., Botelho, D., & Cleto, E. (2008). Tratamiento de efluentes industriales de naturaleza recalcitrante usando ozono, peróxido de hidrógeno y radiación ultravioleta. *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia*, 46, 24-38.

Yapu Clares, C. (2018). *Tratamiento de Aguas Residuales domesticas a traves de un biodigestor anaerobio en la comunidad de Altamarani del Municipio de San Buena Aventura*.

8. ANEXOS

ANEXO 1: Factura Costo de Manipuleo Agitador

DHL(BOLIVIA) S.R.L.
 CASA MATRIZ
 Av.Cristo Redentor Nro. 654 ZONA NORTE
 Tel. (591 3) 3159200 - Fax (591 3) 3413319
 SANTA CRUZ - BOLIVIA
 SUCURSAL-19
 Carretera Aeropuerto Viru Viru SN
 SFC

NIT: 1020449029
 Nº FACTURA: 1993
 Nº AUTORIZACION: 415401100029786

FACTURA

ORIGINAL

Actividades postales y de correo

Lugar y Fecha: 17/02/2021		FORMA DE PAGO: CONTADO			
Señor(es): CRUZ		NIT/CI: 9869586			
DESCRIPCION	AWB	ORIGEN	DESTINO	PESO	SUBTOTAL
MANIPULEO	9500972331		LPB	0.00	600.00
TOTAL Bs					600.00

Son: SEISCIENTOS 00/100...Bolivianos

Código de control: ED-19-69-65

Fecha límite de emisión: 26/02/2022





"ESTA FACTURA CONTRIBUYE AL DESARROLLO DEL PAIS. EL USO ILICITO DE ESTA SERA SANCIONADO DE ACUERDO A LA LEY"

Ley Nº 453: Tienes derecho a recibir información sobre las características y contenidos de los servicios que utilices.



Fuente: Aduana Nacional

ANEXO 2: Declaración de Mercancía de Importación del Agitador

Aduana Nacional <small>Tuercas La Aduana</small>		DECLARACIÓN DE MERCANCÍAS DE IMPORTACIÓN SIMPLIFICADA			DIMS <small>DI-2022-211-2051645 SERVICIO EXPRESO COURIER</small>	
					<small>Hoja: 1 / 1</small>	
A. Identificación de la Declaración						
A1. N° de Declaración DI-2022-211-2051645		A2. Fecha de aceptación 17/02/2022 14:23		A3. N° de referencia 8736529211		A4. Aduana de despacho 211 - AEROPUERTO EL ALTO
A5. Destino/Régimen aduanero SERVICIO EXPRESO COURIER		A6. Modalidad del régimen 9000-SERVICIO EXPRESO COURIER INGRESO		A7. N° de guía courier 8736529211		A8. N° de Parte de Recepción
B. Operador						
Tipo de documento		N° de documento		Nombre/Razón social		Domicilio
B1. Importador: CI		9869586		CRUZ ALBIS IAN DORTH		CATACORA, 45, 16 DE JULIO, EL ALTO, BOLIVIA, 69826263, NO
B2. Remitente:				HK CENTRAL BANER INDUSTRIAL LMT		UNIT A3 GF RONG LAI DASHANO 8-14 WI, NO
B3. Declarante: NIT		1020449029		DHL BOLIVIA S.R.L.		CRISTO REDENTOR, 654, NORTE, SANTA CRUZ DE LA SIERRA, BOLIVIA, 3159200, notificacionessuma@dhl.com NO
C. Lugares						
C1. País de última procedencia HONG KONG		C2. Departamento de destino LA PAZ		D1. Modalidad de transporte hasta la frontera TRANSPORTE AEREO		D2. Modalidad de transporte desde frontera TRANSPORTE AEREO
D. Transporte						
Liquidación total de tributos, exoneraciones u otros cargos (En Bs.)						
Tipo		Liquidación de tributos		Exoneración		Tributos determinados
GA		0		0		0
IVA		562		0		562
Sub Totales		562		0		562
						Uso de formulario digital
						100.8
						Total a pagar
						662.8
E. Datos totales de la guía courier						
E1. Cantidad de bultos 1.0		E2. Peso bruto (kg) 11.72		E3. Peso neto (kg) 11.72		E4. Valor FOB Total (USD) 235.0
E7. Flete (USD) 11.75		E8. Costo seguro (USD) 4.7		E9. Otros gastos (USD) 0		E10. Valor CIF aduana (USD) 251.45
						E11. Valor CIF aduana (BOB) 1750
						E5. Tipo de cambio (USD-BOB) 6.96
F. Información comercial y valores por ítem (Expresado en Dólares)						
F1. N° ítem 1		F2. Tratamiento especial		F3. Nombre comercial OTRO		F4. Subpartida arancelaria 8479899000
						Descripción arancelaria: - - Los demás
						F5. Unidad física UNIDAD (NUMERO DE UNIDADES)
						F6. Cantidad Física 1.0
F9. Descripción de la mercancía: AGITADOR						
Liquidación de tributos, exoneraciones u otros cargos del ítem (En bolivianos)						
Tipo		Base imponible		Alícuota		Liq. de tributos
GA		1751		0.0		0
IVA		1751		14.94		562
Subtotal del ítem		1751		14.94		562
						0
						562
F10. Unidad comercial NMB						
F10. Unidad comercial 1.0		F11. Cantidad comercial 235.0		F12. Precio unitario 1.0		F13. País de origen CHINA
F15. Tipo de embalaje CT		F16. Marcas en los bultos		F17. Peso neto (kg) 11.72		F18. Valor FOB ítem (USD) 235.0
						Descripción arancelaria:
						F5. Unidad física
						F6. Cantidad física
F9. Descripción de la mercancía						
Liquidación de tributos, exoneraciones u otros cargos del ítem (En bolivianos)						
Tipo		Base imponible		Alícuota		Liq. de tributos
						Exoneración
						Tributos determinados
Subtotal del ítem						
G. Documentos de la declaración						
G1. Documentos soporte						
N°		Tipo documento		Número		Emisor
1		Documentos para despacho courier		6736629211		DHL BOLIVIA S.R.L.
						Fecha emisión
						12/02/2022
						Fecha vencimiento
						Moneda
						ORIGINAL
						Estado del documento
H. Información adicional						
Actuaciones						
Declarante			Actuación aduanera		Código de seguimiento	
 Firmado por: RENÉ EDUARDO BARBA CRESPO						

Fuente: Aduana Nacional

ANEXO 3: Cálculos de DQO realizados en la validación del metodo

Nro muestra	tiempo [min]	$V_{H_2O_2} = 10 \text{ ml}$		$V_{H_2O_2} = 20 \text{ ml}$		$V_{H_2O_2} = 30 \text{ ml}$	
		V_{KMnO_4}	DQO [mg/L]	V_{KMnO_4}	DQO [mg/L]	V_{KMnO_4}	DQO [mg/L]
1	0	8,2	328	8,2	328	8,2	328
2	5	7,8	312	6,4	256	6	240
3	10	7,6	304	5,8	232	5,7	228
4	15	7,1	284	5,7	228	5,6	224
5	20	7	280	5,7	228	5,5	220
6	25	6,9	276	5,7	228	5,5	220
7	30	6,7	268	5,7	228	5,5	220

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 4: Cálculos de DQO realizados en la verificación del metodo

Nro muestra	tiempo [min]	$V_{H_2O_2} = 10 \text{ ml}$		$V_{H_2O_2} = 20 \text{ ml}$		$V_{H_2O_2} = 30 \text{ ml}$	
		V_{KMnO_4}	DQO [mg/L]	V_{KMnO_4}	DQO [mg/L]	V_{KMnO_4}	DQO [mg/L]
1	0	8,5	340	8,5	340	8,5	340
2	5	7,9	316	6,7	268	6,3	252
3	10	7,5	300	5,7	228	5,5	220
4	15	7,1	284	5,6	224	5,4	216
5	20	7	280	5,6	224	5,4	216
6	25	6,9	276	5,6	224	5,4	216
7	30	6,8	272	5,6	224	5,4	216

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 5: Cálculos de DBO5 realizados en la validación del metodo con $V_{H_2O_2} = 10\text{ ml}$

Nro muestra	tiempo [min]	Nro botella	Volumen botella	$V_{Na_2S_2O_3}$ (inicial)	$V_{Na_2S_2O_3}$ (final)	DBO5 [mg/L]
1	0	86	102,7	12,9	10,5	188,79
2	5	693	93,6	21	19,5	129,59
3	10	654	104,5	20,6	19,3	100,48
4	15	670	94,5	20	18,9	94,12
5	20	647	97,6	19,7	18,6	91,10
6	25	658	95,8	19,1	18,1	84,39
7	30	678	95,2	19	18,1	76,43

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 6: Cálculos de DBO5 realizados en la validación del metodo con $V_{H_2O_2} = 20\text{ ml}$

Nro muestra	tiempo [min]	Nro botella	Volumen botella	$V_{Na_2S_2O_3}$ (inicial)	$V_{Na_2S_2O_3}$ (final)	DBO5 [mg/L]
1	0	86	102,7	12,9	10,5	188,79
2	5	655	103,8	34,5	33,2	101,17
3	10	700	96,9	32,5	31,5	83,42
4	15	660	96,1	32,3	31,4	75,71
5	20	641	96,3	32,2	31,4	67,16
6	25	643	97,2	30,3	29,5	66,53
7	30	651	93	30	29,3	60,87

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 7: Cálculos de DBO5 realizados en la validación del metodo con $V_{H_2O_2} = 30\text{ ml}$

Nro muestra	tiempo [min]	Nro botella	Volumen botella	$V_{Na_2S_2O_3}$ (inicial)	$V_{Na_2S_2O_3}$ (final)	DBO5 [mg/L]
1	0	86	102,7	12,9	10,5	188,79
2	5	691	97,6	49,6	48,5	91,10
3	10	675	108,52	48,8	47,8	74,40
4	15	75	97,37	47,6	46,8	66,41
5	20	52	98,8	45	44,3	57,26
6	25	99	95,2	44,9	44,3	50,96
7	30	637	97,6	44,7	44,1	49,69

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 8: Cálculos de DBO5 realizados en la verificación del metodo con $V_{H_2O_2} = 10\text{ ml}$

Nro muestra	tiempo [min]	Nro botella	Volumen botella	$V_{Na_2S_2O_3}$ (inicial)	$V_{Na_2S_2O_3}$ (final)	DBO5 [mg/L]
1	0	86	102,7	13,9	10,6	259,59
2	5	693	93,6	22,8	20,4	207,34
3	10	654	104,5	22,5	20,2	177,78
4	15	670	94,5	22,4	20,4	171,12
5	20	647	97,6	22,4	20,4	165,63
6	25	658	95,8	22,2	20,3	160,34
7	30	678	95,2	22	20,2	152,87

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 9: Cálculos de DBO5 realizados en la verificación del metodo con $V_{H_2O_2} = 20\text{ ml}$

Nro muestra	tiempo [min]	Nro botella	Volumen botella	$V_{Na_2S_2O_3}$ (inicial)	$V_{Na_2S_2O_3}$ (final)	DBO5 [mg/L]
1	0	86	102,7	13,9	10,6	259,59
2	5	655	103,8	35,1	32,8	178,99
3	10	700	96,9	34,8	33	150,16
4	15	660	96,1	34,5	32,8	143,01
5	20	641	96,3	34,2	32,6	134,31
6	25	643	97,2	34,3	32,8	124,74
7	30	651	93	34,3	32,9	121,74

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 10: Cálculos de DBO5 realizados en la verificación del metodo con $V_{H_2O_2} = 30\text{ ml}$

Nro muestra	tiempo [min]	Nro botella	Volumen botella	$V_{Na_2S_2O_3}$ (inicial)	$V_{Na_2S_2O_3}$ (final)	DBO5 [mg/L]
1	0	86	102,7	13,9	10,6	259,59
2	5	691	97,6	48,9	47	157,35
3	10	675	108,52	48,8	47	133,93
4	15	75	97,37	47,6	46,2	116,22
5	20	52	98,8	47,4	46	114,52
6	25	99	95,2	47,2	45,9	110,40
7	30	637	97,6	47,2	45,9	107,66

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 11: Cálculos de SST realizados en la validación del metodo con $V_{H_2O_2} = 10\text{ ml}$

Nro muestra	tiempo [min]	$V_{muestra}$ [ml]	$m_{inicial}$ [g]	m_{final} [g]	$m_{solidos}$ [g]	SST[mg/L]
1	0	50	0,263	0,264	0,001	20
2	5	50	0,277	0,278	0,001	20
3	10	50	0,269	0,269	0	0
4	15	50	0,264	0,264	0	0
5	20	50	0,27	0,27	0	0
6	25	50	0,274	0,274	0	0
7	30	50	0,264	0,264	0	0

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 12: Cálculos de SST realizados en la validación del metodo con $V_{H_2O_2} = 20\text{ ml}$

Nro muestra	tiempo [min]	$V_{muestra}$ [ml]	$m_{inicial}$ [g]	m_{final} [g]	$m_{solidos}$ [g]	SST[mg/L]
1	0	50	0,263	0,264	0,001	20
2	5	50	0,254	0,254	0	0
3	10	50	0,26	0,26	0	0
4	15	50	0,26	0,26	0	0
5	20	50	0,267	0,267	0	0
6	25	50	0,274	0,274	0	0
7	30	50	0,267	0,267	0	0

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 13: Cálculos de SST realizados en la validación del metodo con $V_{H_2O_2} = 30\text{ ml}$

Nro muestra	tiempo [min]	$V_{muestra}$ [ml]	$m_{inicial}$ [g]	m_{final} [g]	$m_{solidos}$ [g]	SST[mg/L]
1	0	50	0,263	0,264	0,001	20
2	5	50	0,271	0,271	0	0
3	10	50	0,265	0,265	0	0
4	15	50	0,263	0,263	0	0
5	20	50	0,267	0,267	0	0
6	25	50	0,273	0,273	0	0
7	30	50	0,274	0,274	0	0

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 14: Cálculos de SST realizados en la verificación del metodo con $V_{H_2O_2} = 10\text{ ml}$

Nro muestra	tiempo [min]	$V_{muestra}$ [ml]	$m_{inicial}$ [g]	m_{final} [g]	$m_{solidos}$ [g]	SST[mg/L]
1	0	50	0,276	0,278	0,002	40
2	5	50	0,273	0,275	0,002	40
3	10	50	0,267	0,268	0,001	20
4	15	50	0,259	0,26	0,001	20
5	20	50	0,273	0,273	0	0
6	25	50	0,273	0,273	0	0
7	30	50	0,268	0,268	0	0

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 15: Cálculos de SST realizados en la verificación del metodo con $V_{H_2O_2} = 20 \text{ ml}$

Nro muestra	tiempo [min]	$V_{muestra}$ [ml]	$m_{inicial}$ [g]	m_{final} [g]	$m_{solidos}$ [g]	SST [mg/L]
1	0	50	0,276	0,278	0,002	40
2	5	50	0,271	0,273	0,002	40
3	10	50	0,261	0,261	0	0
4	15	50	0,278	0,278	0	0
5	20	50	0,274	0,274	0	0
6	25	50	0,258	0,258	0	0
7	30	50	0,269	0,269	0	0

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 16: Cálculos de SST realizados en la verificación del método con $V_{H_2O_2} = 30 \text{ ml}$

Nro muestra	tiempo [min]	$V_{muestra}$ [ml]	$m_{inicial}$ [g]	m_{final} [g]	$m_{solidos}$ [g]	SST [mg/L]
1	0	50	0,279	0,281	0,002	40
2	5	50	0,262	0,263	0,001	20
3	10	50	0,279	0,279	0	0
4	15	50	0,28	0,28	0	0
5	20	50	0,259	0,259	0	0
6	25	50	0,278	0,278	0	0
7	30	50	0,278	0,278	0	0

Fuente: Elaboración propia

CORREO: velasquez.9882614@gmail.com

CELULAR: 60606560



DIRECCIÓN DE DERECHO DE AUTOR
Y DERECHOS CONEXOS
RESOLUCIÓN ADMINISTRATIVA NRO. 1-726/2023
La Paz, 23 de Marzo del 2023

VISTOS:

La solicitud de Inscripción de Derecho de Autor presentada en fecha **21 de Marzo del 2023**, por **PABLO VELASQUEZ ROCHA** con C.I. N° **9882614 LP**, con número de trámite **DA 348/2023**, señala la pretensión de inscripción del Proyecto de Grado titulada: **"ESTUDIO DE UN TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PROVENIENTES DE LA EMPRESA DE EMBUTIDOS TUSEQUIS LTDA. EMPLEANDO OZONO POR BURBUJEO COMBINADO CON PEROXIDO DE HIDROGENO"**, cuyos datos y antecedentes se encuentran adjuntos y expresados en el Formulario de Declaración Jurada.

CONSIDERANDO

Que, en observación al Artículo 4° del Decreto Supremo N° 27938 modificado parcialmente por el Decreto Supremo N° 28152 el *"Servicio Nacional de Propiedad Intelectual SENAPI, administra en forma desconcentrada e integral el régimen de la Propiedad Intelectual en todos sus componentes, mediante una estricta observancia de los regímenes legales de la Propiedad Intelectual, de la vigilancia de su cumplimiento y de una efectiva protección de los derechos de exclusiva referidos a la propiedad industrial, al derecho de autor y derechos conexos; constituyéndose en la oficina nacional competente respecto de los tratados internacionales y acuerdos regionales suscritos y adheridos por el país, así como de las normas y regímenes comunes que en materia de Propiedad Intelectual se han adoptado en el marco del proceso andino de integración"*.

Que, el Artículo 16° del Decreto Supremo N° 27938 establece *"Como núcleo técnico y operativo del SENAPI funcionan las Direcciones Técnicas que son las encargadas de la evaluación y procesamiento de las solicitudes de derechos de propiedad intelectual, de conformidad a los distintos regímenes legales aplicables a cada área de gestión"*. En ese marco, la Dirección de Derecho de Autor y Derechos Conexos otorga registros con carácter declarativo sobre las obras del ingenio cualquiera que sea el género o forma de expresión, sin importar el mérito literario o artístico a través de la inscripción y la difusión, en cumplimiento a la Decisión 351 Régimen Común sobre Derecho de Autor y Derechos Conexos de la Comunidad Andina, Ley de Derecho de Autor N° 1322, Decreto Reglamentario N° 23907 y demás normativa vigente sobre la materia.

Que, la solicitud presentada cumple con: el Artículo 6° de la Ley N° 1322 de Derecho de Autor, el Artículo 26° inciso a) del Decreto Supremo N° 23907 Reglamento de la Ley de Derecho de Autor, y con el Artículo 4° de la Decisión 351 Régimen Común sobre Derecho de Autor y Derechos Conexos de la Comunidad Andina.

Que, de conformidad al Artículo 18° de la Ley N° 1322 de Derecho de Autor en concordancia con el Artículo 18° de la Decisión 351 Régimen Común sobre Derecho de Autor y Derechos Conexos de la Comunidad Andina, referentes a la duración de los Derechos Patrimoniales, los mismos establecen que: *"la duración de la protección concedida por la presente ley será para toda la vida del autor y por 50 años después de su muerte, a favor de sus herederos, legatarios y cesionarios"*.



Oficina Central - La Paz
Av. Montal, N° 916,
entre Cuz, Urugua y
J. Bustillo Alzamendi.
Telf.: 2209200 - 2209201
2209202 Fax: 2209200

Oficina - Santa Cruz
Av. Urugua, Calle
periferia (Cajamar),
N° 26, 500. Ascensor.
Telf.: 3099971 - 3099998

Oficina - Cochabamba
Calle Bolivia, N° 777,
entre V. de Julio y Antezana.
Telf.: 4000029 - 7000097

Oficina - El Alto
Av. Juan Pablo II, N° 9610
500. Multicentro O'Leary
500. Piso y, 01-01,
zona V. de Julio.
Telf.: 2900000 - 7000000

Oficina - Oruro
Calle Eloyes, N° 914
casi c/ra, Suroccidental,
zona Parque Bolívar.
Telf.: 7000000

Oficina - Tarija
Av. La Paz, entre
Calle San Trigo y Avenida
500. Santa Cruz, N° 200.
Telf.: 2000000

Oficina - Sucre
Calle 6 de Octubre,
N° 500, entre Apuquichu
y Junín, Sucre Central,
Of. 6, (ex Banco Pich).
Telf.: 4000000

Oficina - Potosí
Av. Villavieja entre calles
Monseñor Alba y San Alberto,
500. 800. Salinas N° 200,
Primer Piso, 01-01.

Que, se deja establecido en conformidad al Artículo 4º de la Ley Nº 1322 de Derecho de Autor, y Artículo 7º de la Decisión 351 Régimen Común sobre Derecho de Autor y Derechos Conexos de la Comunidad Andina que: *"...No son objeto de protección las ideas contenidas en las obras literarias, artísticas, o el contenido ideológico o técnico de las obras científicas ni su aprovechamiento industrial o comercial"*.

Que, el artículo 4, inciso e) de la ley 2341 de Procedimiento Administrativo, instituye que: *"... en la relación de los particulares con la Administración Pública, se presume el principio de buena fe. La confianza, la cooperación y la lealtad en la actuación de los servidores públicos y de los ciudadanos ..."*, por lo que se presume la buena fe de los administrados respecto a las solicitudes de registro y la declaración jurada respecto a la originalidad de la obra.

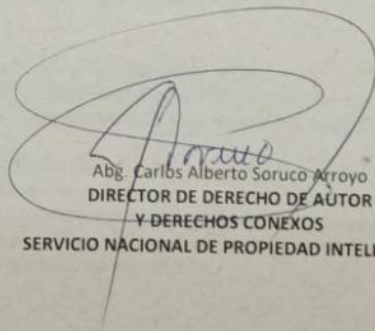
POR TANTO

El Director de Derecho de Autor y Derechos Conexos sin ingresar en mayores consideraciones de orden legal, en ejercicio de las atribuciones conferidas

RESUELVE:

INSCRIBIR en el Registro de Tesis, Proyectos de Grado, Monografías y Otras Similares de la Dirección de Derecho de Autor y Derechos Conexos, el Proyecto de Grado titulada: **"ESTUDIO DE UN TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PROVENIENTES DE LA EMPRESA DE EMBUTIDOS TUSEQUIS LTDA. EMPLEANDO OZONO POR BURBUJEJO COMBINADO CON PEROXIDO DE HIDROGENO"**, a favor del autor y titular: **PABLO VELASQUEZ ROCHA** con C.I. Nº **9882614 LP**, quedando amparado su derecho conforme a Ley, salvando el mejor derecho que terceras personas pudieren demostrar.

Regístrese, Comuníquese y Archívese.



Abg. Carlos Alberto Soruco Arroyo
**DIRECTOR DE DERECHO DE AUTOR
Y DERECHOS CONEXOS**
SERVICIO NACIONAL DE PROPIEDAD INTELECTUAL



CASA/Innova
C.C. Arch.



Oficina Central - La Paz
Av. Murillo, Nº 501,
entre 14a, 15a y 16a
C. Bolívar Miraflores
Telf.: 2200000 - 2200000
2200000 Fax: 2200000

Oficina - Santa Cruz
Av. Uruguay, Calle
prolongación Guzmán,
Nº 20, 500, Reconocimiento
Telf.: 3200000 - 3200000

Oficina - Cochabamba
Calle Bolivia, Nº 33,
entre 16 de Julio y Antezana
Telf.: 4400000 - 4400000

Oficina - El Alto
Av. Juan Pablo II, Nº 2000
500, Multiplaza El Centro
10a. Pta 2, Of. 58,
zona 16 de Julio
Telf.: 2400000 - 2400000

Oficina - Chuquiaguá
Calle Almirante, Nº 200
Calle 1ra. Esq. 1ra. Esq. Chuquiaguá,
zona Parque Bolivia,
Telf.: 2300000

Oficina - Tarija
Av. La Paz, entre
Calle Los Tigos y Avenida
500, Santa Clara, Nº 20,
Telf.: 2200000

Oficina - Oruro
Calle 6 de Octubre,
Nº 500, entre Apurícha
y Santa, Galería Central,
Of. 14, (Ex Banco Fie),
Telf.: 4200000

Oficina - Potosí
Av. Villalón entre calles
Bolívar y San Alberto,
500, 500, 500, Nº 20,
Primer Pto, Of. 11