



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**Ozono y cavitación hidrodinámica para disminución de la
carga orgánica y nitrogenada en aguas residuales de camal,
2020**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Ambiental**

AUTORES:

Cadenas Castro, Carlos Fabian (ORCID: 0000-0001-5272-4340)

Santos Padilla, Brenda Mercedes (ORCID: 0000-0002-2470-2328)

ASESOR:

Dr. Benites Alfaro, Elmer Gonzales (ORCID: 0000-0003-150 4-2089)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

LIMA – PERÚ

2020

DEDICATORIA

A Dios quien guio nuestros pasos para alcanzar nuestras metas. A nuestros padres, quienes han sido apoyo incondicional en nuestro desarrollo humano y profesional. A nuestros maestros que complementaron y guiaron esta etapa de nuestras vidas con sus enseñanzas y experiencias.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Privada César Vallejo por el conocimiento brindado en sus instalaciones a lo largo de nuestra carrera profesional. Al Ing. Carlos Gamarra, Dr. Benites y Dr. Castañeda por asesorarnos y guiarnos para la culminación de la tesis.

Índice de contenidos

Carátula.....	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos.....	iv
Índice de tablas	v
Índice de gráficos y figuras.....	ix
Resumen	xi
Abstract	xii
I. INTRODUCCIÓN	1
I. MARCO TEÓRICO	4
II. METODOLOGÍA	12
3.1 Tipo y diseño de investigación	12
3.2 Variables y operacionalización	12
3.3 Población, muestra y muestreo	12
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	13
3.5 Procedimientos.....	14
3.6 Método de análisis de datos.....	23
3.7 Aspectos éticos	23
III. RESULTADOS	24
IV. DISCUSIÓN	77
V. CONCLUSIONES	81
VI. RECOMENDACIONES	83
REFERENCIAS	84
ANEXOS:	90

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Códigos de etiquetado y estaciones de muestreo	15
Tabla 2. Parámetros de control para el proceso de cavitación hidrodinámica con sistema de enfriamiento	24
Tabla 3. Parámetros de control del proceso de cavitación hidrodinámica sin sistema de enfriamiento.	25
Tabla 4. Parámetros de control del proceso de ozonización.	26
Tabla 5. Parámetros de control del proceso de cavitación hidrodinámica con ozonización.	27
Tabla 6. Análisis de parámetros antes y después del tratamiento con ozono, cavitación hidrodinámica y combinación de ozono más cavitación hidrodinámica.	28
Tabla 7. Porcentajes de reducción y aumento de muestras de agua.	47
Tabla 8. Normalidad de DBO en cavitación hidrodinámica con enfriamiento ...	52
Tabla 9. Prueba T de student DBO en cavitación hidrodinámica con enfriamiento.	52
Tabla 10. Normalidad de DQO en cavitación hidrodinámica con enfriamiento.	53
Tabla 11. Prueba T de student DQO en cavitación hidrodinámica con enfriamiento.	53
Tabla 12. Normalidad de los SST en cavitación hidrodinámica con enfriamiento	54
Tabla 13. Prueba T de student SST en cavitación hidrodinámica con enfriamiento.	54
Tabla 14. Normalidad de los STD en cavitación hidrodinámica con enfriamiento	54
Tabla 15. Prueba T de student STD en cavitación hidrodinámica con enfriamiento.	55
Tabla 16. Normalidad del NH ₄ -N en cavitación hidrodinámica con enfriamiento	55
Tabla 17. Prueba T de student NH ₄ -N en cavitación hidrodinámica con enfriamiento.	56
Tabla 18. Normalidad para el pH en cavitación hidrodinámica con enfriamiento	56

Tabla 19. Prueba T de student para pH en cavitación hidrodinámica con enfriamiento.....	57
Tabla 20. Normalidad de T°C en cavitación hidrodinámica con enfriamiento...	57
Tabla 21. Prueba T de student para T°C en cavitación hidrodinámica con enfriamiento.....	58
Tabla 22. Normalidad de la DBO en cavitación hidrodinámica sin enfriamiento	58
Tabla 23. Prueba T de student de DBO en cavitación hidrodinámica sin enfriamiento.....	59
Tabla 24. Normalidad para la DQO en cavitación hidrodinámica sin enfriamiento	59
Tabla 25. Prueba T de student DQO en cavitación hidrodinámica sin enfriamiento.....	60
Tabla 26. Normalidad para los SST en cavitación hidrodinámica sin enfriamiento.....	60
Tabla 27. Prueba T de student SST en cavitación hidrodinámica sin enfriamiento.....	61
Tabla 28. Normalidad de los STD en cavitación hidrodinámica sin enfriamiento	61
Tabla 29. Prueba T de student STD en cavitación hidrodinámica sin enfriamiento.....	61
Tabla 30. Normalidad del NH ₄ -N en cavitación hidrodinámica sin enfriamiento	62
Tabla 31. Prueba T de student NH ₄ -N en cavitación hidrodinámica sin enfriamiento.....	62
Tabla 32. Normalidad del pH en cavitación hidrodinámica sin enfriamiento.....	63
Tabla 33. Prueba T de student pH en cavitación hidrodinámica sin enfriamiento	63
Tabla 34. Normalidad para la T°C en cavitación hidrodinámica sin enfriamiento	63
Tabla 35. Prueba T de student T°C en cavitación hidrodinámica sin enfriamiento.....	64
Tabla 36. Normalidad de la DBO en ozonización	64
Tabla 37. Prueba T de student DBO en ozonización	65
Tabla 38. Normalidad para la DQO en ozonización	65

Tabla 39. Prueba T de student DQO en ozonización	65
Tabla 40. Normalidad para los SST en ozonización.....	66
Tabla 41. Prueba T de student SST en ozonización	66
Tabla 42. Normalidad para los STD en ozonización	67
Tabla 43. Prueba T de student STD en ozonización	67
Tabla 44. Normalidad para NH ₄ -N en ozonización	67
Tabla 45. Prueba T de student NH ₄ -N en ozonización.....	68
Tabla 46. Normalidad para el pH en ozonización	68
Tabla 47. Prueba T de student pH en ozonización.....	69
Tabla 48. Normalidad para la T°C en ozonización	69
Tabla 49. Prueba T de student T°C en ozonización	69
Tabla 50. Normalidad para la DBO en cavitación hidrodinámica en combinación con ozonización.....	70
Tabla 51. Prueba T de student DBO en cavitación hidrodinámica en combinación con ozonización.....	70
Tabla 52. Normalidad para la DQO en cavitación hidrodinámica en combinación con ozonización.....	71
Tabla 53. Prueba T de student DQO en cavitación hidrodinámica en combinación con ozonización.....	71
Tabla 54. Normalidad de los SST en cavitación hidrodinámica en combinación con ozonización.....	71
Tabla 55. Prueba T de student SST en cavitación hidrodinámica en combinación con ozonización.....	72
Tabla 56. Normalidad de los STD en cavitación hidrodinámica en combinación con ozonización.....	72
Tabla 57. Prueba T de student STD en cavitación hidrodinámica en combinación con ozonización.....	73
Tabla 58. Normalidad para el NH ₄ -N en cavitación hidrodinámica en combinación con ozonización.....	73
Tabla 59. Prueba T de student NH ₄ -N en cavitación hidrodinámica en combinación con ozonización.....	74
Tabla 60. Normalidad para el pH en cavitación hidrodinámica en combinación con ozonización.....	74

Tabla 61. Prueba T de student pH en cavitación hidrodinámica en combinación con ozonización.....	75
Tabla 62. Normalidad para la T°C en cavitación hidrodinámica en combinación con ozonización.....	75
Tabla 63. Prueba T de student T°C en cavitación hidrodinámica en combinación con ozonización.....	75

ÍNDICE DE GRÁFICOS Y FIGURAS

Figura 1. Recolección del agua residual de camal	14
Figura 2. Caracterización de la muestra y etiquetado	15
Figura 3. Proceso de cavitación hidrodinámica	16
Figura 4. Diagrama del proceso de cavitación hidrodinámica	17
Figura 5. Equipo de cavitación hidrodinámica	18
Figura 6. Diagrama del proceso de ozonización	19
Figura 7. Equipo de ozonización	20
Figura 8. Diagrama del proceso en combinación de cavitación hidrodinámica y ozonización	21
Figura 9. Proceso en combinación de cavitación hidrodinámica y ozonización	22
Figura 10. Preservación de la muestra.....	23
Figura 11. Resultados reducción de DBO con cavitación hidrodinámica con enfriamiento.....	29
Figura 12. Resultados reducción de DQO con cavitación hidrodinámica con enfriamiento.....	29
Figura 13. Resultados reducción de SST con cavitación hidrodinámica con enfriamiento.....	30
Figura 14. Resultados reducción de STD con cavitación hidrodinámica con enfriamiento.....	31
Figura 15. Resultados reducción de NH ₄ -N con cavitación hidrodinámica con enfriamiento.....	31
Figura 16. Resultados reducción de pH con cavitación hidrodinámica con enfriamiento.....	32
Figura 17. Resultados reducción de T°C con cavitación hidrodinámica con enfriamiento.....	33
Figura 18. Resultados reducción de DBO con cavitación hidrodinámica sin enfriamiento.....	33
Figura 19. Resultados reducción de DQO con cavitación hidrodinámica sin enfriamiento.....	34
Figura 20. Resultados reducción de SST con cavitación hidrodinámica sin enfriamiento.....	35

Figura 21. Resultados reducción de STD con cavitación hidrodinámica sin enfriamiento.....	35
Figura 22. Resultados reducción de NH ₄ -N con cavitación hidrodinámica sin enfriamiento.....	36
Figura 23. Resultados reducción de pH con cavitación hidrodinámica sin enfriamiento.....	37
Figura 24. Resultados reducción de T°C con cavitación hidrodinámica sin enfriamiento.....	37
Figura 25. Resultados reducción de DBO con ozono.....	38
Figura 26. Resultados reducción de DQO con ozono	39
Figura 27. Resultados reducción de SST con ozono	39
Figura 28. Resultados reducción de STD con ozono	40
Figura 29. Resultados reducción de NH ₄ -N con ozono	40
Figura 30. Resultados reducción de pH con ozono	41
Figura 31. Resultados reducción de T°C con ozono	42
Figura 32. Resultados reducción de DBO con cavitación hidrodinámica en combinación con ozonización.....	42
Figura 33. Resultados reducción de DQO con cavitación hidrodinámica en combinación con ozonización.....	43
Figura 34. Resultados reducción de SST con cavitación hidrodinámica en combinación con ozonización.....	44
Figura 35. Resultados reducción de STD con cavitación hidrodinámica en combinación con ozonización.....	44
Figura 36. Resultados reducción de NH ₄ -N con cavitación hidrodinámica en combinación con ozonización.....	45
Figura 37. . Resultados reducción de pH con cavitación hidrodinámica en combinación con ozonización.....	46
Figura 38. Resultados reducción de T°C con cavitación hidrodinámica en combinación con ozonización.....	46
Figura 39. Resultado de muestra de agua después y antes del proceso combinado.....	51

RESUMEN

A lo largo de los años diversos autores han implementado tecnologías para reducir los contaminantes de aguas residuales, como en el caso de la cavitación hidrodinámica, un fenómeno fisicoquímico de formación de microburbujas de vapor que ocurre mediante la variación de presiones con la finalidad de degradar contaminantes. La presente investigación se plantea como objetivo disminuir la concentración de carga orgánica y nitrogenada en aguas residuales de camal mediante el tratamiento con ozono y cavitación hidrodinámica. Teniendo como metodología los tratamientos de cavitación hidrodinámica con sistema de enfriamiento y sin sistema de enfriamiento; ozono y cavitación hidrodinámica en combinación con ozonización. Se realizó tres repeticiones para cada tratamiento y se tomó muestras iniciales y finales para comprobar la disminución de DBO, DQO, SST, STD y $\text{NH}_4\text{-N}$. Se obtuvo como resultado que el tratamiento con mayor porcentaje de reducción fue el de cavitación hidrodinámica en combinación con ozonización teniendo para DBO una reducción de 42.19%, DQO de 61.17%, SST de 50.01%, STD de 4.88% y $\text{NH}_4\text{-N}$ de 3.49%. En conclusión, los tratamientos con ozono y cavitación hidrodinámica logran un mejor resultado si se realizan en conjunto para disminuir carga orgánica y nitrogenada de efluentes de camal.

Palabras clave: Cavitación hidrodinámica, Ozono, Degradación, Aguas residuales.

ABSTRACT

Over the years, several authors have implemented technologies to reduce wastewater pollutants, such as hydrodynamic cavitation, a physio-chemical phenomenon of formation of vapors microbubbles that occurs by varying pressures to degrade contaminants. The aim of this research is to reduce the concentration of organic and nitrogenous load in slaughterhouse wastewater by treating it with ozone and hydrodynamic cavitation. Having as methodology hydrodynamic cavitation treatments with cooling system and without cooling system; ozone and hydrodynamic cavitation in combination with ozonation. Three repetitions were performed for each treatment and initial and final samples were taken to check for decreased BOD, COD, TSS, STD and NH₄-N. As a result, the treatment with the highest percentage of reduction was hydrodynamic cavitation in combination with ozonation, with a reduction of 42.19% for BOD, COD of 61.17%, SST of 50.01%, STD of 4.88% and NH₄-N of 3.49%. In conclusion, treatments with ozone and hydrodynamic cavitation achieve a better result if they are done together to reduce organic and nitrogenous load of slaughterhouse effluents.

Keywords: Hydrodynamic cavitation, Ozone, Degradation, Wastewater.

I. INTRODUCCIÓN

La degradación de la calidad del agua es un problema que afecta de manera significativa al ser humano y al ambiente, ya que es utilizada en la producción de diversos productos de consumo e higiene personal. La UNESCO (2017) comunica que en todo el mundo, más del 80% de las aguas residuales generadas por la sociedad son devueltas al ecosistema sin un previo tratamiento o reutilización. Además, las aguas residuales y su carga global están en aumento. Este es un panorama preocupante por el continuo incremento de la contaminación de los cuerpos de agua debido el vertimiento de aguas residuales. El IANAS (2018) , indica que entre las principales fuentes de contaminación de agua está, la contaminación por nutrientes y de materia orgánica que son consideradas como unos de los problemas ambientales más complejos y extendidos que se producen debido al vertimiento de aguas contaminadas de diversos procesos industriales o domésticos. Chuquimboques et al. (2019) expresa que una de las causas de la contaminación del agua en el Perú se da por derivados del nitrógeno y fósforo ya que han aumentado en los últimos años, debido a un inadecuado tratamiento en la eliminación y ausencia de instrumentos que posibiliten minimizar los efectos de las aguas residuales las cuales llevan consigo estos tipos de contaminantes a los cuerpos de aguas. Así mismo, ANA (2016), da a conocer que, solo el 60% de la población peruana, viven en la costa, de los cuales solo el 2,2% tiene acceso a toda el agua potable que se produce en el país.

López Tarabochia (2018), refiere que el Perú es un país vulnerable debido al déficit de agua, sobre todo en la costa. Castillo, Salas y Alcantara (2018), mencionan, que a esta problemática se suma la contaminación presentada en el río Rímac por materia orgánica con un 9,50 mg/L, de nitratos de 4,07 mg/L. Por estos motivos, se presenta como alternativa de solución a estas problemáticas, los tratamientos mediante cavitación hidrodinámica y ozono para disminuir las concentraciones de carga orgánica y nitrogenada en aguas residuales de camal, ya que muchas veces los efluentes son vertidos sin ningún tratamiento previo, contaminando los cuerpos de agua generando perjuicios en el ambiente y en la población limeña.

Según la problemática ambiental anteriormente mencionada se planteó como problema general: ¿De qué manera el ozono y la cavitación hidrodinámica influye en la disminución de carga orgánica y nitrogenada en aguas residuales de camal?, y como problemas específicos: ¿Cómo influye el tratamiento con cavitación hidrodinámica en la disminución de la carga orgánica y nitrogenada en aguas residuales de camal? ; ¿Cómo influye el tratamiento con ozono en la disminución de la carga orgánica y nitrogenada en aguas residuales de camal? ; ¿Cómo influye el tratamiento de cavitación hidrodinámica en combinación con ozonización en la disminución de la carga orgánica y nitrogenada en aguas residuales de camal?

Se justificó de manera ambiental, al ser una propuesta para mejorar la calidad del efluente salido de un camal, disminuyendo la carga orgánica y nitrogenada para evitar el problema global de la eutrofización, porque al tener una gran cantidad de estos nutrientes en los cuerpos de agua se proliferan una serie de especies de algas provocando el aumento progresivo de plantas verdes sobre la superficie del agua, impidiendo el paso de los rayos solares que son necesarios para la fotosíntesis; a causa de ello, se generan microorganismos que consumen el oxígeno que necesitan las especies acuáticas para vivir. Del mismo modo, se justificó de manera social porque al disminuir la carga orgánica y nitrogenada evita la eutrofización un problema que afecta de manera secuencial a la población debido a que muchas de las algas que aparecen son tóxicas, o la presencia de microorganismos patógenos puede causar enfermedades. Además de ello, la cavitación hidrodinámica al ser un proceso físico y usar tecnologías limpias no permite la creación de subproductos químicos dañinos como en otros tratamientos, es así que no se consiguen reaccionar los contaminantes produciendo otros más tóxicos o que sean liberados al alcantarillado como es el caso de la formación de amoníaco o ion amonio que es peligrosa para la salud. Se justificó de manera económica porque es una alternativa de tratamiento de aguas mucho menos costosa a comparación de otros tratamientos con POAs (Procesos de Oxidación Avanzada), también tiene un bajo nivel de mantenimiento, reduciendo los costos energéticos de las industrias en las que se podría implementar.

Adicionalmente respondiendo a las preguntas de investigación se formuló como objetivo general: Disminuir la concentración de carga orgánica y nitrogenada en agua residual de camal mediante el tratamiento con ozono y cavitación hidrodinámica. Los objetivos específicos son: Determinar la degradación de la carga orgánica y nitrogenada mediante cavitación hidrodinámica en aguas residuales de camal; determinar la disminución de la carga orgánica y nitrogenada mediante el tratamiento con ozono en aguas residuales de camal y determinar la disminución de la carga orgánica y nitrogenada mediante el tratamiento de cavitación hidrodinámica en combinación con ozonización en aguas residuales de camal.

Teniendo como hipótesis general: Es posible disminuir la concentración de carga orgánica y nitrogenada en aguas residuales mediante el tratamiento con ozono y cavitación hidrodinámica, Gogate y Patil (2014) menciona que la degradación completa de contaminantes orgánicos se logra mediante la combinación de cavitación hidrodinámica y ozonización. Y como hipótesis específica; La cavitación hidrodinámica es una técnica eficaz para la degradación de la carga orgánica y nitrogenada de aguas residuales de camal, como menciona Dulara (2015) que la cavitación hidrodinámica puede manifestarse de muchas formas diferentes o tener diferentes mecanismos de eliminación para eliminar diferentes tipos de contaminantes; como segunda hipótesis específica; el ozono es una técnica eficaz para disminuir la carga orgánica y nitrogenada de aguas residuales de camal, Jajjali (2018) menciona que la aplicación de ozono como tratamiento final es útil para proporcionar un rendimiento de oxidación perfecta de la materia orgánica ; y como tercera hipótesis específica; la cavitación hidrodinámica en combinación con ozonización es una técnica eficaz para disminuir la carga orgánica y nitrogenada de aguas residuales de camal, como menciona Zuriaga (2017) que el efecto sinérgico de los tratamientos con cavitación hidrodinámica y oxidación de ozono permite acelerar la etapa de hidrólisis debido a que aumenta la degradación de los microcontaminantes.

I. MARCO TEÓRICO

Gutiérrez , Arias y Cardona (2019), definen la **cavitación** como un fenómeno de formación, crecimiento e implosión de microburbujas de vapor, también llamadas cavidades, dentro de un fluido líquido. Este colapso de burbujas libera un porcentaje alto de energía en un corto intervalo de tiempo. Esto conlleva al aumento de temperatura y presión local dentro del sistema, favoreciendo a la transformación de distintas matrices de interés. Por otra parte Rajoriya, Carpenter y Saharan (2015), dan a conocer que la **cavitación hidrodinámica** se genera debido al movimiento del líquido dentro de un tubo Venturi. Donde el fluido al pasar entre las geometrías produce que la velocidad cinética aumente. La presión de la vena contracta desciende o equivale a la presión de vapor del fluido, haciendo así que este se vaporice, generándose cavidades vaporosas las cuales colapsan. Esto produce la generación de puntos calientes, donde se liberan radicales altamente reactivos por la descomposición térmica de las moléculas y al incremento de las tasas de transferencia de masa. A lo anteriormente mencionado también se le puede explicar de mejor manera a través del principio de Bernoulli, que se muestra en la Ecuación 1, en donde se confirma que la energía de una sustancia se conserva en condiciones de fluido ideal. En esta expresión se considera como la suma de los factores de energía cinética, presión y energía potencial gravitatoria las cuales dan como resultado la constante de Bernoulli.

$$\frac{1}{2} \rho U^2 + P + \rho gh = cte \quad (1)$$

Según Zabala (2014) indica que esta expresión se puede entender de tal manera cuando el Venturi es horizontal, donde un fluido aumenta su velocidad su presión se ve obligada a disminuir para conservar la constante, esto conlleva que la presión se reduzca dando pase a la vaporización local del fluido. Para esto se dispone de utilizar de un tubo Venturi.

Por lo mencionado Dong, Zhang y Yao (2019) estudiaron los efectos de los elementos hidráulicos de la cavitación hidrodinámica por tubo Venturi en la degradación de contaminante hidrofóbico refractario, y una longitud óptima de la garganta correspondiente a la tasa de degradación máxima obtenida. Los resultados fueron, que la tasa de degradación del contaminante hidrofóbico incrementó al aumentar la velocidad de flujo de la garganta; la tasa de la

degradación del contaminante hidrofílico mediante la cavitación hidrodinámica por las múltiples placas triangulares aumentó con respecto a la velocidad del orificio. Así mismo, Burzio et al. (2020) identificaron los parámetros no dimensionales que controlan la desinfección en reactores de cavitación hidrodinámica clásicos tales como placas de orificio, además de proporcionar una evaluación crítica destacando los principales resultados y brechas. Los principales resultados fueron, que la eficacia de la desinfección de las placas de orificio aumenta al disminuir el número de cavitación. Concluyeron que, la cavitación hidrodinámica es una técnica muy prometedora y flexible que se puede complementar con otros métodos.

La cavitación hidrodinámica se adiciona con otros métodos para degradar diversos tipos de contaminantes como menciona el estudio de Karamah y Nurcahyani (2019) ya que investigaron la degradación de 100 ppm de Blue KN-R utilizando ozonización, cavitación hidrodinámica y la combinación de ambos métodos durante 60 min. Los principales resultados de decoloración más altos para ozonización fueron de 70.16%, mientras para cavitación hidrodinámica fueron de 79.39%, por otra parte, la combinación de ambos métodos tuvo un resultado de 92.63%. Concluyeron, que la combinación de ambos métodos dio el efecto sinérgico en comparación a los métodos individuales.

Diferentes autores lograron eliminar la biomasa cianobacteriana, y bacteriana durante el pretratamiento del agua potable en combinación de cavitación hidrodinámica y descarga de plasma frío. Utilizaron circuitos de prueba cerrado para controlar los parámetros. Los principales resultados fueron, que las cianobacterias no mostraron signos de revitalización, e identificaron que se obtiene una mayor eficiencia al tener una mayor presión de descarga con niveles de 99.5% de desinfección. (Lafuente y López 2018 ; Maršálek et al. 2020)

Capocelli et al. (2014) investigaron la tasa de degradación de p-nitrofenol mediante el proceso de oxidación avanzada de cavitación hidrodinámica. Los principales resultados fueron que encontraron un valor óptimo de presión de entrada cerca de 0.4 M Pa y un número de cavitación de 0.25. Concluyeron que, la tecnología del dispositivo demostró ser efectiva en la oxidación avanzada del contaminante, esta eficiencia depende en gran medida de los parámetros operativos.

Diversas investigaciones degradaron imidacloprid en soluciones acuosas utilizando la cavitación hidrodinámica junto con otros procesos de oxidación avanzada. Compararon la efectividad del proceso de cavitación hidrodinámica en combinación de otros procesos. Obtuvieron como mejores resultados que la combinación de cavitación con fenton degrada completamente el imidacloprid en 15 minutos, de igual manera, la combinación de la cavitación con H_2O_2 donde lo degradó por completo en 45 minutos. Concluyeron que, la combinación de la cavitación hidrodinámica y otros procesos de oxidación avanzada se puede aplicar con éxito para degradar el imidacloprid. (Raut Jadhav, Saharan, Virendra K., et al. 2013; Raut Jadhav, Saharan, Virendra Kumar, et al. 2013)

Thanekar, Panda y Gogate (2018) maximizaron la degradación de carbamazepina (CBZ) un fármaco recalcitrante presente en sus aguas residuales mediante la combinación de la cavitación hidrodinámica y otros procesos de oxidación avanzada. Comprobaron que las condiciones óptimas establecidas son presión de 4 bar, pH de 4 y obtuvieron en la degradación máxima de CBZ como 38.7%. Concluyeron que, la mezcla de cavitación hidrodinámica, peróxido de hidrógeno y ozono se puede usar de manera efectiva para tratamiento de aguas residuales que contienen CBZ. Al igual que, Gogate y Patil (2015) determinaron la mejor estrategia para la eliminación de triazofos basado en el sinergismo entre la cavitación hidrodinámica y otros procesos de oxidación avanzada. Realizaron pruebas combinando cavitación hidrodinámica con la química de fenton avanzado, ozonización, la oxidación fotocatalítica, y el uso de peróxido de hidrogeno. Concluyeron que, alrededor del 80% de degradación de triazofos, lo lograron por la combinación de cavitación hidrodinámica y el reactivo de fenton; mientras que, la degradación completa fue lograda mediante la combinación de cavitación hidrodinámica y ozonización.

Como se sabe la cavitación hidrodinámica puede degradar diferentes contaminantes presentes en las aguas residuales como menciona los siguientes autores Dong y Zhao (2018) aplicaron la técnica de cavitación hidrodinámica para eliminar microorganismos patógenos en agua cruda. Los principales resultados fueron, que los efectos de la cavitación hidrodinámica aumentaron cuando el tamaño del orificio disminuye y la cantidad de orificios aumenta. Además, Adnađevic et al. (2019) eliminaron el diuron herbicida de las aguas residuales sin utilizar productos químicos mediante la aplicación de cavitación

hidrodinámica. Los principales resultados se presentaron en el efecto del número de cavitación, el número de pasada, el pH, y la temperatura en la reducción de la concentración de diuron en solución acuosa. Concluyeron que, la cavitación hidrodinámica es altamente eficiente para completar la eliminación de diuron de aguas residuales sin la adición de productos químicos.

Dular et al. (2016) mostraron los diversos ámbitos de la cavitación hidrodinámica en tratamiento de agua residual, una de ellas, para la eliminación de productos farmacéuticos como ibuprofeno, naproxeno, cianobacterias, microalgas verdes, etc. Se presenta también que la cavitación hidrodinámica puede manifestarse de muchas formas diferentes o tener diferentes mecanismos de eliminación para eliminar diferentes tipos de contaminantes.

Por otra parte Diaz (2015) da a conocer que el **ozono en tratamiento de aguas residuales**, es usado como agente de desinfección, para la eliminación de hierro y manganeso en agua potable en combinación con peróxido de hidrogeno o radiación ultravioleta. Además, es considerado un método eficaz para **tratamiento de aguas residuales** el cual, es definido según Ranade y Bhandari (2014) como la selección de métodos físicos, químicos o biológicos para degradar o eliminar contaminantes. Dentro de ellos la aplicación de ozono según Baird (2014) es considerado como un **tratamiento terciario o avanzado**, ya que en esta etapa se eliminan sustancias o contaminantes específicos del agua parcialmente purificada antes de la desinfección final; en este tratamiento se puede obtener agua potable de alta calidad para ser consumida. Se puede reducir el DBO, fosfatos, algunos metales pesados como el hierro, iones orgánicos, compuestos nitrogenados como el amoníaco.

Entre las investigaciones de diversos autores que aplicaron el método de tratamiento con ozono, obtuvieron como resultado que degradaron diversos colorantes en aguas residuales así también, eliminaron contaminantes orgánicos presentes en soluciones acuosas mediante los procesos de cavitación hidrodinámica y la aplicación de ozono. Obtuvieron como resultados, que se redujo el DQO en un 64% en 120 minutos por el proceso de cavitación hidrodinámica, se degradó el 91.11% de colorante RhB por cavitación hidrodinámica, se decoloró el 99.99% de colorante rojo 135 mediante ozonización, se disminuyeron los sólidos totales y suspendidos mediante ozonización, se degradó el 88.1% de AR-18 por cavitación hidrodinámica.

Concluyeron que, la cavitación hidrodinámica y la ozonización son formas ecológicas para reducir la carga de iones de contaminantes de las aguas residuales. (Jung et al. 2015; Nikita y Syed 2016; Li et al. 2020; Sharma et al. 2013 ; Hajiali 2018 ; Dhanke y Wagh 2020)

Así mismo, Thalmann et al. (2015) investigaron la interacción del ozono con nano-Ag₂S y evaluaron el efecto de la ozonización en la toxicidad a corto plazo del efluente de la PTAR (Planta de Tratamiento de Aguas Residuales) enriquecida con nano-Ag₂S. Los principales resultados fueron, que los productos de ozonización de nano-Ag₂S por microscopía electrónica de transmisión y espectroscopía de absorción de rayos X reveló que la ozonización condujo a la formación de cloruro de plata en el efluente de la PTAR. Concluyeron que, el tratamiento con ozono del efluente de la PTAR resulta en la oxidación de Ag₂S, por ende, aumentó la toxicidad de Ag en el efluente.

Se adiciona otros métodos complementarios a la ozonización como menciona García et al. (2013) en su investigación, ya que evaluaron el acoplamiento de la oxidación electroquímica y la ozonización para reducir la alta carga orgánica de aguas residuales industriales de manera rápida y efectiva. Los principales resultados demostraron que la ozonización reduce el DQO de las aguas residuales en 45%, mientras que la oxidación electroquímica usando electrodos de diamante dopados con boro reduce hasta en un 99.9% del DQO, así también, cuando los dos procesos se combinan el DQO se reduce en un 99% junto con la mayoría del color y turbidez en aproximadamente una hora.

Tichonovas et al. (2017) realizaron pruebas para conocer el nivel de aplicaciones industriales a través de seis experimentos para analizar completamente el reactor, incluida la fotólisis, fotocátalisis, ozonización, etc. Implementaron un catalizador con TiO₂ caracterizándolo por su morfología, teniendo como resultado que el reactor fue un producto duradero para uso continuo y su diseño fue muy efectivo para el tratamiento de agua.

De Torres-Socías et al. (2013) definieron la mejor opción de tratamiento para la remediación y reutilización de aguas residuales en ebullición de corcho mediante la aplicación de ozono en combinación con H₂O₂, teniendo como resultado que la aplicación de Fe₊₃ proporcione buenas eliminaciones de DQO, DBO y SST.

Por otra parte, Cirelli (2013) menciona que la **carga nitrogenada**, se presenta en varias formas ambientalmente importantes de nitrógeno, las cuales son entre la forma más reducida el amoníaco, ion amonio; y la forma más oxidada es el ion nitrato. En disolución, los intermedios más importantes entre estos extremos son el ion nitrito, y el nitrógeno molecular.

Es así que mediante la ozonización también se puede degradar la carga nitrogenada como menciona Luo et al. (2015) realizaron el tratamiento de aguas residuales de nitrógeno amoniacal mediante la ozonización en dos etapas. En la primera etapa de oxidación del ozono la eficiencia de eliminación de amoníaco alcanzo el 59.32% y el pH disminuyó a 6.63 bajo las condiciones de flujo de ozono de 1 L / min. En la segunda etapa la eficiencia de eliminación de amoníaco fue superior a 85% y la concentración fue inferior a 15 mg / L.

Así mismo, Pravin et al. (2019) realizó tratamiento de aguas con cavitación hidrodinámica para la disminución de nitrógeno amoniacal con 4 amino-fenol como contaminante orgánico, el proceso duro 120 minutos y el pH estuvo en el rango de 6.9 a 7.3 finalmente se redujo el nitrógeno amoniacal en un 45.5% a una presión de 0.5 bar.

Mientras que la **carga orgánica** según Moya (2018) lo define como un parámetro directamente relacionado con la cantidad de materia orgánica biodegradable retenida en el agua residual. Este exceso de la carga orgánica en algún cuerpo de agua se puede originar por vertimientos industriales o urbanos, trayendo consigo la disminución del oxígeno disuelto. Este parámetro está definido por la DQO (Demanda Química de Oxígeno), la DBO (Demanda Biológica de oxígeno) y el COT (Carbono Orgánico Total).

Hajjali (2018) comparó el antes y después de la disminución del DQO suspendido, soluble con y sin sedimento con la aplicación del proceso de ozonización en aguas residuales de la industria papelera. La reducción porcentual promedio en la DQO total debido a la adición de ozono fue de 32.5, 34, 46.3 y 60 sin sedimento, y con una velocidad máxima de sedimento de 2.18, 1.09 y 0.73 cm / min respectivamente. Demostraron la notable eficiencia del sistema cíclico de ozonización-biotratamiento en la eliminación de DQO con y sin sedimentos.

Teniendo estudios previos sobre parámetros o condiciones para efectuar la cavitación hidrodinámica y la ozonización mencionamos a Ramírez-Ramírez

et al. (2016) que establecieron los parámetros de ozonización que pueda permitir la degradación de taninos que incluyen los licores residuales de tenería (LRT) que proviene del curtido vegetal. Aplicaron la ozonización en diferentes condiciones de pH sobre soluciones acuosas del licor liofilizado y del quebracho por 180 min analizando e DQO, color y los fenoles. Finalmente, el proceso logró eficiencias de los parámetros medidos entre el 80% y 100% mientras que por ozonización fue de 50% y 95%. Además, Morillo et al. (2019) realizaron una comparación de que combinación de sustancia es más eficiente para eliminar el cianuro de aguas residuales de minera, se realizó con H_2O_2 , carbón activado, ozono; teniendo como resultado que la mayor remoción de cianuro se alcanzó a condiciones de pH 11.0 para todos los casos y que al añadir peróxido de hidrógeno la remoción de cianuro fue mayor aun al usar la concentración de 10 mg H_2O_2 /mg O_3 . Concluyeron que, obtuvieron casi una eliminación total de cianuro libre logrado después de tres minutos de tratamiento teniendo como concentración final de cianuro 0.08 mg/L.

Arias et al. (2017) analizaron la eficiencia del uso de la semilla del árbol *M.Oleifera* utilizándolo como coagulante en el tratamiento de aguas residuales de una central de sacrificio. Realizaron la prueba de test de jarras para evaluar la dosis predeterminada de coagulante natural. Analizaron los parámetros de STT, DQO, DBO, coliformes totales y fecales pre y post prueba para calcular la remoción obtenida. Con una dosis de 7500 mg/L de la semilla del árbol *M.Oleifera* y con una concentración óptima de 5% se logra una eficiencia de turbidez y color de aproximadamente 80% y 87% respectivamente además se obtuvo como resultado una reducción entre 20% y 60% de SST, DBO y DQO.

Badve et al. (2013) evaluaron un esquema de tratamiento de aguas residuales de la industria del acabado de madera añadiendo H_2O_2 y buscando una concentración óptima que permita el rendimiento cavitacional, el resultado fue que el rendimiento aumenta en un 46% con la carga óptima de H_2O_2 . A medida que aumenta la velocidad, reducción de DQO también aumenta hasta una velocidad óptima como 2200 RPM.

Meza (2019) realizó una evaluación de los lixiviados provenientes de los rellenos sanitarios de los municipios de “La Dorada” y “Aguadas” para poder caracterizar los lixiviados y tener los parámetros óptimos de cavitación. Aplicó H_2O_2 de 200 ppm, para realizar un análisis tecno-económico y evaluar la técnica

de cavitación hidrodinámica. El mejor tiempo de cavitación fue de 30 minutos obteniendo un porcentaje de remoción de DQO de 53,20%, y para la concentración óptima de H_2O_2 el mejor resultado fue a 200 ppm removiendo un 51,55% de DBO_5 .

II. METODOLOGÍA

3.1 Tipo y diseño de investigación

La investigación tuvo un enfoque cuantitativo y de tipo aplicada. Según El Consejo Nacional De Ciencia Tecnología e Innovación Tecnológica (CONCYTEC) (2018), una investigación es de tipo aplicada cuando se determina mediante el conocimiento científico, las metodologías, protocolos y tecnologías que cubren una necesidad reconocida y específica. La experimentación de esta investigación se basó en los principios teóricos de la cavitación hidrodinámica y la ozonización de Gutiérrez , Arias y Cardona (2019); Rajoriya, Carpenter y Saharan (2015) y Díaz (2015).

El diseño de investigación fue experimentalmente pura. Hernández Sampieri, Fernández Collado y Baptista Lucio (2014) indican que este diseño puede incluir una o más variables dependientes e independientes, donde se utilizan prepruebas y pospruebas para analizar el cambio de los resultados antes y después del procedimiento experimental .Esta investigación fue experimental ya que se utilizó la cavitación hidrodinámica y el ozono, para reducir las cargas orgánicas y nitrogenadas de las aguas residuales de camal.

El nivel de investigación fue de tipo explicativa. DePoy y Gitlin (2014) mencionan que se puede recurrir a pruebas para estudiarla a través de una predicción desarrollando modelos o analizando la relación de causa y efecto sobre las variables de estudio. Ya que en la investigación se buscó realizar análisis de contaminantes presentes en agua residual de camal antes y después del tratamiento con cavitación hidrodinámica y ozono para calcular en cuanto se disminuyen los contaminantes.

3.2 Variables y operacionalización

Se tuvieron como variable independiente: Ozono y cavitación hidrodinámica, y como variable dependiente: Disminución de carga orgánica y nitrogenada en aguas residuales de camal de las cuales ambas son cuantitativas; así mismo, se mostró la matriz de operacionalización de variables en Anexo 1.

3.3 Población, muestra y muestreo

La población estuvo constituida por el total de aguas residuales producidas en los procesos y actividades realizadas en el camal de Conchucos, El Agustino.

La muestra fue de 240 litros de aguas residuales extraídas de la poza final del camal de Conchucos, distribuidas en 4 repeticiones de 20 litros para cada proceso (cavitación hidrodinámica con sistema de enfriamiento, cavitación hidrodinámica sin sistema de enfriamiento, ozono y la combinación de ambos tratamientos).

El muestreo realizado fue aleatorio simple. Hernández y Carpio (2019) mencionan que este, utiliza una población homogénea, donde cada muestra tiene igual probabilidad de ser elegida. La misma que fue obtenida de las aguas residuales del camal.

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La técnica que se utilizó es de observación directa del fenómeno, controlando y registrando los datos, estos son recogidos en situaciones controladas por los investigadores, debido a la capacidad de manipular las variables.

Los instrumentos consistieron en cinco fichas de recolección de datos que se muestran en el Anexo 2.

- Ficha 1. Parámetros de control del proceso de cavitación hidrodinámica con sistema de enfriamiento
- Ficha 2. Parámetros de control del proceso de cavitación hidrodinámica sin sistema de enfriamiento
- Ficha 3. Parámetros de control del proceso de ozonización
- Ficha 4. Parámetros de control del proceso de cavitación hidrodinámica con ozonización
- Ficha 5. Análisis de parámetros antes y después del tratamiento con ozono, cavitación hidrodinámica y combinación de ozono más cavitación hidrodinámica

La validez de los instrumentos fue medida a través de un juicio de expertos conformados por tres especialistas en el tema de investigación teniendo en cuenta la claridad de datos.

La confiabilidad de los instrumentos según Villasís (2018), hace referencia al grado de la aplicación del mismo en repetidas circunstancias no presente sesgos en los resultados. Por ello, esta fue medida a través del software SPSS.

3.5 Procedimientos

Etapa 1: Recolección de la muestra

La muestra estuvo conformada por aguas residuales del camal de Conchucos ubicado en el distrito de El Agustino, se obtuvo a través del muestreo aleatorio simple debido a que cualquier fluido tiene la posibilidad de ser escogido. Para esta etapa se utilizó el EPP (Equipos de Protección Personal) correspondiente. Luego, se colocó el envase en sentido contrario a la salida del efluente. Finalmente, se extrajo el volumen total de 240 litros de agua residual de camal requerido para los procesos de cavitación hidrodinámica, ozonización y la combinación entre ambos tratamientos siguiendo los protocolos de monitoreo de agua.



Figura 1. Recolección del agua residual de camal

Etapa 2: Caracterización de la muestra y etiquetado

Se realizó tanto antes como después de los diversos tratamientos de agua residual, para ello fue llevada al laboratorio de agua de SGS certificado por INACAL, según su número de cédula de notificación 0637-2017-INACAL/DA.

Los códigos de etiquetado y estación de muestreo para cada muestra de agua antes y después de los tratamientos se visualizan en la Tabla 1. Códigos de etiquetado y estaciones de muestreo. Ver Tabla 1.

Tabla 1. Códigos de etiquetado y estaciones de muestreo

Estación de muestreo / Dia 1	Estación de muestreo / Dia 2	Estación de muestreo / Dia 3
E1-HC	EO-2	EO-3
V1-SE	O-2	O-3
V1-CE	CO-2	CO-3
O-1	E2-HC	E3-HC
CO-1	V2-SE	V3-SE
E1-O	VE-CE	V3-CE



Figura 2. Caracterización de la muestra y etiquetado

Etapas 3: Procesos para el tratamiento de las aguas residuales

- **Proceso de cavitación hidrodinámica**

Según Rajoriya, Carpenter y Saharan (2015) este proceso se genera debido al movimiento del líquido dentro de un tubo Venturi. Donde el fluido al pasar entre las geometrías hace que la velocidad cinética aumente. La presión de la vena contracta desciende o equivale a la presión de vapor del fluido, haciendo así que este se vaporice. Esto produce la generación de puntos calientes, donde se liberan radicales altamente reactivos por la descomposición térmica de las moléculas y al incremento de las tasas de transferencia de masa.



Control de caudal



Control de temperatura



Control de presión



Tanque receptor

Figura 3. Proceso de cavitación hidrodinámica

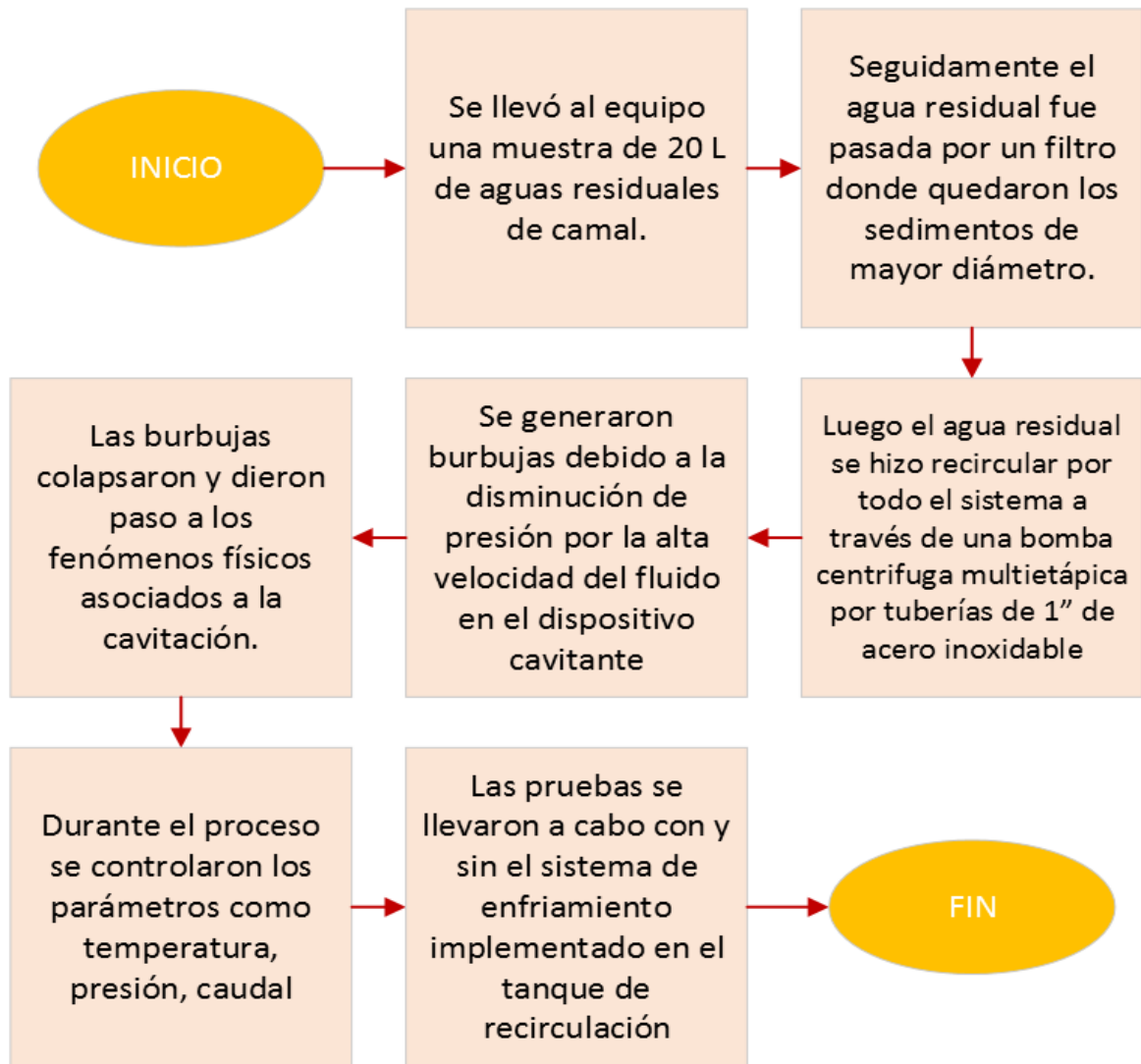


Figura 4. Diagrama del proceso de cavitación hidrodinámica



Figura 5. Equipo de cavitación hidrodinámica

▪ **Proceso de ozonización**

Para las pruebas de ozonización se usó un ozonizador, marca INKAOZONO modelo TUBO/AGUA-03-C1003T-CM. El Dicho proceso comenzará generando ozono a partir del oxígeno del aire, esto con el fin de degradar los contaminantes presentes en el agua residual. Para ello, se generó una descarga de electricidad en el gas que contiene el oxígeno produciendo una fuente de energía, permitiendo así la formación de ozono.

Para este procedimiento fue importante mantener control de los parámetros tales como tiempo, temperatura, presión, caudal y flujo de aire, el proceso completo tuvo una duración de noventa minutos.

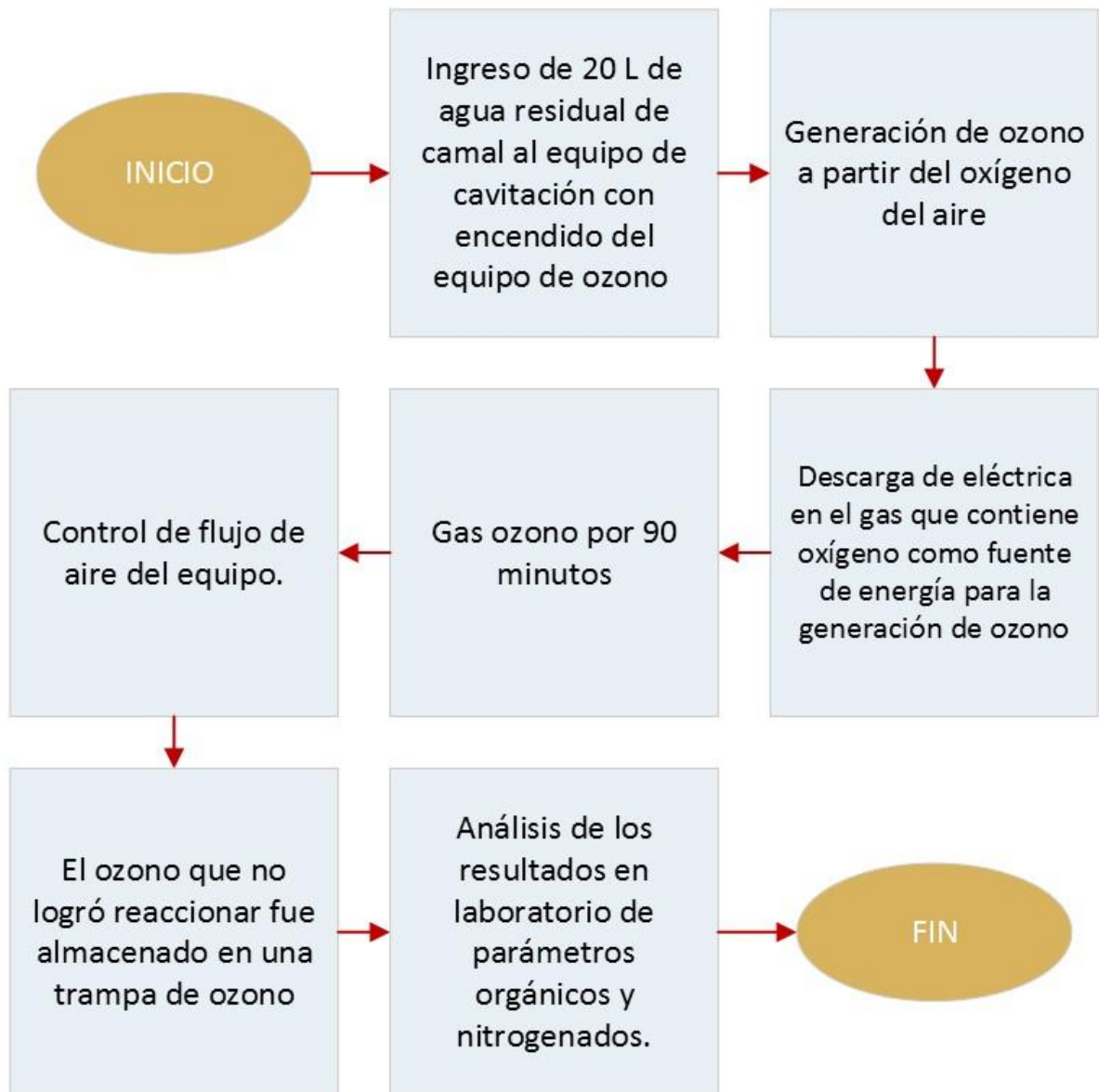


Figura 6. Diagrama del proceso de ozonización

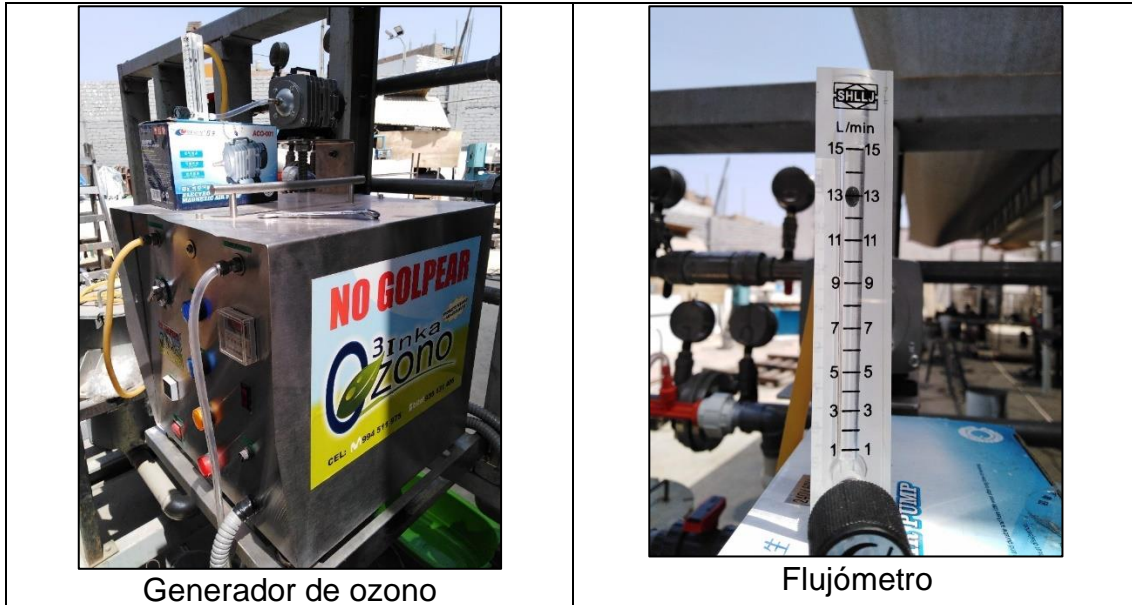


Figura 7. Equipo de ozonización

- **Proceso en combinación de cavitación hidrodinámica y ozonización**

Se realizó el proceso en combinación con una muestra de 20 L desarrollando los procesos de cavitación hidrodinámica y la inyección de ozono a la vez. Finalmente se comparó los cuatro procesos siendo estos, cavitación hidrodinámica con sistema de enfriamientos, cavitación hidrodinámica sin sistema de enfriamiento, ozonización, y la combinación entre cavitación hidrodinámica con ozonización.

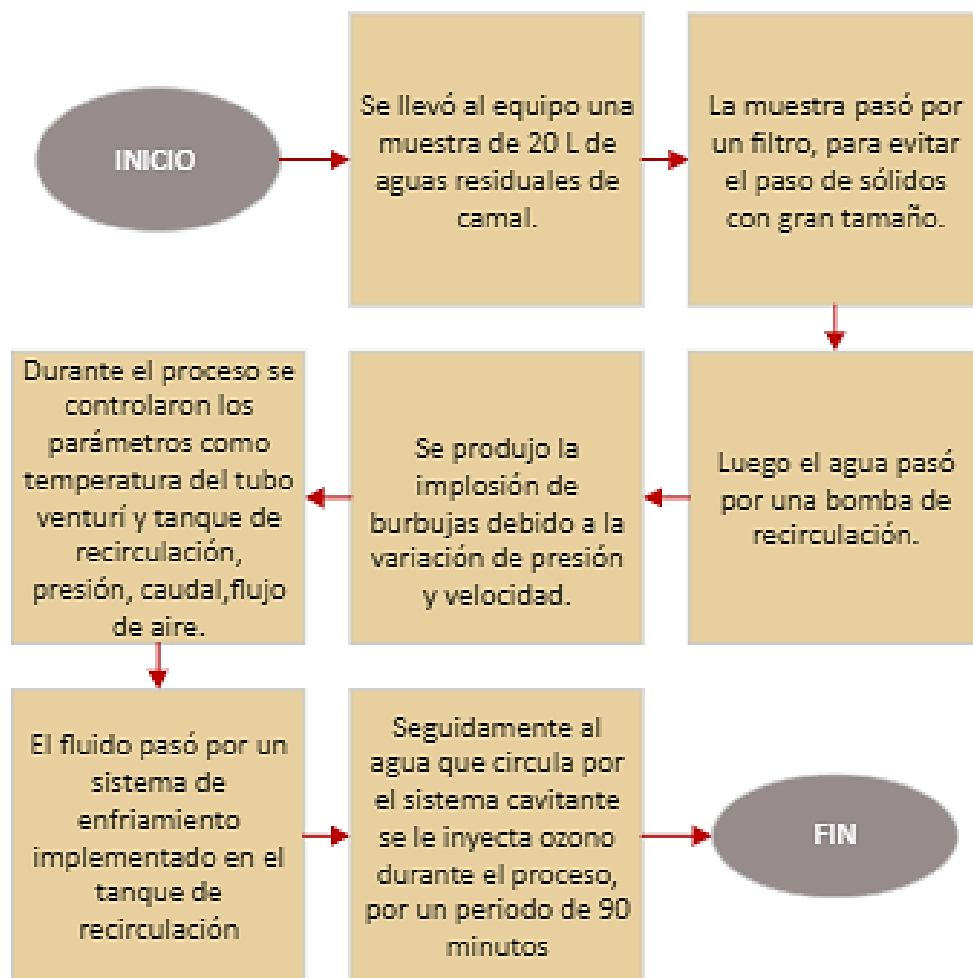


Figura 8. Diagrama del proceso en combinación de cavitación hidrodinámica y ozonización



Figura 9. Proceso en combinación de cavitación hidrodinámica y ozonización

Etapas 4. Conservación y preservación de la muestra

Culminados los procesos para el tratamiento del agua residual, se procedió a preservar las muestras según las indicaciones dadas por el laboratorio especializado SGS:

Para la conservación de la demanda biológica de oxígeno (DBO_5), se llenó un frasco de 1000 mL sin dejar burbujas de aire y se guardó entre $>0^{\circ}C$ a $\leq 6^{\circ}C$, pudiendo ser almacenada durante 48 horas.

Para la preservación de la demanda química de oxígeno (DQO), se llenó un envase de 100 mL adicionándole H_2SO_4 hasta llevarlo a pH 2, y se guardó entre $>0^{\circ}C$ a $\leq 6^{\circ}C$, pudiendo ser almacenada hasta 28 días.

En el caso del nitrógeno amoniacal (NH_4-N), se llenó un frasco de 500 mL y se adicionó 2 mL de H_2SO_4 hasta que llegó a pH 2, a continuación, se guardó entre $>0^{\circ}C$ a $\leq 6^{\circ}C$, permitiéndole ser preservada hasta 28 días.

Para los sólidos totales en suspensión (SST), se llenó un pomo de 1000 mL y se guardó entre $>0^{\circ}C$ a $\leq 6^{\circ}C$, permitiéndole ser almacenada hasta 7 días.



Figura 10. Preservación de la muestra

3.6 Método de análisis de datos

Para el análisis de los datos se utilizó la estadística inferencial mediante el software IBM SPSS estadístico, donde la normalidad fue utilizada para comprobar la distribución de las hipótesis y la T de student, que evaluó la significancia de las hipótesis, así también, se presentaron gráficos del comportamiento de los indicadores de la carga orgánica y nitrogenada, antes y después de utilizar los tratamientos con cavitación hidrodinámica y ozono.

3.7 Aspectos éticos

La investigación pasó por el sistema especializado TURNITIN, para verificar la originalidad de la información y que esté correctamente citado en base a la norma ISO-690; además, se rigió por la resolución de consejo universitario N°0313-2017/UCV, que establece el reglamento para la investigación científica. Se alineó a la resolución de consejo universitario N°0126-2017/UCV, que especifica el código de ética. También, se cumplió lo estipulado en la resolución del consejo universitario N°0200-2018, que detalla la línea de investigación, y se estructuró según la guía de productos de investigación 2020. Con respecto a los resultados de la parte experimental, fueron obtenidos por laboratorios especializados acreditados en el INACAL.

III. RESULTADOS

Para el proceso de Cavitación Hidrodinámica con sistema de enfriamiento se controlaron los indicadores cada cinco minutos durante todo el proceso de 90 minutos, temperatura, presión y caudal. Ver Tabla 2.

Tabla 2. Parámetros de control para el proceso de cavitación hidrodinámica con sistema de enfriamiento

Parámetros de control del proceso de cavitación hidrodinámica con sistema de enfriamiento																				
Título	Ozono y cavitación hidrodinámica para disminución de la carga orgánica y nitrogenada en aguas residuales de camal, 2020																			
Línea de Investigación	Calidad y Gestión de los Recursos Naturales																			
Responsables	Cadenas Castro, Carlos Fabian Santos Padilla, Brenda Mercedes																			
Asesor	Dr. Benites Alfaro, Elmer Gonzales																			
Proceso	Tiempo de proceso = 90 min	Intervalo de medición (min)																		
	REPETICIONES	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	
Cavitación Hidrodinámica con enfriamiento	Temperatura (°C)	25	26	26	27	27	28	28	29	29	30	30	31	31	32	32	33	33	34	34
	PROMEDIO	25.67	26.67	28.33	29.00	29.67	30.00	30.33	31.00	32.33	32.33	33.33	33.67	34.00	34.00	34.67	35.00	35.33	35.67	
	Presión (bar)	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
	PROMEDIO	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
	Caudal (m³/h)	2,16	2,16	2,16	2,16	2,16	2,16	2,16	2,16	2,16	2,16	2,16	2,16	2,16	2,16	2,16	2,16	2,16	2,16	2,16
	PROMEDIO	2.28	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16

Para el proceso de ozonización se controlaron los parámetros de tiempo, temperatura, presión, caudal y flujo de aire durante el tiempo de 90 minutos. Ver Tabla 4.

Tabla 4. Parámetros de control del proceso de ozonización.

Parámetros de control del proceso de ozonización																			
Título	Ozono y cavitación hidrodinámica para disminución de la carga orgánica y nitrogenada en aguas residuales de camal, 2020																		
Línea de Investigación	Calidad y Gestión de los Recursos Naturales																		
Responsables	Cadenas Castro, Carlos Fabian Santos Padilla, Brenda Mercedes																		
Asesor	Dr. Benites Alfaro, Elmer Gonzales																		
Proceso	Tiempo de proceso = 90 min	Intervalo de medición (min)																	
		5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
Ozonización	REPETICIONES	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
		Temperatura (°C)	15	15	15	16	16	16	17	17	17	18	18	18	19	19	19	20	20
	PROMEDIO	15.00	16.33	17.67	19.00	19.67	20.33	21.67	23.00	24.00	25.00	25.67	26.67	27.33	28.00	28.33	28.33	29.33	29.67
	Presión (bar)	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4
	PROMEDIO	4.07	4.13	4.13	4.13	4.13	4.13	4.13	4.13	4.13	4.13	4.13	4.13	4.13	4.13	4.13	4.13	4.13	4.13
	Caudal (m³/h)	1.6	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	PROMEDIO	1.52	1.52	1.48	1.48	1.46	1.48	1.48	1.46	1.46	1.46	1.46	1.46	1.46	1.46	1.46	1.46	1.46	1.48
	Flujo de aire (L/min)	14	13	14	13	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
	PROMEDIO	13.67	13.50	13.83	13.67	13.67	13.90	14.00	13.67	13.83	13.83	14.00	14.00	14.00	13.83	13.77	13.77	13.93	13.77

En el proceso de cavitación hidrodinámica en combinación con ozonización se controlaron los parámetros de tiempo, temperatura del tanque de recirculación, temperatura de entrada al tubo Venturi, presión, caudal, y el flujo de aire durante el periodo de 90 minutos. Ver Tabla 5.

Tabla 5. Parámetros de control del proceso de cavitación hidrodinámica con ozonización.

Parámetros de control del proceso de cavitación hidrodinámica con ozonización																																																							
Título		Ozono y cavitación hidrodinámica para disminución de la carga orgánica y nitrogenada en aguas residuales de camal, 2020																																																					
Línea de Investigación		Calidad y Gestión de los Recursos Naturales																																																					
Responsables		Cadenas Castro, Carlos Fabian																																																					
		Santos Padilla, Brenda Mercedes																																																					
Asesor		Dr. Benites Alfaro, Elmer Gonzales																																																					
Proceso	Tiempo de proceso = 90 min	Intervalo de medición (min)																																																					
		5			10			15			20			25			30			35			40			45			50			55			60			65			70			75			80			85			90		
REPETICIONES		R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3						
Cavitación hidrodinámica en combinación con ozonización	Temperatura del tanque (°C)	17	20	19	19	22	21	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22									
	PROMEDIO	18.67			20.00			21.67			22.33			23.33			23.67			24.33			25.67			26.00			26.67			27.00			27.67			27.67			28.00			28.33			29.00			29.33			29.33		
	Temperatura de entrada al venturi (°C)	24	26	26	25	26	28	25	28	29	26	29	30	26	29	30	26	30	32	27	30	33	28	30	33	29	30	34	29	31	35	29	32	35	30	32	36	30	33	36	30	33	37	31	33	37	31	34	38	31	33	39			
	PROMEDIO	25.33			26.33			27.33			28.33			28.33			29.33			30.33			30.67			31.00			31.67			32.00			32.67			33.00			33.67			33.67			34.00			34.33			34.67		
	Presión (bar)	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44						
	PROMEDIO	4.03			4.07			4.07			4.07			4.07			4.07			4.07			4.07			4.07			4.07			4.07			4.07			4.07			4.07			4.07			4.07			4.07					
	Caudal (m3/h)	14	14	13	11	11	12	11	11	12	11	11	12	11	11	12	11	11	12	11	11	12	11	11	12	11	11	12	11	11	12	11	11	12	11	11	12	11	11	12	11	11	12	11	11	12	11	11	12	11	11	12			
	PROMEDIO	1.38			1.66			1.62			1.64			1.64			1.62			1.58			1.56			1.58			1.56			1.58			1.60			1.56			1.54			1.52			1.52			1.52					
	Flujo de aire(L/min)	14	13	13	11	11	9	11	11	9	11	11	9	11	11	9	11	11	9	11	11	9	11	11	9	11	11	9	11	11	9	11	11	9	11	11	8	11	11	8	11	11	8	11	11	8	11	11	8	11	11	8			
	PROMEDIO	13.33			11.83			11.77			11.80			11.70			11.87			11.87			11.87			11.83			11.67			12.00			11.83			11.80			11.63			11.77			11.80			11.77			11.67		

Los resultados de los parámetros orgánicos, nitrogenados y fisicoquímicos tomados de las muestras de agua de camal inicial y después de los tratamientos se realizaron en el laboratorio de aguas de SGS. Ver Tabla 6.

Tabla 6. Análisis de parámetros antes y después del tratamiento con ozono, cavitación hidrodinámica y combinación de ozono más cavitación hidrodinámica.

Análisis de parámetros antes y después del tratamiento con ozono, cavitación hidrodinámica y combinación de ozono más cavitación hidrodinámica																	
Título		Ozono y cavitación hidrodinámica para disminución de la carga orgánica y nitrogenada en aguas residuales de camal, 2020															
Línea de Investigación		Calidad y Gestión de los Recursos Naturales															
Responsables		Cadenas Castro, Carlos Fabian															
		Santos Padilla, Brenda Mercedes															
Asesor		Dr. Benites Alfaro, Elmer Gonzales															
Tratamientos / Parámetros		Parámetros Orgánicos								Parámetros nitrogenados		Parámetros Fisicoquímicos					
		DBO		DQO		Sólidos Suspendedos Totales (SST)		Sólidos Totales Disueltos(ppm)		Nitrógeno amoniacal		pH		Temperatura			
		Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
Cavitación hidrodinámica con enfriamiento	R1	56.4	41.5	210.2	200.1	103	37	464	451	85.6	79.5	7.5	7.74	23	25.9		
	R2	262.3	266.3	527.1	491	103	53	610	648	125.4	115.2	7.48	7.12	23.5	22.6		
	R3	243	135.3	515.3	329.7	56	37	617	612	136.4	135.8	7.46	7.89	25	28.6		
	Promedio	187.23	147.70	417.53	340.27	87.33	42.33	563.67	570.33	115.80	110.17	7.48	7.58	23.83	25.70		
Cavitación hidrodinámica sin enfriamiento	R1	56.4	38.3	210.2	201.7	103	7	464	517	85.6	81.1	7.5	7.83	23	26.8		
	R2	262.3	195	527.1	398.8	103	54	610	654	125.4	124.4	7.48	7.38	23.5	32.6		
	R3	243	139.7	515.3	332.8	56	38	617	612	136.4	130.2	7.46	7.83	25	35.1		
	Promedio	187.23	124.33	417.53	311.10	87.33	33.00	563.67	594.33	115.80	111.90	7.48	7.68	23.83	31.5		
Ozonización	R1	306	194.7	604.5	400.4	98	44	635	562	136.4	133.6	7.19	8.27	15	28.5		
	R2	247.7	195.3	483.3	405.5	77	59	567	546	116.2	112.2	7.32	8.08	21.5	28.4		
	R3	234.3	152	552.3	332.1	67	67	645	604	126.6	125.6	7.16	8.07	19	28.9		
	Promedio	262.67	180.67	546.70	379.33	80.67	56.67	615.67	570.67	126.40	123.80	7.22	8.14	18.50	28.60		
Cavitación hidrodinámica en combinación con ozonización	R1	306	192.3	604.5	400.2	98	38	635	591	136.4	132	7.19	8.22	15	27		
	R2	247.7	161	483.3	334.4	77	43	567	574	116.2	110.2	7.32	8.09	21.5	28.1		
	R3	234.3	102.3	552.3	268.8	67	40	645	592	126.6	123.8	7.16	8.10	19	30.3		
	Promedio	262.67	151.87	546.70	334.47	80.67	40.33	615.67	585.67	126.40	122.00	7.22	8.14	18.50	28.47		

Cavitación Hidrodinámica con enfriamiento:

- **Demanda biológica de oxígeno (DBO):**

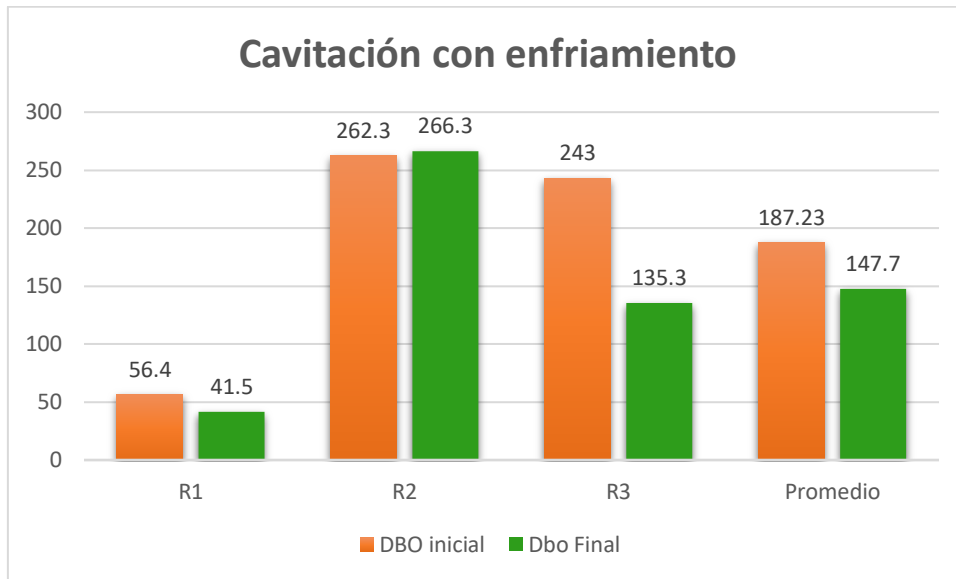


Figura 11. Resultados reducción de DBO con cavitación hidrodinámica con enfriamiento

En el presente gráfico estadístico se visualiza que la DBO en el tratamiento con cavitación hidrodinámica con enfriamiento se redujo en la primera repetición de 56.4 mg/L a 41.5 mg/L, mientras que en la segunda repetición de 262.3 mg/L aumentó a 266.3 mg/L, por otra parte en la tercera repetición de 243 mg/L disminuyó a 153 mg/L. Concluyendo que en promedio hubo una reducción de 187.23 mg/L a 147.7 mg/L de la DBO.

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

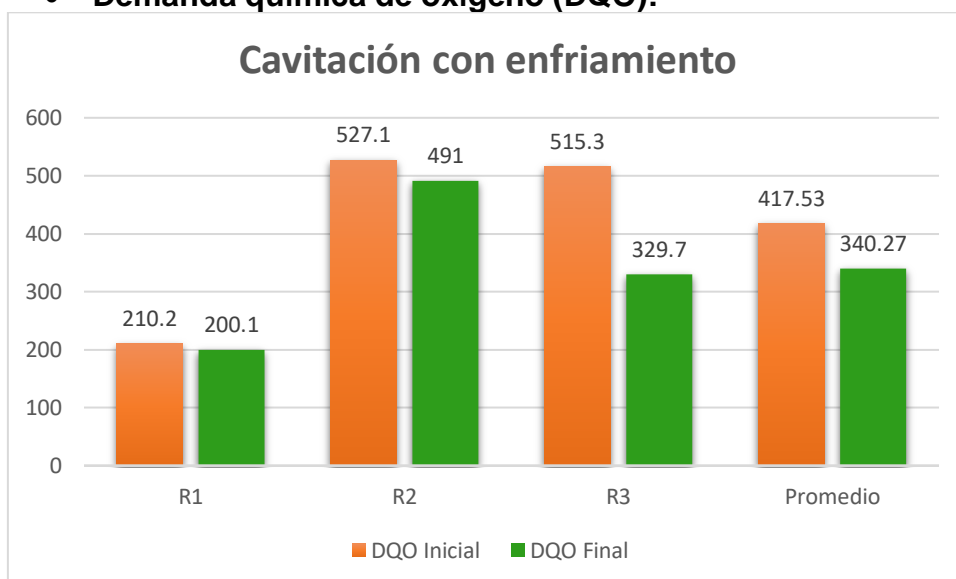


Figura 12. Resultados reducción de DQO con cavitación hidrodinámica con enfriamiento

En el gráfico estadístico se puede observar que la DQO en el tratamiento con cavitación hidrodinámica con enfriamiento en la primera repetición se redujo de 210.2 mg/L a 200.1 mg/L, mientras que en la segunda repetición disminuyó de 527.1 mg/L a 491 mg/L, por otra parte, en la tercera repetición de 515.3 mg/L a 329.7 mg/L. Concluyendo que en promedio hubo una reducción de 417.53 mg/L a 340.27 mg/L de la DQO.

- **Sólidos suspendidos totales (SST):**

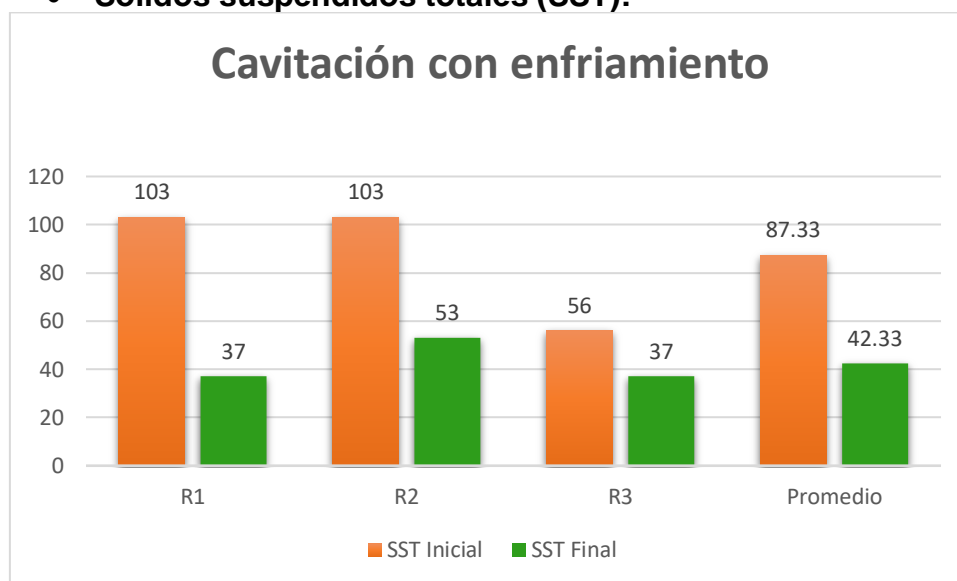


Figura 13. Resultados reducción de SST con cavitación hidrodinámica con enfriamiento

En el gráfico estadístico se visualiza que los SST en el tratamiento de cavitación hidrodinámica con enfriamiento se redujo en la primera repetición de 103 mg/L a 37 mg/L, mientras que en la segunda repetición disminuyó de 103 mg/L a 53 mg/L, por otra parte, en la tercera repetición de 56 mg/L a 37 mg/L. Se concluyó que hubo una reducción en promedio de 87.33 mg/L a 42.33 mg/L de los SST.

- **Sólidos totales disueltos (STD):**

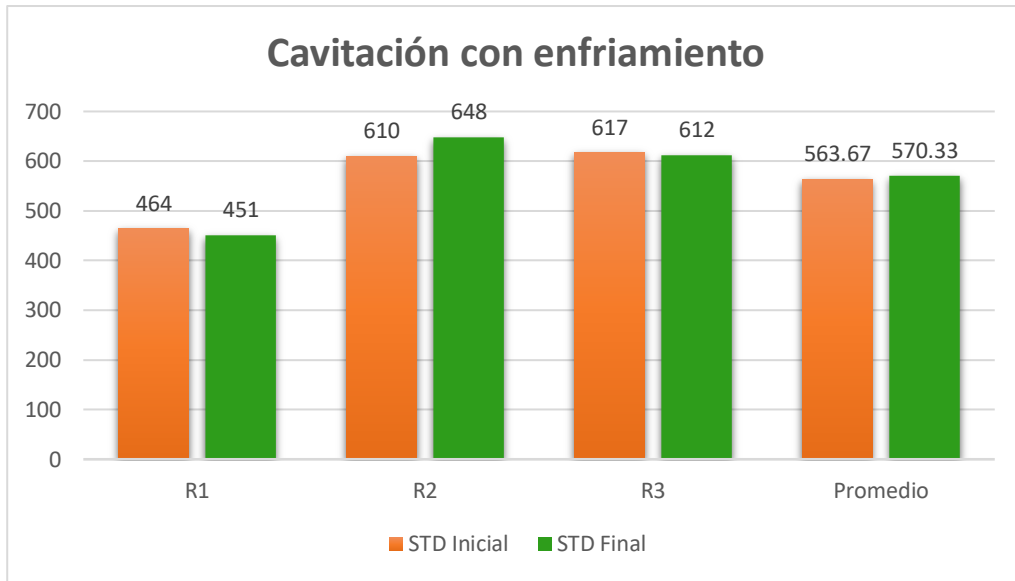


Figura 14. Resultados reducción de STD con cavitación hidrodinámica con enfriamiento

En el gráfico estadístico se observa que los STD en el tratamiento con cavitación hidrodinámica con enfriamiento en la primera repetición disminuyeron de 464 mg/L a 451 mg/L, en cambio en la segunda repetición aumentó de 610 mg/L a 648 mg/L, por otra parte en la tercera repetición se redujo de 617 mg/L a 612 mg/L. Concluyendo que en promedio hubo un aumento de 563.67 mg/L a 570.33 mg/L de los STD.

- **Nitrógeno amoniacal (NH₄-N):**

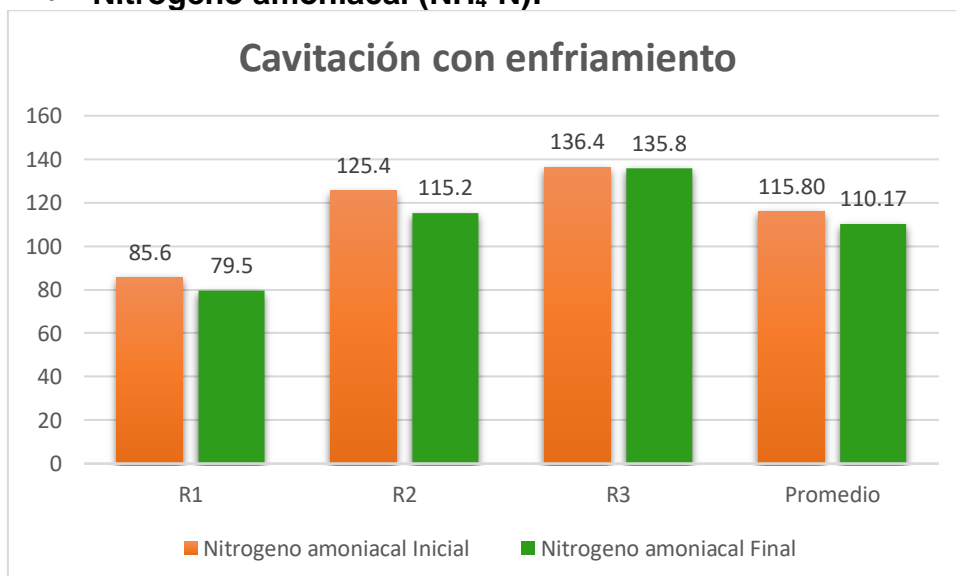


Figura 15. Resultados reducción de NH₄-N con cavitación hidrodinámica con enfriamiento

En el gráfico estadístico se visualiza que el $\text{NH}_4\text{-N}$ en el tratamiento de cavitación hidrodinámica con enfriamiento en la primera repetición se redujo de 85.6 mg/L a 79.5 mg/L, así también en la segunda repetición de 125.4 mg/L a 115.2 mg/L, mientras que en la tercera repetición disminuyó de 136.4 mg/L a 135.8 mg/L. Se concluyó que hubo una reducción en promedio de 115.80 mg/L a 110.17 mg/L del $\text{NH}_4\text{-N}$.

- **Potencial de hidrógeno (pH):**

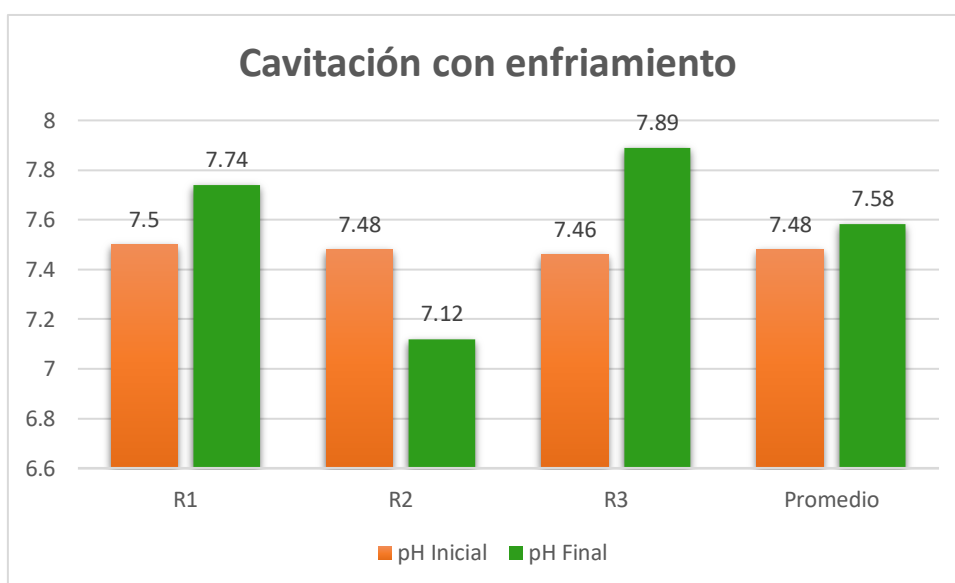


Figura 16. Resultados reducción de pH con cavitación hidrodinámica con enfriamiento

En el presente gráfico estadístico se detalla que el pH en el tratamiento de cavitación hidrodinámica con enfriamiento en la primera repetición tuvo un aumento de 7.5 de pH a 7.74 de pH, mientras que en la segunda repetición se redujo de 7.48 de pH a 7.12 de pH, por otra parte, en la tercera repetición se elevó de 7.46 de pH a 7.89 de pH. Se concluyó que hubo un incremento en promedio de 7.48 de pH a 7.58 de pH.

- **Temperatura (°C):**

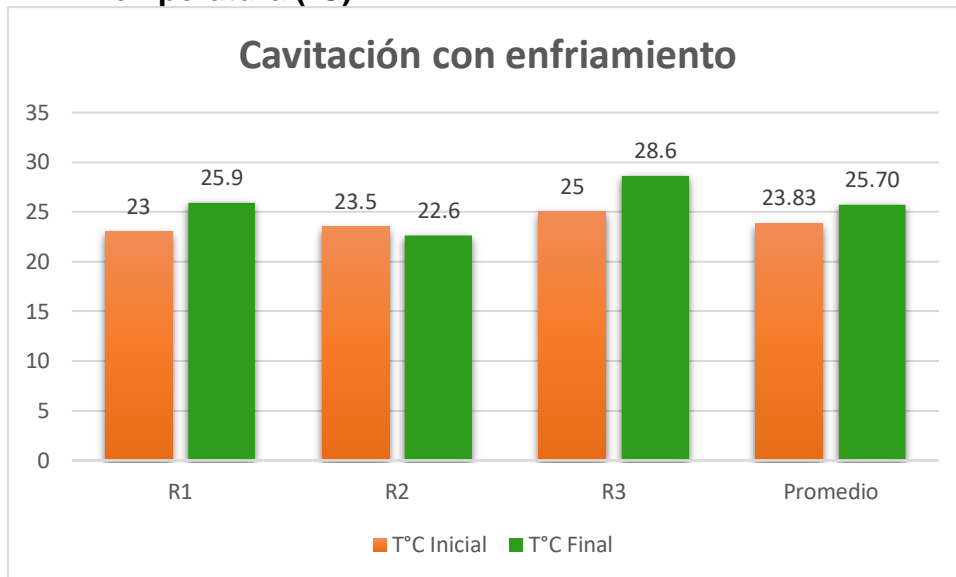


Figura 17. Resultados reducción de T°C con cavitación hidrodinámica con enfriamiento

En el gráfico estadístico se observa que la temperatura en el tratamiento de cavitación hidrodinámica con enfriamiento en la primera repetición aumentó de 23 °C a 25.9 °C, mientras que en la segunda repetición disminuyó de 23.5 °C a 22.6 °C, por otra parte, en la tercera repetición aumento de 25 °C a 28.6 °C. Se concluyó que en promedio la temperatura aumento de 23.83 °C a 25.7 °C.

Cavitación hidrodinámica sin enfriamiento:

- **Demanda biológica de oxígeno (DBO):**

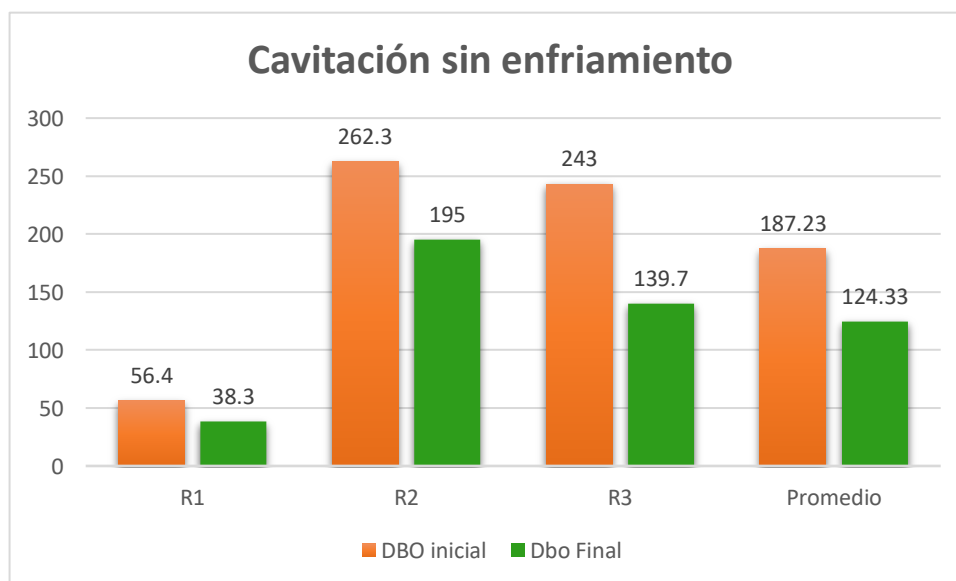


Figura 18. Resultados reducción de DBO con cavitación hidrodinámica sin enfriamiento

En el presente gráfico estadístico se visualiza que la DBO en el tratamiento con cavitación hidrodinámica sin enfriamiento se redujo en la primera repetición de 56.4 mg/L a 38.3 mg/L, mientras que en la segunda repetición de 262.3 mg/L aumentó a 195 mg/L, por otra parte en la tercera repetición de 243 mg/L disminuyó a 139.7 mg/L. Concluyendo que en promedio hubo una reducción de 187.23 mg/L a 124.33 mg/L de la DBO.

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

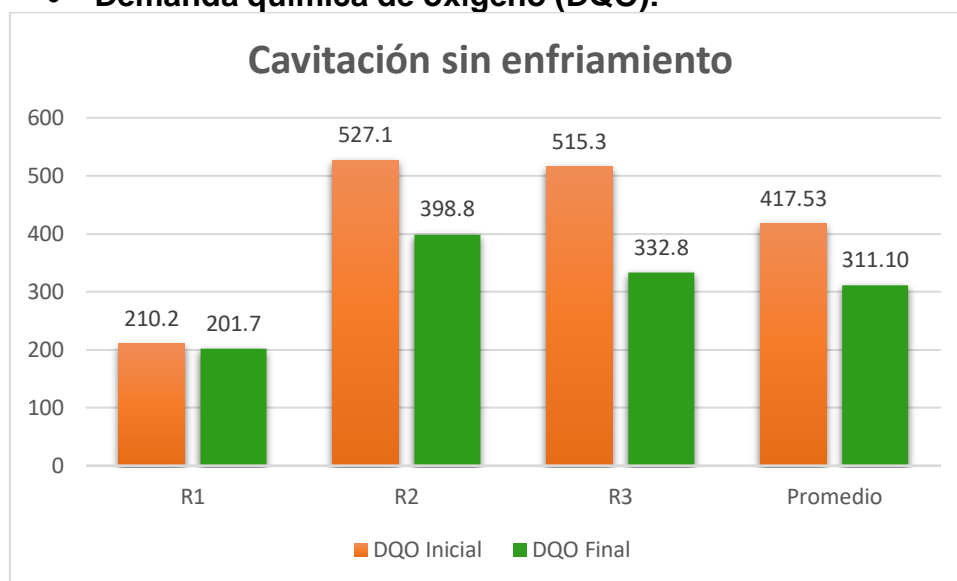


Figura 19. Resultados reducción de DQO con cavitación hidrodinámica sin enfriamiento

En el gráfico estadístico se puede observar que la DQO en el tratamiento con cavitación hidrodinámica sin enfriamiento en la primera repetición se redujo de 210.2 mg/L a 201.7 mg/L, mientras que en la segunda repetición disminuyó de 527.1 mg/L a 398.8 mg/L, por otra parte, en la tercera repetición de 515.3 mg/L a 332.8 mg/L. Concluyendo que en promedio hubo una reducción de 417.53 mg/L a 311.10 mg/L de la DQO.

- **Sólidos suspendidos totales (SST):**

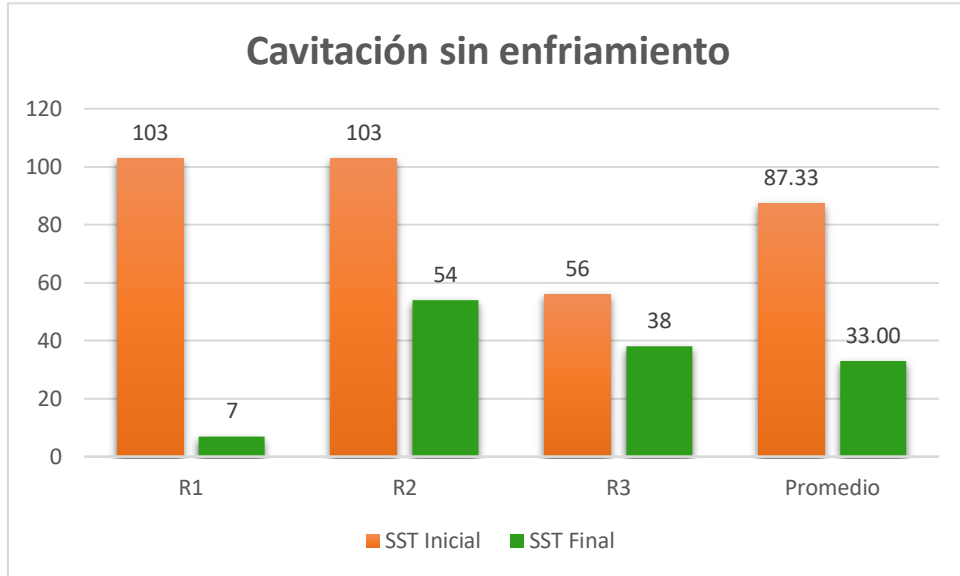


Figura 20. Resultados reducción de SST con cavitación hidrodinámica sin enfriamiento

En el gráfico estadístico se visualiza que los SST en el tratamiento de cavitación hidrodinámica sin enfriamiento se redujo en la primera repetición de 103 mg/L a 7 mg/L, mientras que en la segunda repetición disminuyó de 103 mg/L a 54 mg/L, por otra parte, en la tercera repetición de 56 mg/L a 38 mg/L. Se concluyó que hubo una reducción en promedio de 87.33 mg/L a 33 mg/L de los SST.

- **Sólidos totales disueltos (STD):**

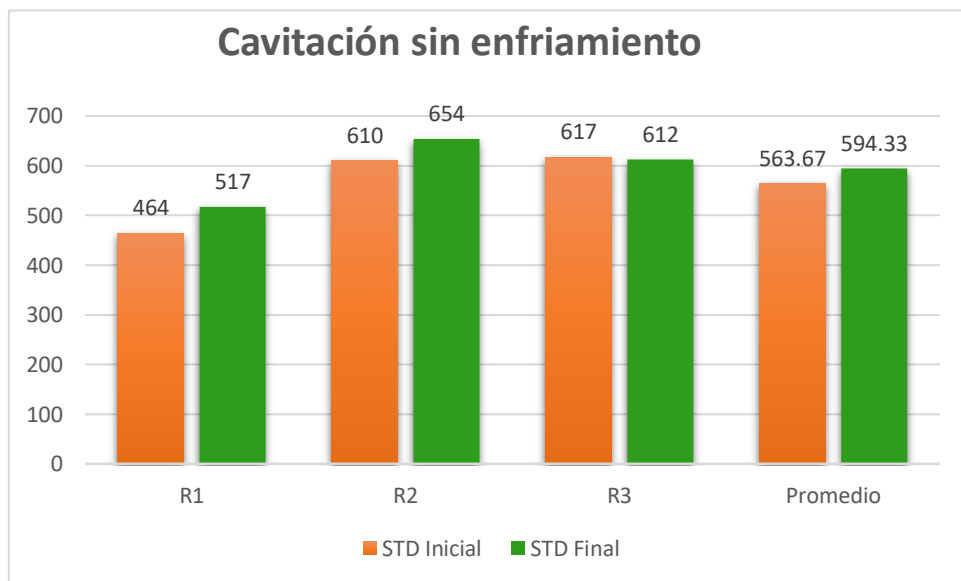


Figura 21. Resultados reducción de STD con cavitación hidrodinámica sin enfriamiento

En el gráfico estadístico se observa que los STD en el tratamiento sin cavitación hidrodinámica sin enfriamiento en la primera repetición aumentó de 464 mg/L a 517 mg/L , mientras que en la segunda repetición aumento de 610 mg/L a 654 mg/L, por otra parte en la tercera repetición se redujo de 617 mg/L a 612 mg/L. Concluyendo que en promedio hubo un aumento de 563.67 mg/L a 594.33 mg/L de los STD.

- **Nitrógeno amoniacal (NH₄-N):**

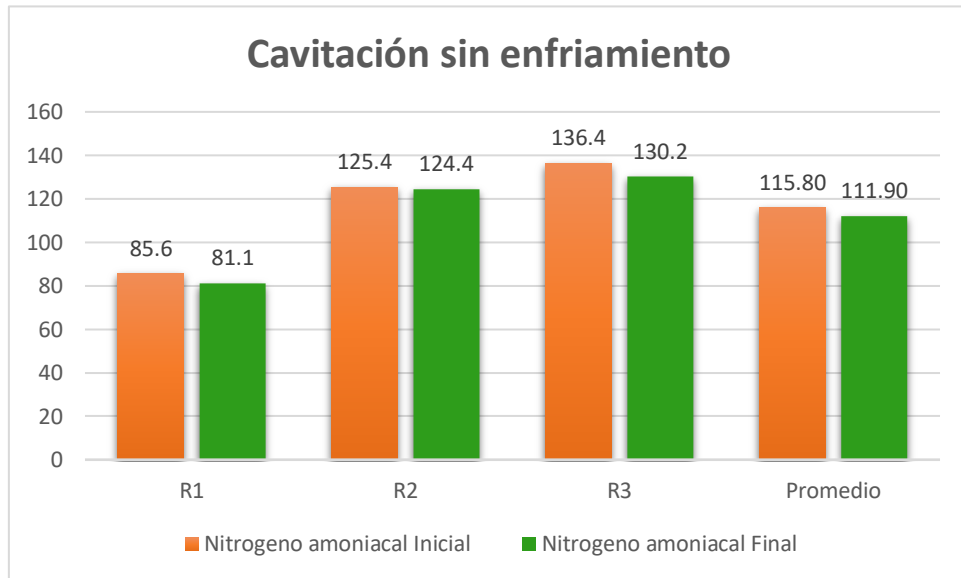


Figura 22. Resultados reducción de NH₄-N con cavitación hidrodinámica sin enfriamiento

En el gráfico estadístico se visualiza que el NH₄-N en el tratamiento de cavitación hidrodinámica sin enfriamiento en la primera repetición se redujo de 85.6 mg/L a 81.1 mg/L, así también en la segunda repetición de 125.4 mg/L a 124.4 mg/L, mientras que en la tercera repetición disminuyó de 136.4 mg/L a 130.2 mg/L. Se concluyó que hubo una reducción en promedio de 115.80 mg/L a 111.90 mg/L del NH₄-N.

- **Potencial de hidrógeno (pH):**

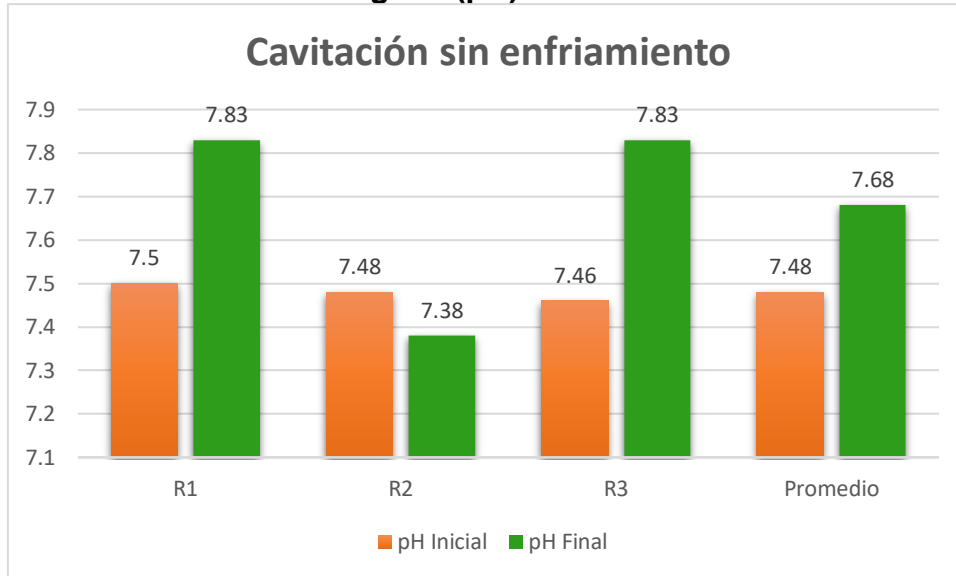


Figura 23. Resultados reducción de pH con cavitación hidrodinámica sin enfriamiento

En el presente gráfico estadístico se detalla que el pH en el tratamiento de cavitación hidrodinámica sin enfriamiento en la primera repetición tuvo un aumento de 7.5 de pH a 7.83 de pH, mientras que en la segunda repetición se redujo de 7.48 de pH a 7.38 de pH, por otra parte, en la tercera repetición aumentó de 7.46 de pH a 7.83 de pH. Se concluyó que hubo un aumento en promedio de 7.48 de pH a 7.68 de pH.

- **Temperatura (°C):**

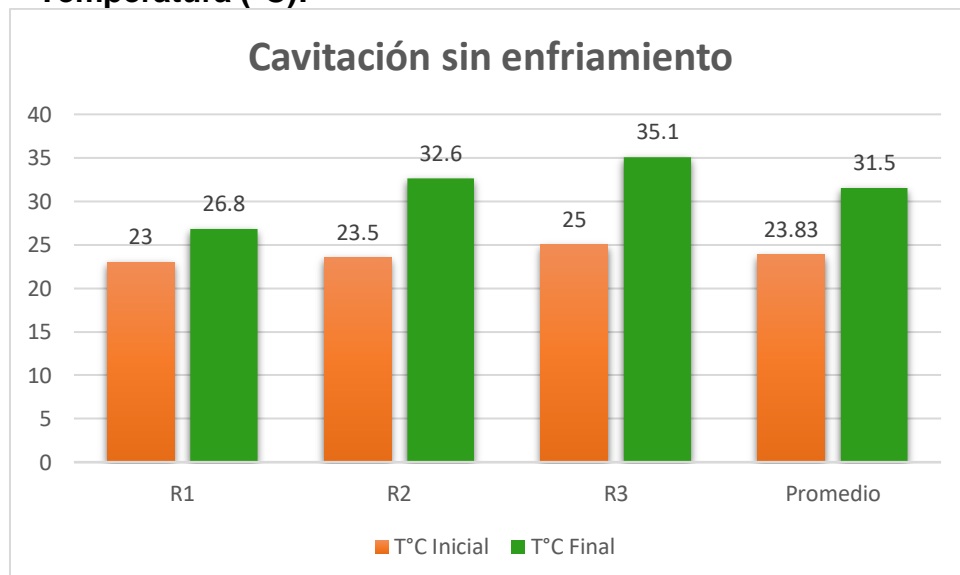


Figura 24. Resultados reducción de T°C con cavitación hidrodinámica sin enfriamiento

En el gráfico estadístico se observa que la temperatura en el tratamiento de cavitación hidrodinámica sin enfriamiento en la primera repetición aumentó de 23 °C a 26.8 °C, así también en la segunda repetición aumentó de 23.5 °C a 32.6 °C, mientras que en la tercera repetición aumento de 25 °C a 35.1 °C. Se concluyó que en promedio la temperatura aumentó de 23.83 °C a 31.5 °C.

Ozonización:

- **Demanda biológica de oxígeno (DBO):**

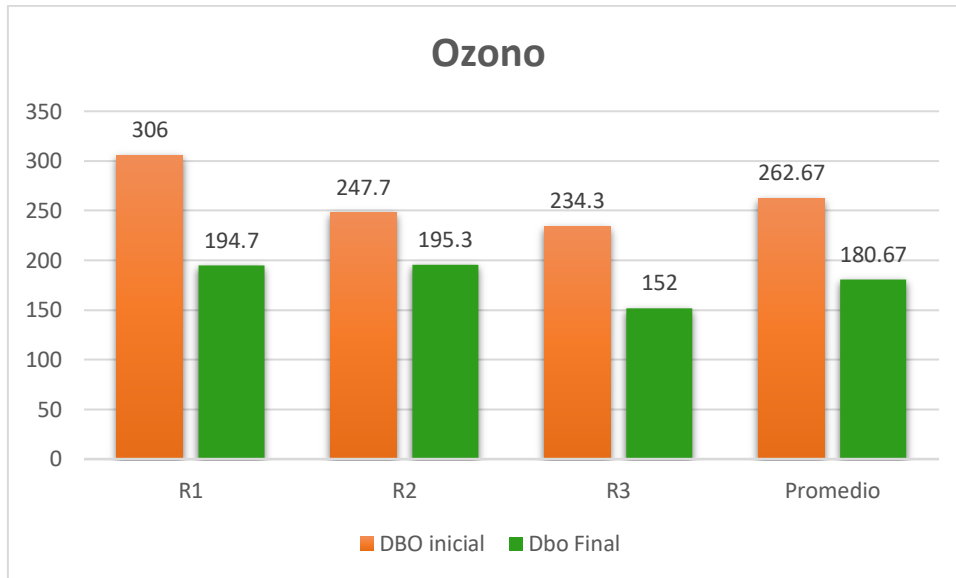


Figura 25. Resultados reducción de DBO con ozono

En el presente gráfico estadístico se visualiza que la DBO en el tratamiento de ozonización se redujo en la primera repetición de 306 mg/L a 194.7 mg/L, así también en la segunda repetición disminuyó de 247.7 mg/L a 195.3 mg/L, por otra parte en la tercera repetición de 243.3 mg/L se redujo a 152 mg/L. Concluyendo que en promedio hubo una reducción de 262.67 mg/L a 180.67 mg/L de la DBO.

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

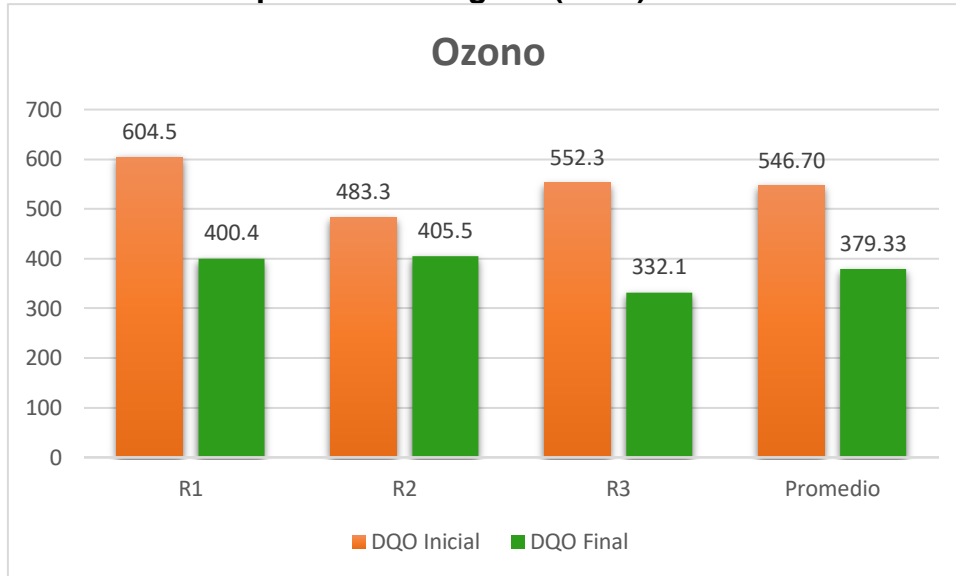


Figura 26. Resultados reducción de DQO con ozono

En el gráfico estadístico se puede observar que la DQO en el tratamiento de ozonización en la primera repetición se redujo de 604.5 mg/L a 400.4 mg/L, mientras que en la segunda repetición disminuyó de 483.3 mg/L a 405.5 mg/L, por otra parte, en la tercera repetición de 552.3 mg/L a 332.1 mg/L. Concluyendo que en promedio hubo una reducción de 546.70 mg/L a 379.33 mg/L de la DQO.

- **Sólidos suspendidos totales (SST):**

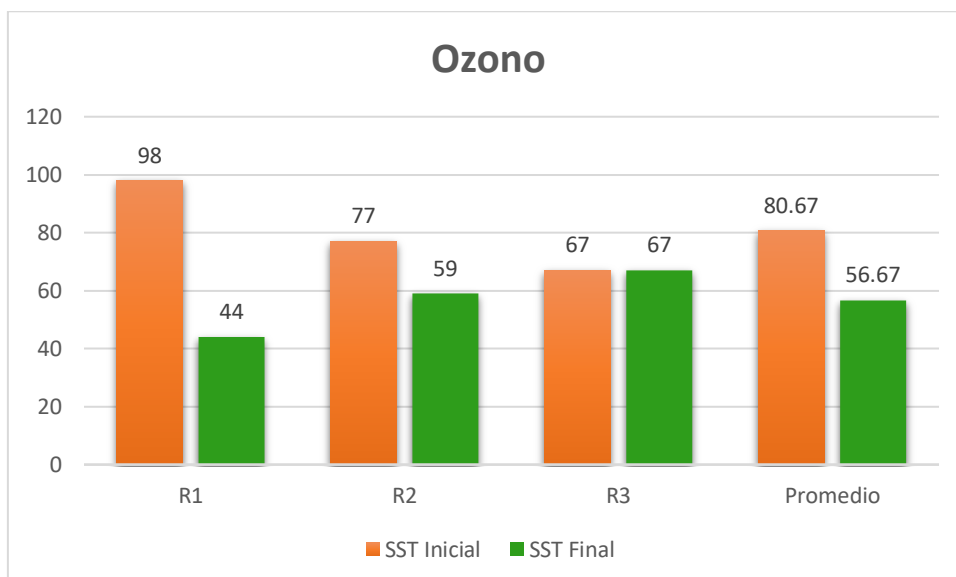


Figura 27. Resultados reducción de SST con ozono

En el gráfico estadístico se visualiza que los SST en el tratamiento de ozonización se redujo en la primera repetición de 98 mg/L a 44 mg/L, mientras que en la segunda repetición disminuyó de 77 mg/L a 59 mg/L, por otra parte, en

la tercera repetición de no varió del 67mg/L. Se concluyó que hubo una reducción en promedio de 80.67 mg/L a 56.67 mg/L de los STT.

- **Sólidos totales disueltos (STD):**

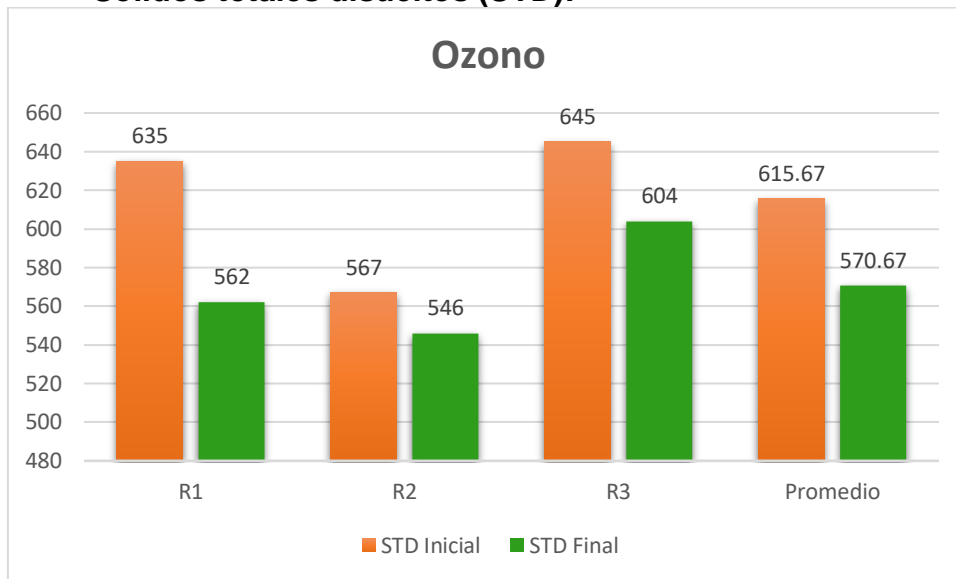


Figura 28. Resultados reducción de STD con ozono

En el gráfico estadístico se observa que los STD en el tratamiento de ozonización en la primera repetición se redujo de 635 mg/L a 562 mg/L, mientras que en la segunda repetición disminuyó de 567 mg/L a 546 mg/L, por otra parte en la tercera repetición se redujo de 645 mg/L a 604 mg/L. Concluyendo que en promedio hubo una reducción de 615.67 mg/L a 570.67 mg/L de los STD.

- **Nitrógeno amoniacal (NH₄-N):**

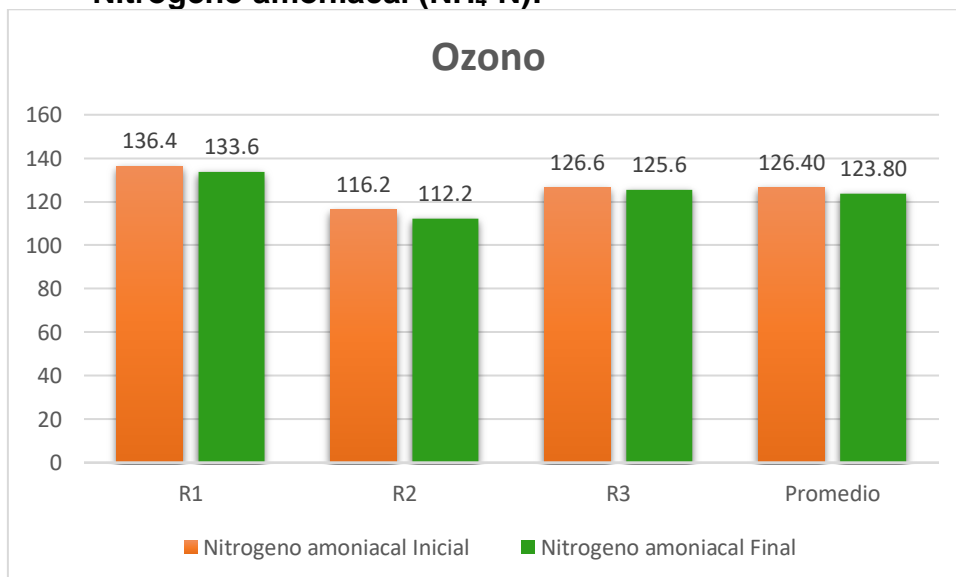


Figura 29. Resultados reducción de NH₄-N con ozono

En el gráfico estadístico se visualiza que el $\text{NH}_4\text{-N}$ en el tratamiento de ozonización en la primera repetición se redujo de 136.4 mg/L a 133.6 mg/L, así también en la segunda repetición de 116.2 mg/L a 112.2 mg/L, mientras que en la tercera repetición disminuyó de 126.6 mg/L a 125.6 mg/L. Se concluyó que hubo una reducción en promedio de 126.40 mg/L a 123.80 mg/L del $\text{NH}_4\text{-N}$.

- **Potencial de hidrógeno (pH):**

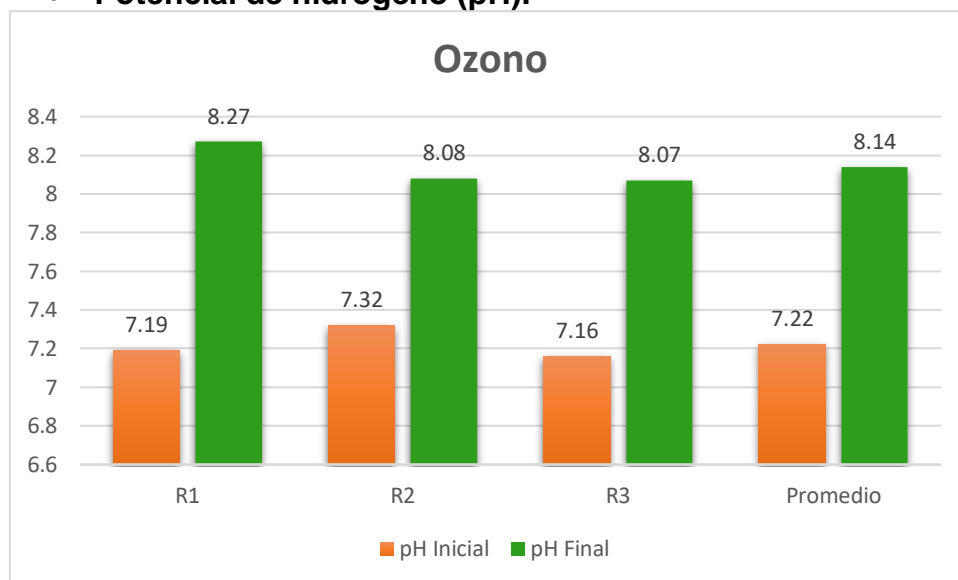


Figura 30. Resultados reducción de pH con ozono

En el presente gráfico estadístico se detalla que el pH en el tratamiento de ozonización en la primera repetición tuvo un aumento de 7.19 de pH a 8.27 de pH, mientras que en la segunda repetición incrementó de 7.32 de pH a 8.08 de pH, así también, en la tercera repetición se elevó de 7.16 de pH a 8.07 de pH. Se concluyó que hubo un incremento en promedio de 7.22 de pH a 8.14 de pH.

- **Temperatura (°C):**

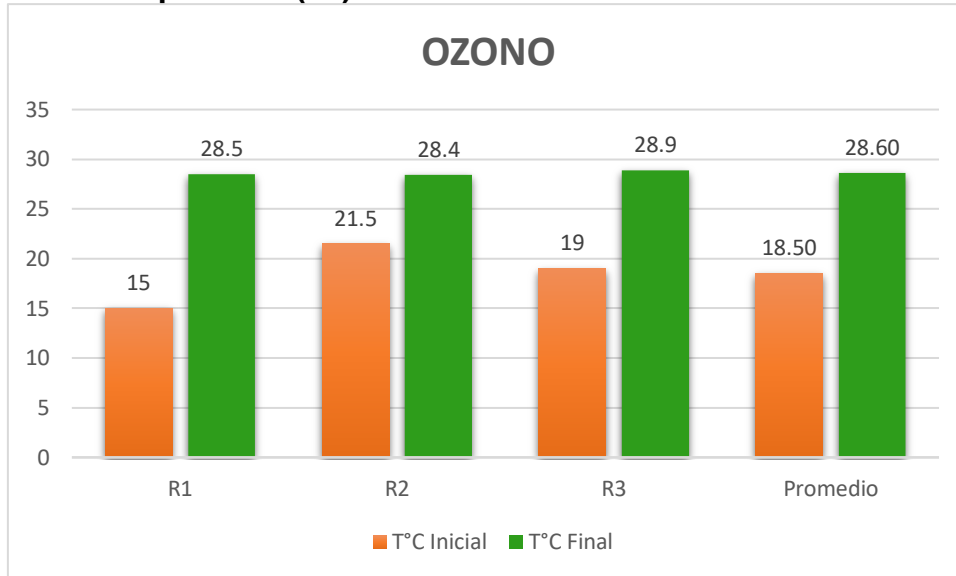


Figura 31. Resultados reducción de T°C con ozono

En el gráfico estadístico se observa que la temperatura en el tratamiento de ozonización en la primera repetición aumentó de 15 °C a 28.5 °C, así también en la segunda repetición aumentó de 21.5 °C a 28.4 °C, mientras que en la tercera repetición aumento de 19 °C a 28.9 °C. Se concluyó que en promedio la temperatura aumentó de 18.5 °C a 28.60 °C.

Cavitación hidrodinámica en combinación con ozonización:

- **Demanda biológica de oxígeno (DBO):**

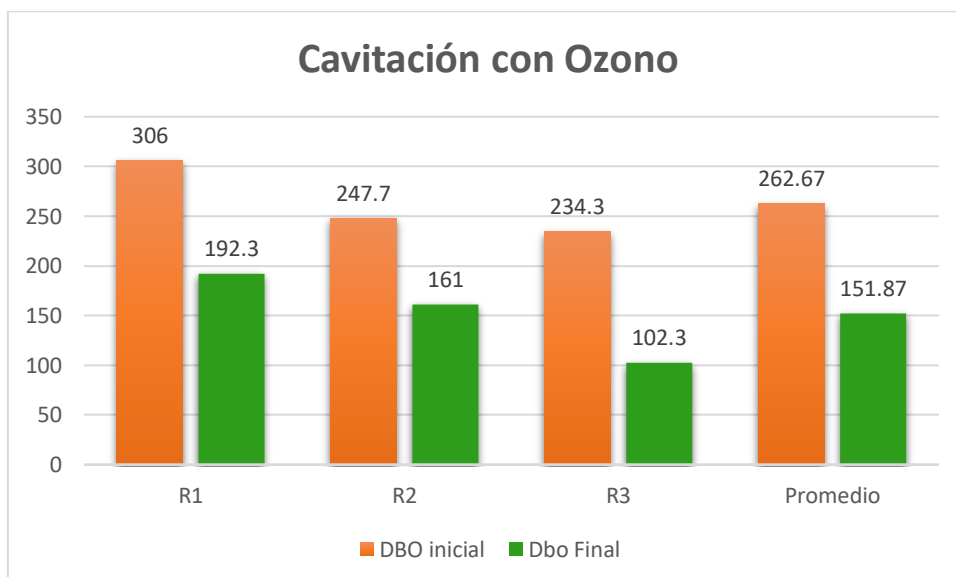


Figura 32. Resultados reducción de DBO con cavitación hidrodinámica en combinación con ozonización

En el presente gráfico estadístico se visualiza que la DBO en el tratamiento de cavitación hidrodinámica en combinación con ozonización se redujo en la primera repetición de 306 mg/L a 192.3 mg/L, así también en la segunda repetición disminuyó de 247.7 mg/L a 161 mg/L, por otra parte en la tercera repetición de 243.3 mg/L se redujo a 102.3 mg/L. Concluyendo que en promedio hubo una reducción de 262.67 mg/L a 151.87 mg/L de la DBO.

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

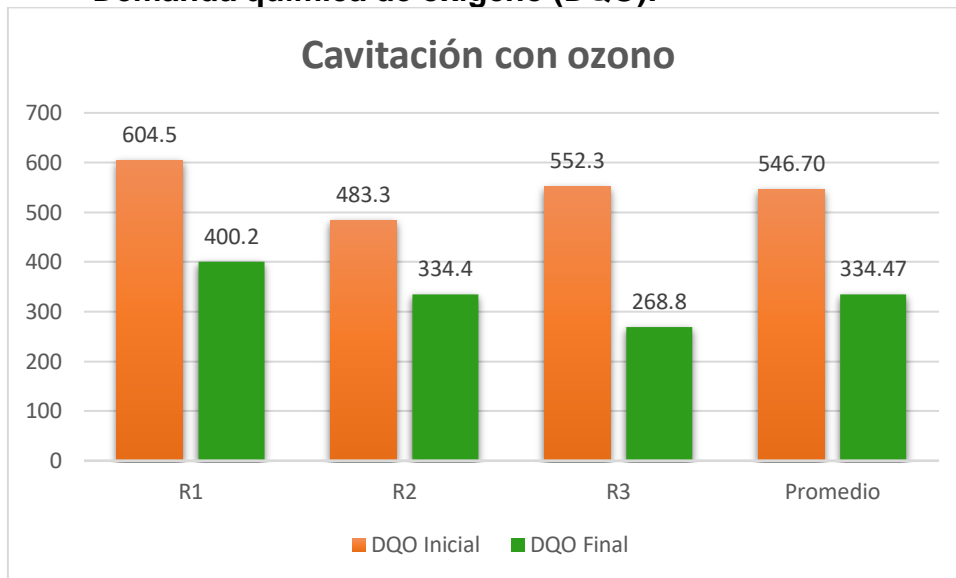


Figura 33. Resultados reducción de DQO con cavitación hidrodinámica en combinación con ozonización

En el gráfico estadístico se puede observar que la DQO en el tratamiento de cavitación hidrodinámica en combinación con ozonización en la primera repetición se redujo de 604.5 mg/L a 400.2 mg/L, mientras que en la segunda repetición disminuyó de 483.3 mg/L a 334.4 mg/L, por otra parte, en la tercera repetición de 552.3 mg/L a 268.8 mg/L. Concluyendo que en promedio hubo una reducción de 546.70 mg/L a 334.47 mg/L de la DQO.

- **Sólidos suspendidos totales (SST):**

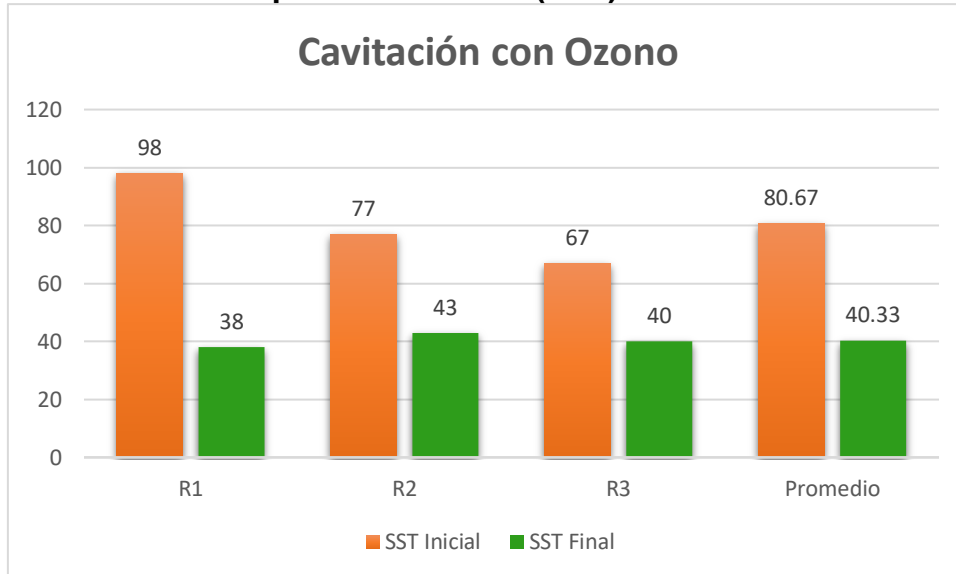


Figura 34. Resultados reducción de SST con cavitación hidrodinámica en combinación con ozonización

En el gráfico estadístico se visualiza que los SST en el tratamiento de cavitación hidrodinámica en combinación con ozonización se redujo en la primera repetición de 98 mg/L a 38 mg/L, mientras que en la segunda repetición disminuyó de 77 mg/L a 43 mg/L, por otra parte, en la tercera repetición de 67 mg/L a 40 mg/L. Se concluyó que hubo una reducción en promedio de 80.67 mg/L a 40.33 mg/L de los SST.

- **Sólidos totales disueltos (STD):**

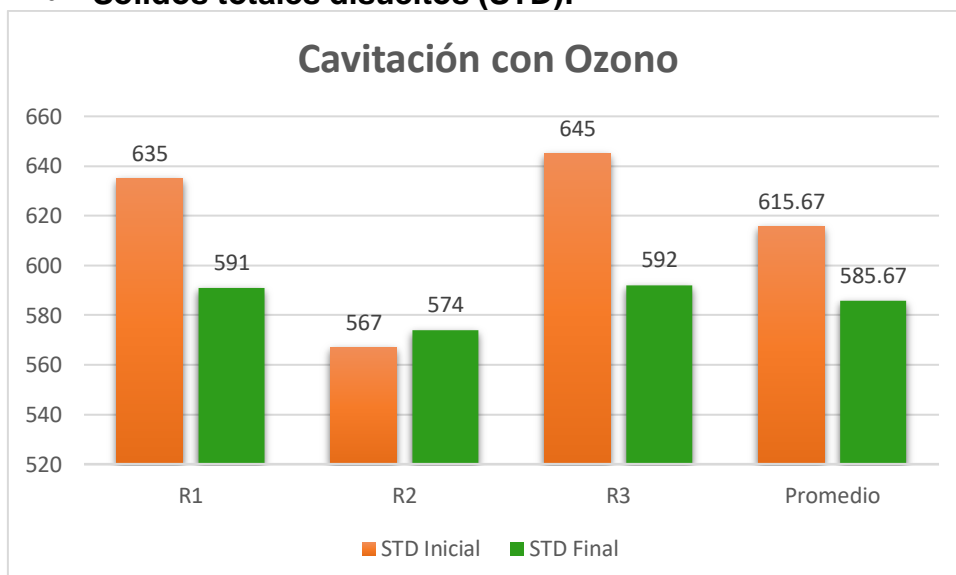


Figura 35. Resultados reducción de STD con cavitación hidrodinámica en combinación con ozonización

En el gráfico estadístico se observa que los STD en el tratamiento de cavitación hidrodinámica en combinación con ozonización en la primera repetición se redujo de 635 mg/L a 591 mg/L , mientras que en la segunda repetición aumentó de 567 mg/L a 574 mg/L, por otra parte en la tercera repetición se redujo de 645 mg/L a 592 mg/L. Concluyendo que en promedio hubo una reducción de 615.67 mg/L a 585.67 mg/L de los STD.

- **Nitrógeno amoniacal (NH₄-N):**

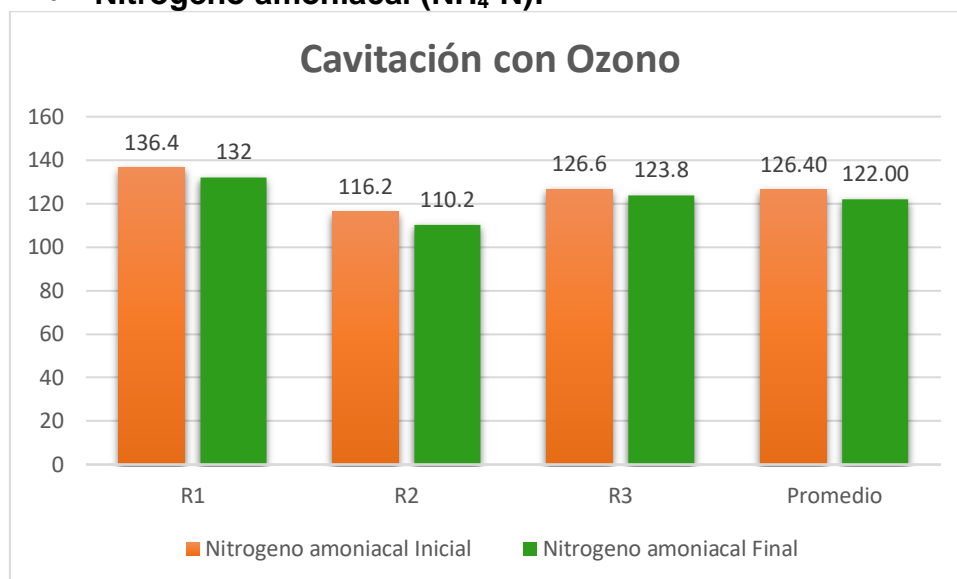


Figura 36. Resultados reducción de NH₄-N con cavitación hidrodinámica en combinación con ozonización

En el gráfico estadístico se visualiza que el NH₄-N en el tratamiento de cavitación hidrodinámica en combinación con ozonización en la primera repetición se redujo de 136.4 mg/L a 132 mg/L, así también en la segunda repetición de 116.2 mg/L a 110.2 mg/L, mientras que en la tercera repetición disminuyó de 126.6 mg/L a 123.8 mg/L. Se concluyó que hubo una reducción en promedio de 126.40 mg/L a 122 mg/L del NH₄-N.

- **Potencial de hidrógeno (pH):**

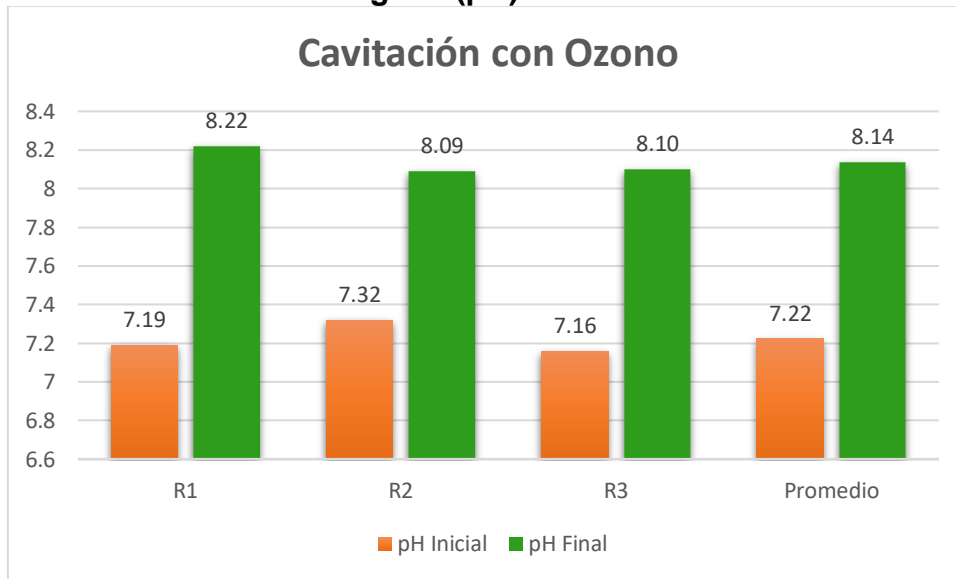


Figura 37. . Resultados reducción de pH con cavitación hidrodinámica en combinación con ozonización

En el presente gráfico estadístico se detalla que el pH en el tratamiento de ozonización en la primera repetición tuvo un aumento de 7.19 de pH a 8.22 de pH, mientras que en la segunda repetición incrementó de 7.32 de pH a 8.09 de pH, así también, en la tercera repetición se elevó de 7.16 de pH a 8.10 de pH. Se concluyó que hubo un aumento en promedio de 7.22 de pH a 8.14 de pH.

- **Temperatura (°C):**

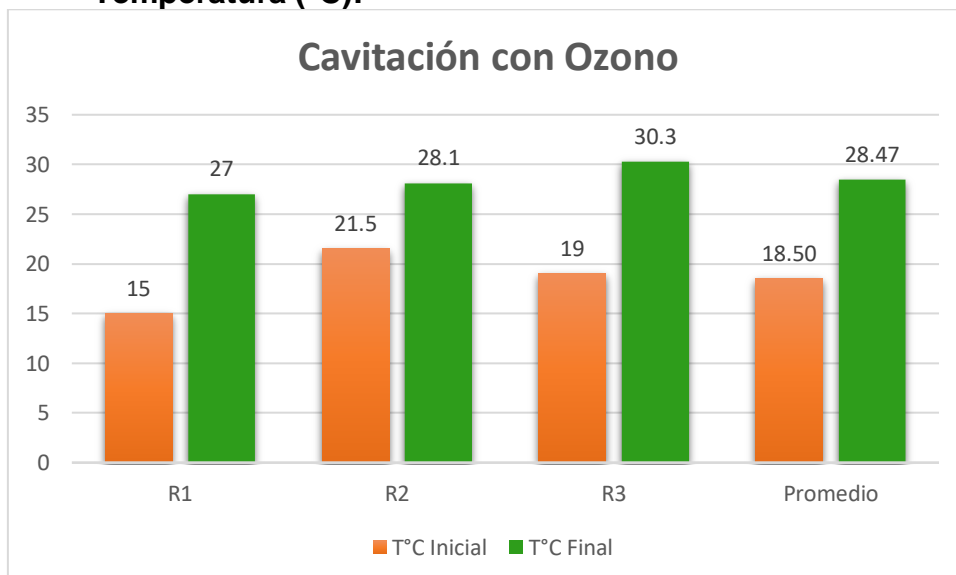


Figura 38. Resultados reducción de T°C con cavitación hidrodinámica en combinación con ozonización

En el gráfico estadístico se observa que la temperatura en el tratamiento de ozonización en la primera repetición aumentó de 15 °C a 27 °C, así también en la segunda repetición aumentó de 21.5 °C a 28.1 °C, mientras que en la tercera repetición aumento de 19 °C a 30.3 °C. Se concluyó que en promedio la temperatura aumentó de 18.5 °C a 28.47 °C.

Porcentajes de reducción:

Los porcentajes de reducción de las concentraciones iniciales y finales de los cuatro procesos se muestran en la siguiente Tabla 7.

Tabla 7. Porcentajes de reducción y aumento de muestras de agua.

Cavitación hidrodinámica con enfriamiento	Porcentajes de reducción y aumento						
	REPETICIONES	DBO	DQO	SST	STD	NH ₄ -N	pH
R1	26.42%	4.81%	64.08%	2.81%	7.13%	+3.2%	
R2	+1.52%	6.85%	51.45%	+6.22%	8.14%	4.82%	
R3	44.33%	36.02%	33.93%	0.82%	0.44%	5.76%	
PROMEDIO	21.12%	18.51%	51.53%	+1.18%	4.87%	1.33%	
Cavitación hidrodinámica sin enfriamiento	Porcentajes de reducción y aumento						
	REPETICIONES	DBO	DQO	SST	STD	NH ₄ -N	pH
R1	32.1%	4.05%	93.21%	+11.42%	5.26%	+4.4%	
R2	25.66%	24.35%	47.58%	+7.21%	0.8%	1.34%	
R3	57.48%	35.42%	32.15%	0.82%	4.55%	+4.95%	
PROMEDIO	33.6%	25.5%	62.22%	+5.43	3.37%	+2.67%	
Ozonización	Porcentajes de reducción y aumento						
	REPETICIONES	DBO	DQO	SST	STD	NH ₄ -N	pH
R1	36.38%	33.77%	55.11%	11.5%	2.06%	+15.02%	
R2	21.16%	16.1%	23.38%	3.71%	3.45%	+10.38%	
R3	35.13%	39.87%	0%	6.36%	0.79%	+12.70	
PROMEDIO	31.22%	30.62%	29.76%	7.31%	2.06%	+12.74%	
Cavitación hidrodinámica en combinación con ozonización	Porcentajes de reducción y aumento						
	REPETICIONES	DBO	DQO	SST	STD	NH ₄ -N	pH
R1	37.16%	33.8%	61.23%	6.93%	2.23%	+14.32%	
R2	35.01%	30.81%	44.16%	+1.23%	5.17%	+10.51%	
R3	57.96%	51.34%	40.3%	8.22%	2.22%	+13.12%	
PROMEDIO	42.19%	61.17%	50.01%	4.88%	3.49%	+12.74%	

Cavitación hidrodinámica con enfriamiento:

Se puede apreciar que para el proceso de Cavitación Hidrodinámica con sistema de enfriamiento la DBO para la primera repetición tuvo una reducción del 26.42%, mientras que en la segunda repetición hubo un aumento del +1.52%, por otra parte, en la tercera repetición hubo una reducción del 44.33% de la concentración de la DBO. Como conclusión se tiene que existe una reducción de 21.12%.

Para la DQO en la primera repetición hubo una reducción del 4.81%, así también en la segunda repetición disminuyó un 6.85%, de la misma forma en la tercera repetición se presentó un 36.02% de la reducción de la concentración de la DQO. El promedio representa una reducción de 18.51% de la DQO.

Para los SST en la primera repetición se presentó una reducción de 64.08%, de la misma manera para la segunda repetición se presentó una disminución de 51.45%, así también en la tercera repetición hubo una reducción del 33.93% de los SST. Como promedio se tiene que se reducen los SST en un 51.53%

Para los STD en la primera repetición se apreció un 2.81% de reducción, mientras que en la segunda repetición hubo un aumento del +6.22%, por otra parte, en la tercera repetición se presentó un 0.82% de la disminución de los STD. El promedio representativo es que se evidenció un aumento de 1.18%.

Para el $\text{NH}_4\text{-N}$ en la primera repetición se presentó una reducción del 7.13%, así también en la segunda repetición se redujo un 8.14%, mientras que en la tercera repetición se presentó una reducción del 0.44% del $\text{NH}_4\text{-N}$. Se concluye que el Nitrógeno amoniacal se redujo en un 4.87%.

Para el pH en la primera repetición se presentó un aumento de 3.2%, mientras que en la segunda y tercera repetición se observó una reducción de 4.82% y 5.76% respectivamente. Como promedio se evidenció una reducción de 1.33%.

Cavitación hidrodinámica sin enfriamiento:

Se puede apreciar que para el proceso de Cavitación Hidrodinámica sin sistema de enfriamiento la DBO para la primera repetición tuvo una reducción del 32.1%, mientras que en la segunda repetición hubo una disminución del 25.66%, por otra parte, en la tercera repetición hubo una reducción del 57.48% de la concentración de la DBO. Como promedio se tuvo una reducción del 33.6%.

Para la DQO en la primera repetición hubo una reducción del 4.05%, así también en la segunda repetición disminuyó un 24.35%, de la misma forma en la tercera repetición se presentó un 35.42% de la reducción de la concentración de la DQO. El promedio representa una disminución de 25.5%.

Para los SST en la primera repetición se presentó una reducción de 93.21%, de la misma manera para la segunda repetición se presentó una disminución de 47.58%, así también en la tercera repetición hubo una reducción del 32.15% de los SST. Como promedio se obtuvo una reducción de 62.22%.

Para los STD en la primera repetición se apreció un aumento de +11.42%, mientras que en la segunda repetición hubo un aumento del +7.21%, por otra parte, en la tercera repetición se presentó un 0.82% de la disminución de los STD. El promedio representa un aumento de 5.43%.

Para el $\text{NH}_4\text{-N}$ en la primera repetición se presentó una reducción del 5.26%, así también en la segunda repetición se redujo un 0.8%, mientras que en la tercera repetición se presentó una reducción del 4.55% del $\text{NH}_4\text{-N}$. Como promedio se tiene una disminución de 3.37%.

Para el pH en la primera y tercera repetición se observó un aumento de +4.4% y +4.95% respectivamente, mientras que en la segunda repetición se obtuvo una reducción de 1.34%. En promedio se observó un aumento de +2.67%.

Ozonización:

Se puede apreciar que para el proceso de ozonización la DBO para la primera repetición tuvo una reducción del 36.38%, mientras que en la segunda repetición hubo una disminución del 21.16%, por otra parte, en la tercera repetición hubo una reducción del 35.13% de la concentración de la DBO. Como promedio se obtuvo una reducción de 31.22%.

Para la DQO en la primera repetición hubo una reducción del 33.77%, así también en la segunda repetición disminuyó un 16.1%, de la misma forma en la tercera repetición se presentó un 39.87% de la reducción de la concentración de la DQO. Se tuvo como promedio una reducción de 30.62%.

Para los SST en la primera repetición se presentó una reducción de 55.11%, de la misma manera para la segunda repetición se presentó una disminución de 23.38%; sin embargo, en la tercera repetición la reducción de los SST fue del 0%. El promedio de reducción fue de 29.76%.

Para los STD en la primera repetición se apreció una reducción de 11.5%, de la misma forma, en la segunda repetición se redujo un 3.71%, por otra parte, en la tercera repetición se presentó un 6.36% de la disminución de los STD. El promedio representa una disminución de 7.31%.

Para el $\text{NH}_4\text{-N}$ en la primera repetición se presentó una reducción del 2.06%, así también en la segunda repetición se redujo un 3.45%, mientras que en la tercera repetición se presentó una reducción del 0.79% del $\text{NH}_4\text{-N}$. Como promedio se obtuvo una disminución de 2.06%.

Para el pH en las tres repeticiones se observó un aumento de +15.02%, +10.38% y +12.70% respectivamente. Se obtuvo como promedio un aumento de +12.74%.

Cavitación hidrodinámica en combinación con ozonización:

Se puede apreciar que para el proceso de cavitación hidrodinámica en combinación con la ozonización la DBO para la primera repetición tuvo una reducción del 37.16%, mientras que en la segunda repetición hubo una disminución del 35.01%, por otra parte, en la tercera repetición hubo una reducción del 57.96% de la concentración de la DBO. Como promedio se obtuvo una reducción de 42.19%.

Para la DQO en la primera repetición hubo una reducción del 33.8%, así también en la segunda repetición disminuyó un 30.81%, de la misma forma en la tercera repetición se presentó un 51.34% de la reducción de la concentración de la DQO. El promedio final fue una reducción de 61.17%.

Para los SST en la primera repetición se presentó una reducción de 61.23%, de la misma manera para la segunda repetición se presentó una disminución de 44.16%; mientras que, en la tercera repetición la reducción fue de 40.3% de los SST. Como promedio se obtuvo una disminución de 50.01%.

Para los STD en la primera repetición se apreció una reducción de 6.93%, mientras que, en la segunda repetición se produjo un aumento de +1.23%, por otra parte, en la tercera repetición se presentó un 8.22% de la disminución de los TDS. Como promedio se obtuvo un resultado de reducción de 4.88%.

Para el $\text{NH}_4\text{-N}$ en la primera repetición se presentó una reducción del 2.23%, así también en la segunda repetición se redujo un 5.17%, mientras que en la tercera repetición se presentó una reducción del 2.22% del $\text{NH}_4\text{-N}$. El promedio fue de una reducción de 3.49%.

Para el pH en la primera, segunda y tercera repetición se obtuvo un aumento de +14.32%, + +10.51% y +13.12% respectivamente. Como promedio hubo un aumento de +12.74%.

Después de realizados los cuatro tratamientos se procedió a colocarlos en vasos precipitados de 250 mL obteniendo resultados visibles de cambio de color marrón claro a uno amarillo transparente.



Figura 39. Resultado de muestra de agua después y antes del proceso combinado

Estadística Inferencial:

Se realizó la estadística inferencial con el objetivo de evidenciar que los resultados obtenidos presentan distribución normal, de igual manera que se cumplan las hipótesis planteadas y la T de student demuestre si se presenta diferencia significativa entre las concentraciones iniciales y finales de la DBO, DQO, SST, STD, $\text{NH}_4\text{-N}$, pH y temperatura al aplicar los tratamientos de cavitación hidrodinámica con enfriamiento, cavitación hidrodinámica sin enfriamiento, ozonización y cavitación hidrodinámica en combinación con ozonización.

* Criterios para determinación de normalidad

P-valor $\geq \alpha$ acepta la Ho= Los resultados poseen distribución normal

P-valor $< \alpha$ acepta la Ho= Los resultados no poseen distribución normal

$\alpha = 0.05$

* Criterios para determinar la Ep

P-valor $\leq \alpha$, se rechaza Ho

P-valor $> \alpha$, no se rechaza la Ho

Estadísticos para cavitación hidrodinámica con enfriamiento:

- Resultados para DBO:

Tabla 8. Normalidad de DBO en cavitación hidrodinámica con enfriamiento

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
DBO (inicial y final)	,327	3	.	,873	3	,303

a. Corrección de significación de Lilliefors

P-valor = 0.303 > 0.05 Los resultados presentan distribución normal

Comprobación de hipótesis:

Ho= No se presenta diferencia significativa en la DBO antes y después de la cavitación hidrodinámica con enfriamiento.

H1= Se presenta diferencia significativa en la DBO antes y después de la cavitación hidrodinámica con enfriamiento.

Tabla 9. Prueba T de student DBO en cavitación hidrodinámica con enfriamiento

Prueba de muestras emparejadas								
	Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
				Inferior	Superior			
Par DBO.T1.inicial 1 - DBO.T1	39,53333	59,78564	34,51726	- 108,98244	188,04911	1,145	2	,371

P-valor = 0.371 > 0.05 , se acepta la Ho

Por consiguiente, no existe diferencia significativa entre la DBO antes y después del tratamiento de cavitación hidrodinámica con enfriamiento, se concluye que la cavitación hidrodinámica con enfriamiento no tiene efectos

significativos sobre el DBO, es decir que la cavitación hidrodinámica con enfriamiento no genera cambios en la DBO de las aguas residuales de camal.

- Resultados para DQO:

Tabla 10. Normalidad de DQO en cavitación hidrodinámica con enfriamiento

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
DQO (inicial y final)	,335	3	.	,858	3	,263

a. Corrección de significación de Lilliefors

P-valor= 0.263 > 0.05 Los resultados presentan distribución normal

Comprobación de hipótesis:

Ho= No se presenta diferencia significativa en la DQO antes y después de la cavitación hidrodinámica con enfriamiento.

H1= Se presenta diferencia significativa en la DQO antes y después de la cavitación hidrodinámica con enfriamiento.

Tabla 11. Prueba T de student DQO en cavitación hidrodinámica con enfriamiento

Prueba de muestras emparejadas								
	Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
				Inferior	Superior			
Par DQO.T1.inicial 1 - DQO.T1	77,26667	94,71580	54,68419	- 158,02043	312,55376	1,413	2	,293

P-valor= 0.293 > 0.05, se acepta la Ho

Por consiguiente, no existe diferencia significativa entre la DQO antes y después del tratamiento de cavitación hidrodinámica con enfriamiento, se concluye que la cavitación hidrodinámica con enfriamiento no tiene efectos significativos sobre el DQO, es decir que la cavitación hidrodinámica con enfriamiento no genera cambios en la DQO de las aguas residuales de camal.

- Resultados para SST:

Tabla 12. Normalidad de los SST en cavitación hidrodinámica con enfriamiento

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
SST (inicial y final)	,250	3	.	,967	3	,652

a. Corrección de significación de Lilliefors

P-valor= 0.652 >0.05 Los resultados presentan distribución normal

Comprobación de hipótesis:

Ho= No se presenta diferencia significativa en la SST antes y después de la cavitación hidrodinámica con enfriamiento.

H1= Se presenta diferencia significativa en la SST antes y después de la cavitación hidrodinámica con enfriamiento.

Tabla 13. Prueba T de student SST en cavitación hidrodinámica con enfriamiento

Prueba de muestras emparejadas								
	Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
				Inferior	Superior			
Par 1 SST.T1.inicial - SST.T1	45,00000	23,89561	13,79613	- 14,35998	104,35998	3,262	2	,083

P-valor= 0.83 > 0.05, se acepta la Ho

Por consiguiente, no existe diferencia significativa entre la SST antes y después del tratamiento de cavitación hidrodinámica con enfriamiento, se concluye que la cavitación hidrodinámica con enfriamiento no tiene efectos significativos sobre el SST, es decir que la cavitación hidrodinámica con enfriamiento no genera cambios en la SST de las aguas residuales de camal.

- Resultados para STD:

Tabla 14. Normalidad de los STD en cavitación hidrodinámica con enfriamiento

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
STD (inicial y final)	,331	3	.	,864	3	,280

a. Corrección de significación de Lilliefors

P-valor= 0.280 >0.05 Los resultados presentan distribución normal

Comprobación de hipótesis:

Ho= No se presenta diferencia significativa en la STD antes y después de la cavitación hidrodinámica con enfriamiento.

H1= Se presenta diferencia significativa en la STD antes y después de la cavitación hidrodinámica con enfriamiento.

Tabla 15. Prueba T de student STD en cavitación hidrodinámica con enfriamiento

Prueba de muestras emparejadas

	Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
				Inferior	Superior			
Par STD.T1.inicial - 1 STD.T1	- 6,66667	27,42870	15,83596	- 74,80332	61,46999	-,421	2	,715

P-valor= 0.715 > 0.05, se acepta la Ho

Por consiguiente, no existe diferencia significativa entre la STD antes y después del tratamiento de cavitación hidrodinámica con enfriamiento, se concluye que la cavitación hidrodinámica con enfriamiento no tiene efectos significativos sobre el STD, es decir que la cavitación hidrodinámica con enfriamiento no genera cambios en la STD de las aguas residuales de camal.

- Resultados para NH₄-N:

Tabla 16. Normalidad del NH₄-N en cavitación hidrodinámica con enfriamiento

Pruebas de normalidad

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
NH ₄ -N (inicial y final)	,205	3	.	,993	3	,840

a. Corrección de significación de Lilliefors

P-valor= 0.840 > 0.05 Los resultados presentan distribución normal

Comprobación de hipótesis:

Ho= No se presenta diferencia significativa en la NH₄-N antes y después de la cavitación hidrodinámica con enfriamiento.

H1= Se presenta diferencia significativa en la NH₄-N antes y después de la cavitación hidrodinámica con enfriamiento.

Tabla 17. Prueba T de student NH₄-N en cavitación hidrodinámica con enfriamiento

Prueba de muestras emparejadas

	Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
				Inferior	Superior			
Par NH ₄ -N.T1.inicial 1 - NH ₄ -N.T1	5,63333	4,81698	2,78109	-6,33272	17,59938	2,026	2	,180

P-valor= 0.180 > 0.05, se acepta la Ho

Por consiguiente, no existe diferencia significativa entre la NH₄-N antes y después del tratamiento de cavitación hidrodinámica con enfriamiento, se concluye que la cavitación hidrodinámica con enfriamiento no tiene efectos significativos sobre el NH₄-N, es decir que la cavitación hidrodinámica con enfriamiento no genera cambios en la NH₄-N de las aguas residuales de camal.

- Resultados para pH:

Tabla 18. Normalidad para el pH en cavitación hidrodinámica con enfriamiento

Pruebas de normalidad

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
pH (inicial y final)	,297	3	.	,918	3	,444

a. Corrección de significación de Lilliefors

P-valor= 0.444 > 0.05 Los resultados presentan distribución normal

Comprobación de hipótesis:

Ho= No se presenta diferencia significante en la pH antes y después de la cavitación hidrodinámica con enfriamiento.

H1= Se presenta diferencia significante en la pH antes y después de la cavitación hidrodinámica con enfriamiento.

Tabla 19. Prueba T de student para pH en cavitación hidrodinámica con enfriamiento

Prueba de muestras emparejadas

	Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
				Inferior	Superior			
Par 1 pH.T1.inicial - pH.T1	- ,10333	,41235	,23807	-1,12767	,92100	-,434	2	,707

P-valor= 0.707 > 0.05, se acepta la Ho

Por consiguiente, no existe diferencia significativa entre la pH antes y después del tratamiento de cavitación hidrodinámica con enfriamiento, se concluye que la cavitación hidrodinámica con enfriamiento no tiene efectos significativos sobre el pH, es decir que la cavitación hidrodinámica con enfriamiento no genera cambios en la pH de las aguas residuales de camal.

- Resultados de la T°C:

Tabla 20. Normalidad de T°C en cavitación hidrodinámica con enfriamiento

Pruebas de normalidad

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
T°C (inicial y final)	,332	3	.	,863	3	,277

a. Corrección de significación de Lilliefors

P-valor= 0.277 > 0.05 Los resultados presentan distribución normal

Comprobación de hipótesis:

Ho= No se presenta diferencia significativa en la T°C antes y después de la cavitación hidrodinámica con enfriamiento.

H1= Se presenta diferencia significativa en la T°C antes y después de la cavitación hidrodinámica con enfriamiento.

Tabla 21. Prueba T de student para T°C en cavitación hidrodinámica con enfriamiento

Prueba de muestras emparejadas

	Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
				Inferior	Superior			
Par T°C.T1.inicial - 1 T°C.T1	- 1,86667	2,42143	1,39801	-7,88184	4,14850	- 1,335	2	,313

P-valor= 0.313 > 0.05, se acepta la Ho

Por consiguiente, no existe diferencia significativa entre la T°C antes y después del tratamiento de cavitación hidrodinámica con enfriamiento, se concluye que la cavitación hidrodinámica con enfriamiento no tiene efectos significativos sobre el T°C, es decir que la cavitación hidrodinámica con enfriamiento no genera cambios en la T°C de las aguas residuales de camal.

Estadísticos para cavitación hidrodinámica sin enfriamiento:

- Resultados para DBO:

Tabla 22. Normalidad de la DBO en cavitación hidrodinámica sin enfriamiento

Pruebas de normalidad

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
DBO (inicial y final)	,208	3	.	,992	3	,830

a. Corrección de significación de Lilliefors

P-valor= 0.830 > 0.05 Los resultados presentan distribución normal

Comprobación de hipótesis:

Ho= No se presenta diferencia significativa en la DBO antes y después de la cavitación hidrodinámica sin enfriamiento.

H1= Se presenta diferencia significativa en la DBO antes y después de la cavitación hidrodinámica sin enfriamiento.

Tabla 23. Prueba T de student de DBO en cavitación hidrodinámica sin enfriamiento

Prueba de muestras emparejadas

	Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
				Inferior	Superior			
Par DBO.T2.inicial 1 - DBO.T2	62,90000	42,77008	24,69332	- 43,34678	169,14678	2,547	2	,126

P-valor= 0.126 > 0.05, se acepta la Ho

Por consiguiente, no existe diferencia significativa entre la DBO antes y después del tratamiento de cavitación hidrodinámica sin enfriamiento, se concluye que la cavitación hidrodinámica sin enfriamiento no tiene efectos significativos sobre el DBO, es decir que la cavitación hidrodinámica sin enfriamiento no genera cambios en la DBO de las aguas residuales de camal.

- Resultados para DQO:

Tabla 24. Normalidad para la DQO en cavitación hidrodinámica sin enfriamiento

Pruebas de normalidad

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
DQO (inicial y final)	,264	3	.	,955	3	,591

a. Corrección de significación de Lilliefors

P-valor= 0.591 > 0.05 Los resultados presentan distribución normal

Comprobación de hipótesis:

Ho= No se presenta diferencia significativa en la DQO antes y después de la cavitación hidrodinámica sin enfriamiento

H1= Se presenta diferencia significativa en la DQO antes y después de la cavitación hidrodinámica sin enfriamiento.

Tabla 25. Prueba T de student DQO en cavitación hidrodinámica sin enfriamiento

Prueba de muestras emparejadas								
	Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
				Inferior	Superior			
Par DQO.T2.inicial 1 - DQO.T2	106,43333	89,03715	51,40562	- 114,74720	327,61386	2,070	2	,174

P-valor= 0.174 > 0.05, se acepta la Ho

Por consiguiente, no existe diferencia significativa entre la DQO antes y después del tratamiento de cavitación hidrodinámica sin enfriamiento, se concluye que la cavitación hidrodinámica sin enfriamiento no tiene efectos significativos sobre el DQO, es decir que la cavitación hidrodinámica sin enfriamiento no genera cambios en la DQO de las aguas residuales de camal.

- Resultados para SST:

Tabla 26. Normalidad para los SST en cavitación hidrodinámica sin enfriamiento

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
	SST (inicial y final)	,221	3	.	,986	3

a. Corrección de significación de Lilliefors

P-valor= 0.775 > 0.05 Los resultados presentan distribución normal

Comprobación de hipótesis:

Ho= No se presenta diferencia significativa en la SST antes y después de la cavitación hidrodinámica sin enfriamiento.

H1= Se presenta diferencia significativa en la SST antes y después de la cavitación hidrodinámica sin enfriamiento.

Tabla 27. Prueba T de student SST en cavitación hidrodinámica sin enfriamiento

Prueba de muestras emparejadas

	Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
				Inferior	Superior			
Par SST.T2.inicial 1 - SST.T2	54,33333	39,27255	22,67402	- 43,22509	151,89176	2,396	2	,139

P-valor= 0.139 > 0.05, se acepta la Ho

Por consiguiente, no existe diferencia significativa entre la SST antes y después del tratamiento de cavitación hidrodinámica sin enfriamiento, se concluye que la cavitación hidrodinámica sin enfriamiento no tiene efectos significativos sobre el SST, es decir que la cavitación hidrodinámica sin enfriamiento no genera cambios en la SST de las aguas residuales de camal.

- Resultados para STD:

Tabla 28. Normalidad de los STD en cavitación hidrodinámica sin enfriamiento

Pruebas de normalidad

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
STD (inicial y final)	,332	3	.	,863	3	,276

a. Corrección de significación de Lilliefors

P-valor= 0.276 > 0.05 Los resultados presentan distribución normal

Comprobación de hipótesis:

Ho= No se presenta diferencia significante en la STD antes y después de la cavitación hidrodinámica sin enfriamiento.

H1= Se presenta diferencia significante en la STD antes y después de la cavitación hidrodinámica sin enfriamiento.

Tabla 29. Prueba T de student STD en cavitación hidrodinámica sin enfriamiento

Prueba de muestras emparejadas

	Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
				Inferior	Superior			
Par STD.T2.inicial 1 - STD.T2	- 30,66667	31,21431	18,02159	- 108,20732	46,87399	-	2	,231

P-valor= 0.231 > 0.05, se acepta la Ho

Por consiguiente, no existe diferencia significativa entre la STD antes y después del tratamiento de cavitación hidrodinámica sin enfriamiento, se concluye que la cavitación hidrodinámica sin enfriamiento no tiene efectos significativos sobre el STD, es decir que la cavitación hidrodinámica sin enfriamiento no genera cambios en la STD de las aguas residuales de camal.

- Resultados para NH₄-N:

Tabla 30. Normalidad del NH₄-N en cavitación hidrodinámica sin enfriamiento

Pruebas de normalidad

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
NH ₄ -N (inicial y final)	,256	3	.	,962	3	,623

a. Corrección de significación de Lilliefors

P-valor= 0.623 > 0.05 Los resultados presentan distribución normal

Comprobación de hipótesis:

Ho= No se presenta diferencia significativa en la NH₄-N antes y después de la cavitación hidrodinámica sin enfriamiento.

H1= Se presenta diferencia significativa en la NH₄-N antes y después de la cavitación hidrodinámica sin enfriamiento.

Tabla 31. Prueba T de student NH₄-N en cavitación hidrodinámica sin enfriamiento

Prueba de muestras emparejadas

	Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
				Inferior	Superior			
Par NH ₄ - 1 N.T2.inicial - NH ₄ -N T2	3,90000	2,65141	1,53080	-2,68648	10,48648	2,548	2	,126

P-valor= 0.126 > 0.05, se acepta la Ho

Por consiguiente, no existe diferencia significativa entre la NH₄-N antes y después del tratamiento de cavitación hidrodinámica sin enfriamiento, se concluye que la cavitación hidrodinámica sin enfriamiento no tiene efectos significativos sobre el NH₄-N, es decir que la cavitación hidrodinámica sin enfriamiento no genera cambios en la NH₄-N de las aguas residuales de camal.

- Resultados para pH:

Tabla 32. Normalidad del pH en cavitación hidrodinámica sin enfriamiento

	Pruebas de normalidad					
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
pH (inicial y final)	,358	3	.	,813	3	,147

a. Corrección de significación de Lilliefors

P-valor= 0.147 >0.05 Los resultados presentan distribución normal

Comprobación de hipótesis:

Ho= No se presenta diferencia significativa en la pH antes y después de la cavitación hidrodinámica sin enfriamiento.

H1= Se presenta diferencia significativa en la pH antes y después de la cavitación hidrodinámica sin enfriamiento.

Tabla 33. Prueba T de student pH en cavitación hidrodinámica sin enfriamiento

	Prueba de muestras emparejadas								
	Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)	
	Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia					
				Inferior	Superior				
Par 1	pH.T2.inicial - pH.T2	- ,20000	,26058	,15044	-,84731	,44731	-1,329	2	,315

P-valor= 0.315 > 0.05, se acepta la Ho

Por consiguiente, no existe diferencia significativa entre la pH antes y después del tratamiento de cavitación hidrodinámica sin enfriamiento, se concluye que la cavitación hidrodinámica sin enfriamiento no tiene efectos significativos sobre el pH, es decir que la cavitación hidrodinámica sin enfriamiento no genera cambios en la pH de las aguas residuales de camal.

- Resultados para la T°C:

Tabla 34. Normalidad para la T°C en cavitación hidrodinámica sin enfriamiento

	Pruebas de normalidad					
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
T°C (inicial y final)	,331	3	.	,866	3	,283

a. Corrección de significación de Lilliefors

P-valor= 0.283 >0.05 Los resultados presentan distribución normal

Comprobación de hipótesis:

Ho= No se presenta diferencia significativa en la T°C antes y después de la cavitación hidrodinámica sin enfriamiento.

H1= Se presenta diferencia significativa en la T°C antes y después de la cavitación hidrodinámica sin enfriamiento.

Tabla 35. Prueba T de student T°C en cavitación hidrodinámica sin enfriamiento

Prueba de muestras emparejadas								
	Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
				Inferior	Superior			
Par T°C.T2.inicial - 1 T°C.T2	- 7,66667	3,38575	1,95477	- 16,07735	,74401	- 3,922	2	,059

P-valor= 0.059 > 0.05, se acepta la Ho

Por consiguiente, no existe diferencia significativa entre la T°C antes y después del tratamiento de cavitación hidrodinámica sin enfriamiento, se concluye que la cavitación hidrodinámica sin enfriamiento no tiene efectos significativos sobre el T°C, es decir que la cavitación hidrodinámica sin enfriamiento no genera cambios en la T°C de las aguas residuales de camal.

Estadísticos para ozonización:

- Resultados para DBO:

Tabla 36. Normalidad de la DBO en ozonización

	Pruebas de normalidad					
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
DBO (inicial y final)	,176	3	.	1,000	3	,983

a. Corrección de significación de Lilliefors

P-valor= 0.983 > 0.05 Los resultados presentan distribución normal

Comprobación de hipótesis:

Ho= No se presenta diferencia significativa en la DBO antes y después de la ozonización.

H1= Se presenta diferencia significativa en la DBO antes y después de la ozonización.

Tabla 37. Prueba T de student DBO en ozonización

Prueba de muestras emparejadas								
	Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
				Inferior	Superior			
Par DBO.T3.inicial 1 - DBO.T3	82,00000	29,45115	17,00363	8,83930	155,16070	4,823	2	,040

P-valor= 0.040<0.05, se acepta la H1

Por consiguiente, existe diferencia significativa entre la DBO antes y después del tratamiento de ozonización, se concluye que la ozonización tiene efectos significativos sobre la DBO, es decir que ozonización produce cambios en la DBO de las aguas residuales de camal

- Resultados para DQO:

Tabla 38. Normalidad para la DQO en ozonización

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
DQO (inicial y final)	,348	3	.	,834	3	,198

a. Corrección de significación de Lilliefors

P-valor= 0.198 >0.05 Los resultados presentan distribución normal

Comprobación de hipótesis:

Ho= No se presenta diferencia significativa en la DQO antes y después de la ozonización.

H1= Se presenta diferencia significativa en la DQO antes y después de la ozonización.

Tabla 39. Prueba T de student DQO en ozonización

Prueba de muestras emparejadas								
	Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
				Inferior	Superior			
Par DQO.T3.inicial 1 - DQO.T3	167,36667	77,98361	45,02386	- 26,35536	361,08869	3,717	2	,065

P-valor= 0.065 > 0.05, se acepta la Ho

Por consiguiente, no existe diferencia significativa entre la DQO antes y después del tratamiento de ozonización, se concluye que la ozonización no tiene efectos significativos sobre la DQO, es decir que la ozonización no genera cambios en la DQO de las aguas residuales de camal.

- Resultados para los STT:

Tabla 40. Normalidad para los SST en ozonización

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
SST (inicial y final)	,253	3	.	,964	3	,637

a. Corrección de significación de Lilliefors

P-valor= 0.637 >0.05 Los resultados presentan distribución normal

Comprobación de hipótesis:

Ho= No se presenta diferencia significativa en la SST antes y después de la ozonización

H1= Se presenta diferencia significativa en la SST antes y después de la ozonización

Tabla 41. Prueba T de student SST en ozonización

	Diferencias emparejadas						t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia					
				Inferior	Superior				
Par SST.T3.inicial 1 - SST.T3	24,00000	27,49545	15,87451	- 44,30249	92,30249	1,512	2	,270	

P-valor= 0.270 > 0.05, se acepta la Ho

Por consiguiente, no existe diferencia significativa entre la SST antes y después del tratamiento de ozonización, se concluye que la ozonización no tiene efectos significativos sobre la SST, es decir que la ozonización no genera cambios en la SST de las aguas residuales de camal.

- Resultados para los STD

Tabla 42. Normalidad para los STD en ozonización

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
STD (inicial y final)	,227	3	.	,983	3	,747

a. Corrección de significación de Lilliefors

P-valor= 0.747 >0.05 Los resultados presentan distribución normal

Comprobación de hipótesis:

Ho= No se presenta diferencia significativa en la STD antes y después de la ozonización.

H1= Se presenta diferencia significativa en la STD antes y después de la ozonización.

Tabla 43. Prueba T de student STD en ozonización

Prueba de muestras emparejadas								
	Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
				Inferior	Superior			
Par STD.T3.inicial 1 - STD.T3	45,00000	26,22975	15,14376	- 20,15832	110,15832	2,972	2	,097

P-valor= 0.097 > 0.05, se acepta la Ho

Por consiguiente, no existe diferencia significativa entre la STD antes y después del tratamiento de ozonización, se concluye que la ozonización no tiene efectos significativos sobre la STD, es decir que la ozonización no genera cambios en la STD de las aguas residuales de camal.

- Resultados para NH₄-N:

Tabla 44. Normalidad para NH₄-N en ozonización

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
NH ₄ -N (inicial y final)	,219	3	.	,987	3	,780

a. Corrección de significación de Lilliefors

P-valor= 0.780 >0.05 Los resultados presentan distribución normal

Comprobación de hipótesis:

Ho= No se presenta diferencia significativa en la NH₄-N antes y después de la ozonización.

H1= Se presenta diferencia significativa en la NH₄-N antes y después de la ozonización.

Tabla 45. Prueba T de student NH₄-N en ozonización

Prueba de muestras emparejadas								
	Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
				Inferior	Superior			
Par NH ₄ - 1 N.T3.inicial - NH ₄ -N.T3	2,60000	1,50997	,87178	-1,15097	6,35097	2,982	2	,096

P-valor= 0.096 > 0.05, se acepta la Ho

Por consiguiente, no existe diferencia significativa entre la NH₄-N antes y después del tratamiento de ozonización, se concluye que la ozonización no tiene efectos significativos sobre la NH₄-N, es decir que la ozonización no genera cambios en la NH₄-N de las aguas residuales de camal.

- Resultados para pH:

Tabla 46. Normalidad para el pH en ozonización

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
pH (inicial y final)	,183	3	.	,999	3	,931

a. Corrección de significación de Lilliefors

P-valor= 0.931 > 0.05 Los resultados presentan distribución normal

Comprobación de hipótesis:

Ho= No se presenta diferencia significativa en la pH antes y después de la ozonización.

H1= Se presenta diferencia significativa en la pH antes y después de la ozonización.

Tabla 47. Prueba T de student pH en ozonización

Prueba de muestras emparejadas

	Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
				Inferior	Superior			
Par pH.T3.inicial - 1 pH.T3	- ,91667	,16010	,09244	-1,31439	-,51895	-9,917	2	,010

P-valor= 0.01 < 0.05, se acepta la H1

Por consiguiente, existe diferencia significativa entre el pH antes y después del tratamiento de ozonización, se concluye que la ozonización tiene efectos significativos sobre el pH, es decir que la ozonización no genera cambios en el pH de las aguas residuales de camal.

- Resultados para la T°C

Tabla 48. Normalidad para la T°C en ozonización

Pruebas de normalidad

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
T°C (inicial y final)	,191	3	.	,997	3	,900

a. Corrección de significación de Lilliefors

P-valor= 0.900 > 0.05 Los resultados presentan distribución normal

Comprobación de hipótesis:

Ho= No se presenta diferencia significante en la T°C antes y después de la ozonización.

H1= Se presenta diferencia significante en la T°C antes y después de la ozonización.

Tabla 49. Prueba T de student T°C en ozonización

Prueba de muestras emparejadas

	Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
				Inferior	Superior			
Par T°C.T3.inicial - 1 T°C.T3	- 10,10000	3,30454	1,90788	- 18,30894	-1,89106	- 5,294	2	,034

P-valor= 0.034 < 0.05, se acepta la H1

Por consiguiente, existe diferencia significativa entre el T°C antes y después del tratamiento de ozonización, se concluye que la ozonización tiene efectos significativos sobre el T°C, es decir que la ozonización no genera cambios en el T°C de las aguas residuales de camal.

Estadísticos para cavitación hidrodinámica en combinación con ozonización:

- Resultados para DBO

Tabla 50. Normalidad para la DBO en cavitación hidrodinámica en combinación con ozonización

	Pruebas de normalidad					
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
DBO (inicial y final)	,217	3	.	,988	3	,789

a. Corrección de significación de Lilliefors

P-valor= 0.789 >0.05 Los resultados presentan distribución normal

Comprobación de hipótesis:

Ho= No se presenta diferencia significativa en la DBO antes y después de la cavitación hidrodinámica en combinación con ozonización.

H1= Se presenta diferencia significativa en la DBO antes y después de la cavitación hidrodinámica en combinación con ozonización.

Tabla 51. Prueba T de student DBO en cavitación hidrodinámica en combinación con ozonización

	Prueba de muestras emparejadas						t	gl	Sig. (bilateral)
	Diferencias emparejadas								
	Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia					
				Inferior	Superior				
Par DBO.T4.inicial 1 - DBO.T4	110,80000	22,78881	13,15713	54,18945	167,41055	8,421	2	,014	

P-valor= 0.014 < 0.05, se acepta la H1

Por consiguiente, existe diferencia significativa entre la DBO antes y después del tratamiento de cavitación hidrodinámica en combinación con ozonización, se concluye que la cavitación hidrodinámica en combinación con ozonización tiene efectos significativos sobre la DBO, es decir que la cavitación

hidrodinámica en combinación con ozonización produce cambios en la DBO de las aguas residuales de camal.

- Resultados para DQO

Tabla 52. Normalidad para la DQO en cavitación hidrodinámica en combinación con ozonización

Pruebas de normalidad

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
DQO (inicial y final)	,213	3	.	,990	3	,806

a. Corrección de significación de Lilliefors

P-valor= 0.806 >0.05 Los resultados presentan distribución normal

Comprobación de hipótesis:

Ho= No se presenta diferencia significativa en la DQO antes y después de la cavitación hidrodinámica en combinación con ozonización.

H1= Se presenta diferencia significativa en la DQO antes y después de la cavitación hidrodinámica en combinación con ozonización.

Tabla 53. Prueba T de student DQO en cavitación hidrodinámica en combinación con ozonización

Prueba de muestras emparejadas

	Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
				Inferior	Superior			
Par DQO.T4.inicial 1 - DQO.T4	212,23333	67,64978	39,05762	44,18195	380,28471	5,434	2	,032

P-valor= 0.032 < 0.05, se acepta la H1

Por consiguiente, existe diferencia significativa entre la DQO antes y después del tratamiento de cavitación hidrodinámica en combinación con ozonización, se concluye que la cavitación hidrodinámica en combinación con ozonización tiene efectos significativos sobre la DQO, es decir que la cavitación hidrodinámica en combinación con ozonización produce cambios en la DQO de las aguas residuales de camal.

- Resultados SST:

Tabla 54. Normalidad de los SST en cavitación hidrodinámica en combinación con ozonización

Pruebas de normalidad

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
SST (inicial y final)	,309	3	.	,900	3	,387

a. Corrección de significación de Lilliefors

P-valor= 0.387 > 0.05 Los resultados presentan distribución normal

Comprobación de hipótesis:

Ho= No se presenta diferencia significativa en la SST antes y después de la cavitación hidrodinámica en combinación con ozonización.

H1= Se presenta diferencia significativa en la SST antes y después de la cavitación hidrodinámica en combinación con ozonización.

Tabla 55. Prueba T de student SST en cavitación hidrodinámica en combinación con ozonización

Prueba de muestras emparejadas

	Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
				Inferior	Superior			
Par 1 SST.T4.inicial - SST.T4	40,33333	17,38774	10,03881	-2,86020	83,52686	4,018	2	,057

P-valor= 0.057 > 0.05, se acepta la Ho

Por consiguiente, no existe diferencia significativa entre la SST antes y después del tratamiento de cavitación hidrodinámica en combinación con ozonización, se concluye que la cavitación hidrodinámica en combinación con ozonización no tiene efectos significativos sobre la SST, es decir que la cavitación hidrodinámica en combinación con ozonización no genera cambios en la SST de las aguas residuales de camal.

- Resultados para STD:

Tabla 56. Normalidad de los STD en cavitación hidrodinámica en combinación con ozonización

Pruebas de normalidad

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
STD (inicial y final)	,334	3	.	,860	3	,266

a. Corrección de significación de Lilliefors

P-valor= 0.266 >0.05 Los resultados presentan distribución normal

Comprobación de hipótesis:

Ho= No se presenta diferencia significativa en la STD antes y después de la cavitación hidrodinámica en combinación con ozonización.

H1= Se presenta diferencia significativa en la STD antes y después de la cavitación hidrodinámica en combinación con ozonización.

Tabla 57. Prueba T de student STD en cavitación hidrodinámica en combinación con ozonización

Prueba de muestras emparejadas

	Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
				Inferior	Superior			
Par STD.T4.inicial 1 - STD.T4	30,00000	32,35738	18,68154	- 50,38019	110,38019	1,606	2	,250

P-valor= 0.057 > 0.05, se acepta la Ho

Por consiguiente, no existe diferencia significativa entre la STD antes y después del tratamiento de cavitación hidrodinámica en combinación con ozonización, se concluye que la cavitación hidrodinámica en combinación con ozonización no tiene efectos significativos sobre la STD, es decir que la cavitación hidrodinámica en combinación con ozonización no genera cambios en la STD de las aguas residuales de camal.

- Resultados para NH₄-N:

Tabla 58. Normalidad para el NH₄-N en cavitación hidrodinámica en combinación con ozonización

Pruebas de normalidad

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
NH ₄ -N (inicial y final)	,175	3	.	1,000	3	1,000

a. Corrección de significación de Lilliefors

P-valor= 1 >0.05 Los resultados presentan distribución normal

Comprobación de hipótesis:

Ho= No se presenta diferencia significativa en la NH₄-N antes y después de la cavitación hidrodinámica en combinación con ozonización.

H1= Se presenta diferencia significativa en la NH₄-N antes y después de la cavitación hidrodinámica en combinación con ozonización.

Tabla 59. Prueba T de student NH₄-N en cavitación hidrodinámica en combinación con ozonización

Prueba de muestras emparejadas								
	Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
				Inferior	Superior			
Par NH ₄ - 1 N.T4.inicial - NH ₄ -N.T4	4,4000 0	1,60000	,92376	,42538	8,37462	4,7 63	2	,041

P-valor= 0.041 < 0.05, se acepta la H1

Por consiguiente, existe diferencia significativa entre la NH₄-N antes y después del tratamiento de cavitación hidrodinámica en combinación con ozonización, se concluye que la cavitación hidrodinámica en combinación con ozonización tiene efectos significativos sobre la NH₄-N, es decir que la cavitación hidrodinámica en combinación con ozonización produce cambios en la NH₄-N de las aguas residuales de camal.

- Resultados para pH:

Tabla 60. Normalidad para el pH en cavitación hidrodinámica en combinación con ozonización

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
pH (inicial y final)	,247	3	.	,969	3	,664

a. Corrección de significación de Lilliefors

P-valor= 0.664 > 0.05 Los resultados presentan distribución normal

Comprobación de hipótesis:

Ho= No se presenta diferencia significativa en la pH antes y después de la cavitación hidrodinámica en combinación con ozonización.

H1= Se presenta diferencia significativa en la pH antes y después de la cavitación hidrodinámica en combinación con ozonización.

Tabla 61. Prueba T de student pH en cavitación hidrodinámica en combinación con ozonización

Prueba de muestras emparejadas

	Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
				Inferior	Superior			
Par 1 pH.T4.inicial - pH.T4	- ,91333	,13204	,07623	-1,24133	-,58534	11,981	2	,007

P-valor= 0.007<0.05, se acepta la H1

Por consiguiente, existe diferencia significativa entre la pH antes y después del tratamiento de cavitación hidrodinámica en combinación con ozonización, se concluye que la cavitación hidrodinámica en combinación con ozonización tiene efectos significativos sobre la pH, es decir que la cavitación hidrodinámica en combinación con ozonización produce cambios en la pH de las aguas residuales de camal.

- Resultados para la T°C:

Tabla 62. Normalidad para la T°C en cavitación hidrodinámica en combinación con ozonización

Pruebas de normalidad

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
T°C (inicial y final)	,342	3	.	,845	3	,228

a. Corrección de significación de Lilliefors

P-valor= 0.228>0.05 Los resultados presentan distribución normal

Comprobación de hipótesis:

Ho= No se presenta diferencia significante en la T°C antes y después de la cavitación hidrodinámica en combinación con ozonización.

H1= Se presenta diferencia significante en la T°C antes y después de la cavitación hidrodinámica en combinación con ozonización.

Tabla 63. Prueba T de student T°C en cavitación hidrodinámica en combinación con ozonización

Prueba de muestras emparejadas

	Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
				Inferior	Superior			
Par 1 T°C.T4.inicial - T°C.T4	- 9,96667	2,93655	1,69542	- 17,26146	-2,67187	- 5,879	2	,028

P-valor= 0.028<0.05, se acepta la H1

Por consiguiente, existe diferencia significativa entre la T°C antes y después del tratamiento de cavitación hidrodinámica en combinación con ozonización, se concluye que la cavitación hidrodinámica en combinación con ozonización tiene efectos significativos sobre la T°C, es decir que la cavitación hidrodinámica en combinación con ozonización produce cambios en la T°C de las aguas residuales de camal.

IV. DISCUSIÓN

Se realizaron cuatro tratamientos mediante cavitación hidrodinámica y ozonización para muestra de agua residual de camal, siendo estos cavitación hidrodinámica con sistema de enfriamiento, cavitación hidrodinámica sin sistema de enfriamiento, ozonización y por último cavitación hidrodinámica en combinación con ozonización, los cuales tuvieron un tiempo de duración de 90 minutos cada uno. Como resultado se tuvo que en el caso del proceso de cavitación hidrodinámica la presión fue constante obteniendo cada 5 minutos la cifra de 4 bar, al igual que Capocelli et al. (2014) que demostró mayor eficiencia degradando p-nitrofenol con cavitación a una presión controlada de 0.4 M Pa, pero para la presente investigación se dio como resultado que el proceso de cavitación hidrodinámica tuvo un porcentaje de reducción promedio de 56.87% para la degradación de SST. Demostrando que este proceso tiene una mayor reducción de Sólidos Suspendidos Totales a presión de 4 bar.

Así mismo, Thanekar, Panda y Gogate (2018) degradaron carbamazepina en aguas residuales con el proceso de cavitación hidrodinámica y otros procesos de oxidación avanzada comprobando efectivamente que con la presión óptima de 4 bar y pH 4 se obtiene una degradación máxima de 38.7% de CBZ.

Por otra parte, Raut Jadhav, Saharan, Virendra K., et al. (2013) utilizando la cavitación hidrodinámica en combinación con fenton degradó por completo imidacloprid en 15 minutos, mientras que en su proceso combinado de cavitación hidrodinámica con H₂O₂ degradó imidacloprid en 45 minutos. Se puede inferenciar que la cavitación hidrodinámica en combinación con fenton es más efectiva para la reducción de imidacloprid en menos tiempo a comparación del H₂O₂. En la investigación se comprobó que el uso de ozono en combinación con cavitación hidrodinámica otorgó una mayor reducción de parámetros como DQO y DBO pero en el tiempo de 90 minutos.

Además Arias et al. (2017) uso coagulante a base de semilla de árbol *M. Oleifera* para el tratamiento de aguas de una central de sacrificio a través del test de jarras, y obtuvo como resultado una reducción entre 20% y 60% de SST, DBO y DQO. Mientras que la investigación usando el mismo efluente de aguas residuales de camal, pero con tratamiento de cavitación hidrodinámica y ozonización se obtuvo una reducción entre 18% y 62% para SST, DBO y DQO. Obteniendo resultados similares para estos tres parámetros.

El tratamiento de cavitación hidrodinámica se realizó a través de dos variaciones, una en la cual se utilizó un sistema de enfriamiento y la otra en donde no se aplicó este. En el proceso con el sistema de enfriamiento se obtuvo una reducción de DBO del 22.12%, así también la DQO se degradó en 18.51%, los SST disminuyeron en 51.53%, mientras que los STD aumentaron en un 1.18%, por otra parte, el $\text{NH}_4\text{-N}$ disminuyó en 4.87%, además el pH se redujo en 1.33%. En contraste, con el proceso sin el sistema de enfriamiento, en donde se obtuvo una reducción de DBO del 33.6%, así también la DQO se degradó en 25.5%, los SST disminuyeron en 62.22%, mientras que los STD aumentaron en un 5.43%, por otra parte, el $\text{NH}_4\text{-N}$ disminuyó en 3.37%, además el pH se aumentó en 2.67%. Es así que, Pravin et al. (2019) en su investigación realizó tratamiento de aguas con cavitación hidrodinámica para la disminución de nitrógeno amoniacal con 4 amino-fenol como contaminante orgánico, el proceso duro 120 minutos y el pH estuvo en el rango de 6.9 a 7.3 finalmente se redujo el nitrógeno amoniacal en un 45.5% a una presión de 0.5 bar. A comparación de la investigación donde se obtuvo como resultado una reducción de nitrógeno amoniacal entre 3% y 4% usando la cavitación hidrodinámica, pero con efluente de camal.

Mientras que autores como Lafuente y López (2018) ; Maršálek et al. (2020) utilizaron la cavitación hidrodinámica con descarga de plasma en frío obteniendo una desinfección de la biomasa cianobacteriana del 99.5%; del mismo modo, Dong y Zhao (2018) aplicaron la cavitación hidrodinámica para eliminar los microorganismos patógenos en agua cruda. Así también, Badve et al. (2013) utilizaron H_2O_2 y cavitación hidrodinámica aumentando el porcentaje de reducción del DQO a 89%. De ello se deduce que la cavitación hidrodinámica es eficaz para la desinfección y reducción de bacterias, microorganismos patógenos y carga orgánica. Como se comprobó en la investigación obteniendo una mayor reducción de carga orgánica con valores de entre 18% y 33% utilizando la cavitación hidrodinámica sin la adición de productos o soluciones químicas, al igual que, Adnađević et al. (2019) ya que eliminaron diuron herbicida en aguas residuales mediante cavitación hidrodinámica sin utilizar productos químicos.

Por otra parte, para el proceso de ozonización se obtuvo una reducción de DBO del 31.22%, así también la DQO se degradó en 30.62%, los SST

disminuyeron en 29.76%, mientras que los STD se redujeron en un 7.31%, por otra parte, el $\text{NH}_4\text{-N}$ disminuyó en 2.06%, además el pH aumentó en un 12.74%. No obstante, autores como, García et al. (2013) degradaron la carga orgánica de aguas residuales a través de oxidación electroquímica y ozonización, presentando una reducción de la DQO de 45% con ozonización a comparación de la oxidación electroquímica que se redujo un 99.9% de la DQO. Además, De Torres-Socías et al. (2013), aplicaron una combinación entre el ozono y el H_2O_2 obteniendo óptimos resultados en la degradación de la DQO, DBO y SST.

Luo et al. (2015) degradó nitrógeno amoniacal utilizando ozonización en dos etapas, en la primera se alcanzó una degradación de 59.32% y el pH disminuyó a 6.63 bajo las condiciones de flujo de ozono de 1 L/min durante 120 minutos; mientras que, en la segunda etapa se dio una degradación del 85%. En cuanto a, Ramírez-Ramírez et al. (2016) emplearon la ozonización en el tratamiento de agua residual, logrando una degradación de fenoles del 92% y de la DQO fue del 50%. Por lo que refiere, Hajjali (2018) utilizó la ozonización en el tratamiento de aguas residuales de la industria papelera, reduciendo porcentualmente la DQO en un 75% como máximo. Así también, Morillo et al. (2019) utilizaron el H_2O_2 , carbón activado y ozono para degradar cianuro, el cual fue casi eliminado en su totalidad, teniendo como concentración final 0.08 mg/L.

Se obtuvo resultados de disminución de DBO en un 42.19% y DQO en un 61.17% para efluente de agua de camal durante el proceso de cavitación hidrodinámica en combinación con ozonización mientras que Meza (2019) realizó el proceso de cavitación hidrodinámica aplicando H_2O_2 en efluente de lixiviados de relleno sanitario, resultando como mejor tiempo un periodo de 30 minutos y reduciendo la DBO en un 51.55% y DQO en un 53.20%.

Además de ello en el proceso de cavitación hidrodinámica en combinación con ozonización se obtuvo que los SST disminuyeron en 50.01%, mientras que los STD se redujeron en un 4.88%, por otra parte, el $\text{NH}_4\text{-N}$ disminuyó en 3.49%, además el pH aumentó en 12.74%. Como menciona Karamah y Nurcahyani (2019) en su estudio, que degradaron 100 ppm de Blue KN-R utilizando ozonización, cavitación hidrodinámica y la combinación de ambos métodos durante 60 min, su resultado para el método combinado fue de mayor reducción teniendo una degradación de 92.63%. Los autores concluyen el método

combinado dio un efecto sinérgico. Por otra parte, Gogate y Patil (2015) emplearon la cavitación hidrodinámica, reactivo de fenton la ozonización para eliminar triazofos, en donde el proceso de reactivo de fenton tuvo una reducción del 80%, en contraste con la cavitación hidrodinámica con la ozonización que logró la degradación completa de triazofos. En cuanto a, Jung et al. (2015); Nikita y Syed (2016); Li et al. (2020); Sharma et al. (2013) ; Hajjali (2018) ; Dhanke y Wagh (2020) utilizaron la cavitación hidrodinámica en combinación con la ozonización para el tratamiento de aguas residuales, en donde se redujo el DQO en un 64% durante 120 minutos mediante la cavitación hidrodinámica, se degradó el 91.11% de colorante RhB por cavitación hidrodinámica, se decoloró el 99.99% de colorante rojo 135 mediante ozonización, se disminuyeron los sólidos totales y suspendidos mediante ozonización, se degradó el 88.1% de AR-18 por cavitación hidrodinámica. Esto quiere decir que la cavitación hidrodinámica en combinación con ozonización u otro proceso de oxidación avanzada otorga un complemento en cuanto la degradación de contaminantes, como afirma Zuriaga (2017) que el efecto sinérgico de los tratamientos con cavitación hidrodinámica y oxidación de ozono permite acelerar la etapa de hidrólisis debido a que aumenta la degradación de los microcontaminantes.

V. CONCLUSIONES

Se logró disminuir la concentración de la carga orgánica y nitrogenada de las aguas residuales de camal mediante los tratamientos de cavitación hidrodinámica y ozonización demostrando que son técnicas eficaces para reducir parámetros como DBO, DQO, SST y $\text{NH}_4\text{-N}$ en el caso de los STD tuvieron un ligero aumento en el tratamiento de ozonización y la combinación de cavitación hidrodinámica y ozonización.

Se determinó la degradación de la carga orgánica y nitrogenada de las aguas residuales de camal, mediante el tratamiento de cavitación hidrodinámica el cual se realizó en dos variaciones, con un sistema de enfriamiento y sin este. En donde se obtuvo una degradación de la carga orgánica representada por la DBO entre el 20-34%, DQO entre el 18%-26%, SST entre 51%-62% y los STD presentaron un aumento entre 1% - 5%, mientras que la carga nitrogenada representada por el $\text{NH}_4\text{-N}$ tuvo una reducción entre el 3-4%, con estos tratamientos. Sin embargo, en el tratamiento de cavitación hidrodinámica con el sistema de enfriamiento no se obtuvo diferencia significativa en la reducción del DBO, DQO y $\text{NH}_4\text{-N}$, de la misma manera en el tratamiento de cavitación sin sistema de enfriamiento no se obtuvo diferencia significativa en la reducción de la DBO, DQO y $\text{NH}_4\text{-N}$ siendo demostrado mediante el análisis inferencial. Concluyendo que el tratamiento de cavitación con sistema de enfriamiento y sin este, no son eficientes para la degradación de la carga orgánica y nitrogenada de las aguas residuales de camal.

Se determinó la disminución de la carga orgánica y nitrogenada de las aguas residuales de camal del distrito del Agustino, a través del tratamiento de ozonización. En el cual se obtuvo una disminución de la DBO del 31.22%, la DQO del 30.62%, SST del 29.76%, STD del 7.31% y $\text{NH}_4\text{-N}$ de 2.06%. Se demostró en el tratamiento de ozono, existe diferencia significativa en la reducción de la DBO, no obstante, no se presentó diferencia significativa en la disminución de la DQO y $\text{NH}_4\text{-N}$, demostrado mediante el análisis inferencial de los resultados. Por ello el tratamiento con ozono, solo presenta resultados relevantes, en la degradación de la DBO.

Por otra parte, se determinó la disminución de la carga orgánica y nitrogenada de las aguas residuales de camal del distrito del Agustino, utilizando la técnica combinada de la cavitación hidrodinámica y la ozonización. Debido a esto, el porcentaje de reducción para la DBO fue de 42.19%, DQO de 61.17%, SST de 50.01%, STD de 4.88% y $\text{NH}_4\text{-N}$ de 3.49%. En este tratamiento se presentó diferencia significativa en la reducción de la DBO, DQO y $\text{NH}_4\text{-N}$, verificado por el análisis inferencial de los resultados. En conclusión, el mejor tratamiento para las aguas residuales de camal fue el tratamiento de cavitación hidrodinámica en combinación con ozonización.

VI. RECOMENDACIONES

Para futuras investigaciones se recomienda realizar mayor cantidad de pruebas haciendo uso de la inyección de aire en lugar del ozono.

Se recomienda llevar a cabo las pruebas con un catalizador como el dióxido de titanio comparar si existen cambios importantes en el proceso de la cavitación hidrodinámica en combinación con la ozonización.

Se recomienda realizar una comparación entre la cavitación con placas orificio y cavitación con tubos Venturi para comprobar cual obtiene mejores resultados.

Después de cada proceso de cavitación hidrodinámica se recomienda realizar una limpieza de las tuberías con agua destilada para eliminar cualquier resto de contaminantes o partículas que puedan variar los resultados finales. Además de ello al terminar cada proceso de noventa minutos se sugiere retirar el filtro del equipo de cavitación para lavar y eliminar cualquier partícula que quede acumulada en él.

REFERENCIAS

ADNAĐEVIC, B.K., JOVANOVIĆ, J.D., PETKOVIĆ, S.D. y RANKOVIĆ, D.P., 2019. Removal of Diuron from Waste Waters by Hydrodynamic Cavitation. *Russian Journal of Physical Chemistry A*, vol. 93, no. 13, pp. 2650-2655. ISSN 1531863X. DOI 10.1134/S003602441913003X.

ANA, 2016. El agua en cifras | ANA web - Autoridad Nacional del Agua. [en línea]. [Consulta: 26 abril 2020]. Disponible en: <https://www.ana.gob.pe/contenido/el-agua-en-cifras>

ARIAS HOYOS, A., HERNÁNDEZ MEDINA, J.L., CASTRO VALENCIA, A.F. y SÁNCHEZ PEÑA, N.E., 2017. Tratamiento de aguas residuales de una central de sacrificio: uso del polvo de la semilla de la M.oleífera como coagulante natural. *Bioteología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, vol. Edición Es, no. 1, pp. 29. ISSN 1909-9959. DOI 10.18684/bsaa(15)29-39.

BADVE, M., GOGATE, P., PANDIT, A. y CSOKA, L., 2013. Hydrodynamic cavitation as a novel approach for wastewater treatment in wood finishing industry. *Separation and Purification Technology* [en línea], vol. 106, pp. 15-21. ISSN 13835866. DOI 10.1016/j.seppur.2012.12.029. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.seppur.2012.12.029>.

BURZIO, E., BERSANI, F., CARIDI, G.C.A., VESIPA, R., RIDOLFI, L. y MANES, C., 2020. Water disinfection by orifice-induced hydrodynamic cavitation. *Ultrasonics Sonochemistry*, vol. 60. ISSN 18732828. DOI 10.1016/j.ultsonch.2019.104740.

CAPOCELLI, M., PRISCIANDARO, M., LANCIA, A. y MUSMARRA, D., 2014. Hydrodynamic cavitation of p-nitrophenol: A theoretical and experimental insight. *Chemical Engineering Journal*, vol. 254, pp. 1-8. ISSN 13858947. DOI 10.1016/j.cej.2014.05.102.

CASTILLO, M.F., SALAS, E.H. y ALCANTARA, R.B., 2018. Estadísticas Ambientales. [en línea]. [Consulta: 26 abril 2020]. Disponible en: https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/boletines/03-informe-tecnico-n03_estadisticas-ambientales-feb2018.pdf.

CHUQUIMBOQUES MARRERO, J., ROJAS, J.V., MENDOZA BOBADILLA, J., 2019. Optimización de la remoción simultánea de nitrato, nitrito, amonio y fosfato de aguas residuales municipales. *Rev Soc Quím Perú*, vol. 85.

CIRELLI, A.F., 2012. El agua: un recurso esencial. *Química Viva*, vol. 11, núm. 3, diciembre, pp. 147-170 Universidad de Buenos Aires Buenos Aires, Argentina

COLIN BAIRD., 2014. Química ambiental. [en línea]. [Consulta: 1 mayo 2020]. Disponible en: <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=59zeDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR2&dq=química+ambiental&ots=onFudKxgA4&sig=ZvnToeRgvFHVI-rcL3YQKiiUFBQ#v=snippet&q=agua &f=false>.

CONSEJO NACIONAL DE CIENCIA TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN

TECNOLÓGICA (CONCYTEC), 2018. Ley de Marco de Ciencia Tecnología e Innovación Tecnológica Ley del Concytec. *El Peruano*, pp. 4-8.

DE TORRES SOCÍAS, E., FERNÁNDEZ CALDERERO, I., OLLER, I., TRINIDAD LOZANO, M.J., YUSTE, F.J. y MALATO, S., 2013. Cork boiling wastewater treatment at pilot plant scale: Comparison of solar photo-Fenton and ozone (O₃, O₃/H₂O₂). Toxicity and biodegradability assessment. *Chemical Engineering Journal*, vol. 234, pp. 232-239. ISSN 13858947. DOI 10.1016/j.cej.2013.08.072.

DHANKE, P.B. y WAGH, S.M., 2020. Intensification of the degradation of Acid RED-18 using hydrodynamic cavitation. *Emerging Contaminants*, vol. 6, pp. 20-32. ISSN 24056642. DOI 10.1016/j.emcon.2019.12.001.

DONG, Z., ZHANG, K. y YAO, R., 2019. Degradation of refractory pollutants by hydrodynamic cavitation: Key parameters to degradation rates. *Journal of Hydrodynamics*, vol. 31, no. 4, pp. 848-856. ISSN 18780342. DOI 10.1007/s42241-018-0131-5.

DONG, Z. y ZHAO, W., 2018. Killing rate of colony count by hydrodynamic cavitation due to square multi-orifice plates. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, vol. 121, no. 2, pp. 1-7. ISSN 17551315. DOI 10.1088/1755-1315/121/2/022004.

DULAR, M., GRIESSLER BULC, T., GUTIERREZ AGUIRRE, I., HEATH, E., KOSJEK, T., KRIVOGRAD KLEMENČIČ, A., ODER, M., PETKOVŠEK, M., RAČKI, N., RAVNIKAR, M., ŠARC, A., ŠIROK, B., ZUPANC, M., ŽITNIK, M. y KOMPARE, B., 2016. Use of hydrodynamic cavitation in (waste)water treatment. *Ultrasonics Sonochemistry* [en línea], vol. 29, pp. 577-588. ISSN 18732828. DOI 10.1016/j.ultsonch.2015.10.010. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ultsonch.2015.10.010>.

DIAZ FERNANDEZ, J., 2018 . Ecuaciones y cálculos para el tratamiento de aguas. [en línea]. [Consulta: 30 abril 2020]. Disponible en: <https://books.google.com.pe/books?id=WUaCDwAAQBAJ&pg=PA454&dq=ozono+en+tratamiento+de+aguas&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwixgpfciPHpAhWrmuAKHXIVDTIQ6AEIRDAD#v=onepage&q=ozono+en+tratamiento+de+aguas&f=false>.

ELIZABETH DEPOY, E., GITLIN, L., 2011. Introduction to Research - E-Book: Understanding and Applying Multiple. [en línea]. [Consulta: 6 mayo 2020]. Disponible en: https://books.google.com.pe/books?id=5crsAwAAQBAJ&pg=PA46&dq=level+of+explanatory+research&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwisgYes1J_pAhWJ6KYKHToXCAsQ6AEIWjAF#v=onepage&q=level+of+explanatory+research&f=false.

GARCÍA MORALES, M.A., ROA MORALES, G., BARRERA DÍAZ, C., BILYEU, B. y RODRIGO, M.A., 2013. Synergy of electrochemical oxidation using boron-doped diamond (BDD) electrodes and ozone (O₃) in industrial wastewater treatment. *Electrochemistry Communications*, vol. 27, pp. 34-37. ISSN 13882481. DOI 10.1016/j.elecom.2012.10.028.

GOGATE, P.R. y PATIL, P.N., 2015. Combined treatment technology based on synergism between hydrodynamic cavitation and advanced oxidation processes. *Ultrasonics Sonochemistry* [en línea], vol. 25, no. 1, pp. 60-69. ISSN 18732828. DOI 10.1016/j.ultsonch.2014.08.016. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ultsonch.2014.08.016>.

GUTIÉRREZ MOSQUERA, L.F., ARIAS GIRALDO, S. y CARDONA NARANJO, D.F., 2019. Hydrodynamic Cavitation: Engineering and Agribusiness Approach. , vol. 24.

HAJIALI, A., 2018. Ozone Usage in Wastewater Treatment of a Paper Industry for Removing Soluble and Suspended Chemical Oxygen Demand. , vol. 2, no. 2, pp. 15-18.

HERNÁNDEZ SAMPIERI, R., FERNÁNDEZ COLLADO, C. y BAPTISTA LUCIO, M. del P., 2014. *Metodología de la Investigación Científica*. S.l.: s.n. ISBN 9781456223960.

HERNÁNDEZ, C.E. y CARPIO, N., 2019. Introducción a los tipos de muestreo. *ALERTA Revista Científica del Instituto Nacional de Salud*, vol. 2, no. 1, pp. 75-79. DOI 10.5377/alerta.v2i1.7535.

IANAS, 2018. *Calidad del Agua en las Américas*. S.l.: s.n. ISBN 9786078379330.

JUNG, K.W., PARK, D.S., HWANG, M.J. y AHN, K.H., 2015. Decolorization of Acid Orange 7 by an electric field-assisted modified orifice plate hydrodynamic cavitation system: Optimization of operational parameters. *Ultrasonics Sonochemistry*, vol. 26, pp. 22-29. ISSN 18732828. DOI 10.1016/j.ultsonch.2015.02.010.

KARAMAH, E.F. y NURCAHYANI, P.A., 2019. Degradation of blue KN-R Dye in Batik effluent by an advanced oxidation process using a combination of ozonation and hydrodynamic cavitation. *Indonesian Journal of Chemistry*, vol. 19, no. 1, pp. 41-47. ISSN 24601578. DOI 10.22146/ijc.26733.

LAFUENTE FLORES, E.F. y LÓPEZ CEVALLOS, H.A., 2018. Desinfección bacteriana de aguas residuales utilizando cavitación hidrodinámica a través de un tubo Venturi. *Congreso de Ciencia y Tecnología ESPE*, vol. 13, no. 1, pp. 1-5. ISSN 1390-4663. DOI 10.24133/cctespe.v13i1.808.

LI, G., YI, L., WANG, J. y SONG, Y., 2020. Hydrodynamic cavitation degradation of Rhodamine B assisted by Fe³⁺-doped TiO₂: Mechanisms, geometric and operation parameters. *Ultrasonics Sonochemistry*, vol. 60, ISSN 18732828. DOI 10.1016/j.ultsonch.2019.104806.

LÓPEZ TARABOCHIA, M., 2018. Perú: El 70 % de los ríos no puede ser desviado para consumo de agua en la costa. [en línea]. [Consulta: 27 abril 2020]. Disponible en: <https://es.mongabay.com/2016/10/rios-hidroelectricas-mineria-petroleo-mongabay/>.

LUO, X., YAN, Q., WANG, C., LUO, C., ZHOU, N. y JIAN, C., 2015. Treatment of ammonia nitrogen wastewater in low concentration by two-stage ozonation.

International Journal of Environmental Research and Public Health, vol. 12, no. 9, pp. 11975-11987. ISSN 16604601. DOI 10.3390/ijerph120911975.

MARŠÁLEK, B., MARŠÁLKOVÁ, E., ODEHNALOVÁ, K., POCHYLÝ, F., RUDOLF, P., STAHEL, P., RAHEL, J., ČECH, J., FIALOVÁ, S. y ZEZULKA, Š., 2020. Removal of *Microcystis aeruginosa* through the combined effect of plasma discharge and hydrodynamic cavitation. *Water (Switzerland)*, vol. 12, no. 1, pp. 1-17. ISSN 20734441. DOI 10.3390/w12010008.

MEZA, A.Z., 2019. Evaluación del tratamiento de lixiviados de rellenos sanitarios mediante cavitación hidrodinámica. S.l.:

MORILLO ESPARZA, J., CEVALLOS CUEVA, N., SANDOVAL PAUKER, C., VARGAS JENTZSCH, P. y MUÑOZ BISESTI, F., 2019. Combined treatment using ozone for cyanide removal from wastewater: A comparison. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, vol. 35, no. 2, pp. 459-467. ISSN 01884999. DOI 10.20937/RICA.2019.35.02.16.

MOYA LLAMAS, M.J., 2018. Efecto de la carga orgánica en la eliminación de microcontaminantes, materia orgánica y nutrientes en un sistema UASB-MBR escala piloto para el tratamiento de aguas residuales de tipo urbano. pp. 217.

NIKITA PARESHBHAI, T. y SYED, H., 2016. Dye Wastewater Treatment By Hydrodynamic Cavitation Process. , no. 3, pp. 2395-4396.

PRAVIN B. PATIL, VINAY M. BHANDARI, VIVEK V.RANADE, 2019. Mejora de la eficiencia para la eliminación de nitrógeno amoniacal de las aguas residuales mediante cavitación hidrodinámica.

RAJORIYA, S., CARPENTER, J. y SAHARAN, V.K., 2015. Cavitación hidrodinámica: un proceso de oxidación avanzado para la degradación de contaminantes biorefractarios.

RAMÍREZ RAMÍREZ, N., DEL CARMEN ESPINOSA LLORÉNS, M., FERNÁNDEZ GARCÍA, L.A., VÉLIZ LORENZO, E. y RAMOS RODRÍGUEZ, Y., 2016. Tratamiento con ozono de agua residual con taninos de curtiduría al vegetal. *Tecnología y Ciencias del Agua*, vol. 7, no. 3. pp. 53-73. ISSN 20072422.

RAUT JADHAV, S., SAHARAN, V., PINJARI, D., SONAWANE, S., SAINI, D. y PANDIT, A., 2013. Synergetic effect of combination of AOP's (hydrodynamic cavitation and H₂O₂) on the degradation of neonicotinoid class of insecticide. *Journal of Hazardous Materials*, vol. 261, pp. 139-147. ISSN 03043894. DOI 10.1016/j.jhazmat.2013.07.012.

RAUT JADHAV, S., SAHARAN, V., PINJARI, D. V., SAINI, D.R., SONAWANE, S.H. y PANDIT, A.B., 2013. Intensification of degradation of imidacloprid in aqueous solutions by combination of hydrodynamic cavitation with various advanced oxidation processes (AOPs). *Journal of Environmental Chemical Engineering*, vol. 1, no. 4, pp. 850-857. ISSN 22133437. DOI 10.1016/j.jece.2013.07.029.

SHARMA, S., BUDDHDEV, J., PATEL, M. y RUPARELIA, J.P., 2013. Studies on

degradation of reactive red 135 dye in wastewater using ozone. *Procedia Engineering* [en línea]. vol. 51, pp. 451-455. ISSN 18777058. DOI 10.1016/j.proeng.2013.01.063. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.proeng.2013.01.063>.

THALMANN, B., VOEGELIN, A., VON GUNTEN, U., BEHRA, R., MORGENROTH, E. y KAEGI, R., 2015. Effect of Ozone Treatment on Nano-Sized Silver Sulfide in Wastewater Effluent. *Environmental Science and Technology*, vol. 49, no. 18, pp. 10911-10919. ISSN 15205851. DOI 10.1021/acs.est.5b02194.

THANEKAR, P., PANDA, M. y GOGATE, P.R., 2018. Degradation of carbamazepine using hydrodynamic cavitation combined with advanced oxidation processes. *Ultrasonics Sonochemistry* [en línea], vol. 40, pp. 567-576. ISSN 18732828. DOI 10.1016/j.ultsonch.2017.08.001. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ultsonch.2017.08.001>.

TICHONOVAS, M., KRUGLY, E., JANKUNAITE, D., RACYS, V. y MARTUZEVICIUS, D., 2017. Ozone-UV-catalysis based advanced oxidation process for wastewater treatment. *Environmental Science and Pollution Research*, vol. 24, no. 21, pp. 17584-17597. ISSN 16147499. DOI 10.1007/s11356-017-9381-y.

UNESCO, 2017.. Día Mundial del Agua 2017 | Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. [en línea]. [Consulta: 24 abril 2020]. Disponible en: <http://www.unesco.org/new/es/unesco/events/prizes-and-celebrations/celebrations/international-days/world-water-day-2017/>.

VILLASÍS KEEVER, M.Á., MÁRQUEZ GONZÁLEZ, H., ZURITA CRUZ, J.N., MIRANDA NOVALES, G. y ESCAMILLA NÚÑEZ, A., 2018. Research protocol VII. Validity and reliability of the measurements. *Revista Alergia Mexico*, vol. 65, no. 4, pp. 414-421. ISSN 00025151. DOI 10.29262/ram.v65i4.560.

VIVEK V. RANADE, VINAY M BHANDARI., 2014. Industrial Wastewater Treatment, Recycling and Reuse. [en línea]. [Consulta: 1 mayo 2020]. Disponible en: <https://books.google.com.pe/books?id=XiETAgAAQBAJ&pg=PA489&dq=industrial+wastewater+definition&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjWk8W4x5PpAhXEm-AKHR3iB8kQ6AEIfjAl#v=onepage&q=industrial+wastewater+definition&f=false>.

ZABALA, A., 2014. Estudio experimental de la cavitación en tubos de Venturi. Universidad Politécnica de Cartagena. [en línea]. Consulta: 24 abril 2020]. Disponible en: <https://repositorio.upct.es/xmlui/bitstream/handle/10317/4394/tfg318.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

ZURIAGA-AGUSTI E., BERLANGA J.G, PASTOR I., MARTINEZ C.I, SILVESTRE G., CLAROS J., GARCÍA G., ARANDA J.L., SOLÍS I., ABELLÁN M., SIMÓN P., 2017. Gestión mancomunada de lodos y purines mediante codigestión anaerobia combinada con cavitación y ozonización. [en línea]. [Consulta 15 junio 2020]. Disponible en: <file:///C:/Users/PC/Downloads/articulo->

_gestion-mancomunada-de-lodos-y-purines-mediante-co-digestion-anaerobia-combinada-con-cavitacion-y-ozonizacion.pdf

ANEXOS:
ANEXO 1. Matriz de operacionalización de variables

	Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
Independiente	Ozono y cavitación hidrodinámica	El ozono es un oxidante fuerte utilizado en tratamiento de aguas para eliminar compuestos organoclorados. QUISPE et al. (2018) La cavitación hidrodinámica es un fenómeno físico que resulta de la caída de presión sobre un líquido que crea cavidades o burbujas seguido de un aumento de presión que conduce a su colapso violento generando ondas de choque. LETCHER (2015)	La cavitación hidrodinámica fue controlada a través de los parámetros como temperatura, presión, tiempo y caudal, a su vez la aplicación de ozono fue controlada por el tiempo de inyección de ozono y el caudal que fueron medidos in situ.	Cavitación hidrodinámica	Temperatura	°C
					Presión	Bar
					Tiempo	min
					Caudal	m³/h
				Ozonización	Temperatura	°C
					Caudal	m³/h
					Presión	Bar
					Flujo de aire	L/min
Dependiente	Disminución de carga orgánica y nitrogenada en aguas residuales de camal	La carga orgánica se define como un parámetro directamente relacionado con la cantidad de materia orgánica biodegradable retenida en el agua residual. Este exceso de la carga orgánica en algún cuerpo de agua se puede originar por vertimientos industriales o urbanos, trayendo consigo la disminución del oxígeno disuelto. Este parámetro está definido por la demanda química de oxígeno y la demanda biológica de oxígeno (DQO y DBO).MOYA (2018) La carga nitrogenada se presenta en varias formas ambientalmente importantes de nitrógeno. En disolución, los intermedios más importantes entre estos extremos son el ion nitrito, y el nitrógeno molecular. CIRELLI (2012)	Los parámetros orgánicos iniciales y finales fueron medidos a través de los indicadores DBO, DQO, SST y STD que se realizó a través de análisis de laboratorio; de la misma manera con el parámetro nitrogenado inicial y final que se midió a través del indicador nitrógeno amoniacal y fue analizado en laboratorio. Los parámetros fisicoquímicos fueron medidos in situ al inicio y final de cada tratamiento.	Parámetros orgánico inicial y final	Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)	mg/L
					Demanda química de oxígeno (DQO)	mg/L
					Sólidos suspendidos Totales (SST)	mg/L
					Sólidos totales disueltos (STD)	mg/L
				Parámetros nitrogenado inicial y final	Nitrógeno amoniacal	NH ₄ -N (mg/L)
				Parámetros fisicoquímicos inicial y final	pH	0-14
					Temperatura de la muestra	°C

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1 Apellidos y Nombres: **DR. ORDOÑEZ GÁLVEZ JUAN JULIO**
 1.2 Cargo e institución donde labora: **Docente e Investigador/UCV Lima Norte**
 1.3 Especialidad o línea de investigación: **Mecánica de fluidos**
 1.4 Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Parámetros de control del proceso de cavitación hidrodinámica con sistema de enfriamiento**
 1.5 Autor(a) de Instrumento: **Cadenas Castro, Carlos Fabian / Santos Padilla, Brenda Mercedes**

2 ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

3 OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

SI

4 PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90 %

Atentamente,
 Lima, del 2020

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

Juan Julio Ordoñez Galvez
 DNI N°08447308

DNI: 08447308

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1 Apellidos y Nombres: **Dr. BENITES ALFARO, ELMER GONZALES**
 1.2 Cargo e institución donde labora: **Docente e Investigador/UCV Lima Norte**
 1.3 Especialidad o línea de investigación: **ing. Químico/Doc. Ing. Ambiental / Metodólogo**
 1.4 Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Parámetros de control del proceso de cavitación hidrodinámica con sistema de enfriamiento**
 1.5 Autor(a) de Instrumento: **Cadenas Castro, Carlos Fabian / Santos Padilla, Brenda Mercedes**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.												X	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												X	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												X	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												X	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												X	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												X	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												X	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												X	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												X	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												X	

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:


- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

SI

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

95%

Lima,, 01/09. del 2020


 Dr. Elmer G. Benites Alfaro
 CIP 71998

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1 Apellidos y Nombres: **Dr. CASTAÑEDA OLIVERA, CARLOS ALBERTO**
 1.2 Cargo e institución donde labora: **Docente e Investigador/UCV Lima Norte**
 1.3 Especialidad o línea de investigación: **Tecnología Mineral y Ambiental**
 1.4 Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Parámetros de control del proceso de cavitación hidrodinámica con sistema de enfriamiento**
 1.5 Autor(a) de Instrumento: **Cadenas Castro, Carlos Fabian / Santos Padilla, Brenda Mercedes**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.												✓	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												✓	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												✓	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												✓	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												✓	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												✓	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												✓	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												✓	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												✓	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												✓	

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

sí
-

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:


95%

Lima, 9 de noviembre del 2020



Dr. Ing. Carlos Alberto Castañeda Olivera
 DOCENTE E INVESTIGADOR
 CIP: 130267
 RENACYT: P0078275

Ficha 2. Parámetros de control del proceso de cavitación hidrodinámica sin sistema de enfriamiento

Título	Ozono y cavitación hidrodinámica para disminución de la carga orgánica y nitrogenada en aguas residuales de camal, 2020																				
Línea de Investigación	Calidad y Gestión de los Recursos Naturales																				
Responsables	Cadenas Castro, Carlos Fabian																				
	Santos Padilla, Brenda Mercedes																				
Asesor	Dr. Benites Alfaro, Elmer Gonzales																				
Proceso	Tiempo de proceso = 90	Intervalo de medición (min)																			
		5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90		
	REPETICIONES	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Cavitación Hidrodinámica sin enfriamiento	Temperatura																				
	PROMEDIO																				
	Presión (bar)																				
	PROMEDIO																				
	Caudal (m ³ /h)																				
PROMEDIO																					


 Dr. Elmer G. Benites Alfaro
 CIP 71998


 Dr. Ing. Carlos Alberto Castañeda Olivera
 DOCENTE E INVESTIGADOR
 CIP: 130267
 RENACYT: P0078275

Atentamente,

 Juan Julio Ordoñez Galvez
 DNI: 08447308

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

1.2 Apellidos y Nombres: **DR. ORDOÑEZ GÁLVEZ JUAN JULIO**

1.3 Cargo e institución donde labora: **Docente e Investigador/UCV Lima Norte**

1.4 Especialidad o línea de investigación: **Mecánica de fluidos**

Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Parámetros de control del proceso de cavitación hidrodinámica sin sistema de enfriamiento**

1.5 Autor(a) de Instrumento: **Cadenas Castro, Carlos Fabian / Santos Padilla, Brenda Mercedes**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

SI

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90 %

Atentamente,

Lima, del 2020

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

Juan Julio Ordoñez Galvez

DNI N°08447308

DNI: 08447308



VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

1.1 Apellidos y Nombres: **Dr. BENITES ALFARO, ELMER GONZALES**

1.2 Cargo e institución donde labora: **Docente e Investigador/UCV Lima Norte**

1.3 Especialidad o línea de investigación: **ing. Químico/Doc. Ing. Ambiental / Metodólogo**

1.4 Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Parámetros de control del proceso de cavitación hidrodinámica sin sistema de enfriamiento**

1.6 Autor(a) de Instrumento: **Cadenas Castro, Carlos Fabian / Santos Padilla, Brenda Mercedes**

I. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.												X	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												X	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												X	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												X	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												X	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												X	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												X	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												X	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												X	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												X	

II. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:


- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

SI

III. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

95%

Lima, ...01/09. del 2020


 Dr. Elmer G. Benites Alfaro
 CIP 71998

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1 Apellidos y Nombres: **Dr. CASTAÑEDA OLIVERA, CARLOS ALBERTO**
- 1.2 Cargo e institución donde labora: **Docente e Investigador/UCV Lima Norte**
- 1.3 Especialidad o línea de investigación: **Tecnología Mineral y Ambiental**
- 1.4 Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Parámetros de control del proceso de cavitación hidrodinámica sin sistema de enfriamiento**
- 1.5 Autor(a) de Instrumento: **Cadenas Castro, Carlos Fabian / Santos Padilla, Brenda Mercedes**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.												✓	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												✓	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												✓	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												✓	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												✓	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												✓	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												✓	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												✓	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												✓	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												✓	

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

SÍ
-

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:


95%

Lima, 9 de noviembre del 2020


Dr. Ing. Carlos Alberto Castañeda Olivera
 DOCENTE E INVESTIGADOR
 CIP: 130267
 RENACYT: P0078275

Ficha 3. Parámetros de control del proceso de ozonización

Título	Ozono y cavitación hidrodinámica para disminución de la carga orgánica y nitrogenada en aguas residuales de camal, 2020																				
Línea de Investigación	Calidad y Gestión de los Recursos Naturales																				
Responsables	Cadenas Castro, Carlos Fabian																				
	Santos Padilla, Brenda Mercedes																				
Asesor	Dr. Benites Alfaro, Elmer Gonzales																				
Proceso	Tiempo de proceso = 90	Intervalo de medición (min)																			
	REPETICIONES	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90		
		R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3		
Ozonización	Temperatura																				
	PROMEDIO																				
	Presión (bar)																				
	PROMEDIO																				
	Caudal (m ³ /h)																				
	PROMEDIO																				
	Flujo de aire(L/min)																				
PROMEDIO																					


 Dr. Elmer G. Benites Alfaro
 CIP 71998


 Dr. Ing. Carlos Alberto Castañeda Olicera
 DOCENTE E INVESTIGADOR
 CIP: 130267
 RENACYT: P0078275

Atentamente,

 Juan Julio Ordoñez Gálvez
 DNI: 08447308

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: **DR. ORDOÑEZ GÁLVEZ JUAN JULIO**
- 1.2. Cargo e institución donde labora: **Docente e Investigador/UCV Lima Norte**
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Mecánica de fluidos**
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Parámetros de control del proceso de ozonización**
- 1.5. Autor(a) de Instrumento: **Cadenas Castro, Carlos Fabian / Santos Padilla, Brenda Mercedes**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

SI

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90 %

Atentamente,
Lima, del 2020


FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE
Juan Julio Ordoñez Galvez
 DNI N° 08447308

DNI: 08447308

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

1.1. Apellidos y Nombres: **Dr. BENITES ALFARO, ELMER GONZALES**

1.2. Cargo e institución donde labora: **Docente e Investigador/UCV Lima Norte**

Especialidad o línea de investigación: **ing. Químico/Doc. Ing. Ambiental / Metodólogo**

1.4 Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Parámetros de control del proceso de ozonización**

1.5 Autor(a) de Instrumento: **Cadenas Castro, Carlos Fabian / Santos Padilla, Brenda Mercedes**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.												X	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												X	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												X	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												X	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												X	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												X	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												X	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												X	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												X	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												X	

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:


- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

SI

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

95%

Lima, ...01/09. del 2020


 Dr. Elmer G. Benites Alfaro
 CIP 71998

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: **Dr. CASTAÑEDA OLIVERA, CARLOS ALBERTO**
- 1.2. Cargo e institución donde labora: **Docente e Investigador/UCV Lima Norte**
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Tecnología Mineral y Ambiental**
- 1.4 Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Parámetros de control del proceso de ozonización**
- 1.5 Autor(a) de Instrumento: **Cadenas Castro, Carlos Fabian / Santos Padilla, Brenda Mercedes**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.												✓	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												✓	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												✓	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												✓	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												✓	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												✓	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												✓	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												✓	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												✓	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												✓	

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

SÍ
-

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:


95%

Lima, 9 de noviembre del 2020


Dr. Ing. Carlos Alberto Castañeda Olivera
 DOCENTE E INVESTIGADOR
 CIP: 130267
 RENACYT: P0078275

Ficha 4. Parámetros de control del proceso de cavitación hidrodinámica con ozonización

Título	Ozono y cavitación hidrodinámica para disminución de la carga orgánica y nitrogenada en aguas residuales de camal, 2020																			
Línea de Investigación	Calidad y Gestión de los Recursos Naturales																			
Responsables	Cadenas Castro, Carlos Fabian Santos Padilla, Brenda Mercedes																			
Asesor	Dr. Benites Alfaro, Elmer Gonzales																			
Proceso	Tiempo de proceso = 90 min	Intervalo de medición (min)																		
	REPETICIONES	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	
		R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1
Cavitación hidrodinámica en combinación con ozonización	Temperatura del																			
	PROMEDIO																			
	Temperatura de entrada al venturi (°C)																			
	PROMEDIO																			
	Presión (bar)																			
	PROMEDIO																			
	Caudal (m3/h)																			
	PROMEDIO																			
Flujo de aire(L/min)																				
PROMEDIO																				


 Dr. Elmer G. Benites Alfaro
 CIP 71998


 Dr. Ing. Carlos Alberto Castañeda Olivera
 DOCENTE E INVESTIGADOR
 CIP: 130267
 RENACYT: P0078275

Atentamente,

 Juan Julio Ordoñez Galvez
 DNI: 08447308

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

V. DATOS GENERALES

- 5.1. Apellidos y Nombres: **DR. ORDOÑEZ GÁLVEZ JUAN JULIO**
 5.2. Cargo e institución donde labora: **Docente e Investigador/UCV Lima Norte**
 5.3. Especialidad o línea de investigación: **Mecánica de fluidos**
 5.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Parámetros de control del proceso de cavitación hidrodinámica con ozonización**
 5.5. Autor(a) de Instrumento: **Cadenas Castro, Carlos Fabian / Santos Padilla, Brenda Mercedes**

VI. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

VII. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

SI

VIII. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90 %

Atentamente,
 Lima del 2020

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE
 Juan Julio Ordoñez Galvez
 DNI N° 08447308

DNI: 08447308



VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

V. DATOS GENERALES

1.3. Apellidos y Nombres: **Dr. BENITES ALFARO, ELMER GONZALES**

1.4. Cargo e institución donde labora: **Docente e Investigador/UCV Lima Norte**

Especialidad o línea de investigación: **ing. Químico/Doc. Ing. Ambiental / Metodólogo**

1.6 Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Parámetros de control del proceso de cavitación hidrodinámica con ozonización**

1.7 Autor(a) de Instrumento: **Cadenas Castro, Carlos Fabian / Santos Padilla, Brenda Mercedes**

VI. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.												X	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												X	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												X	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												X	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												X	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												X	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												X	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												X	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												X	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												X	

VII. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

SI

VIII. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

95%

Lima, ...01/09.del 2020


 Dr. Elmer G. Benites Alfaro
 CIP 71998

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

V. DATOS GENERALES

- 1.4. Apellidos y Nombres: **Dr. CASTAÑEDA OLIVERA, CARLOS ALBERTO**
 1.5. Cargo e institución donde labora: **Docente e Investigador/UCV Lima Norte**
 1.6. Especialidad o línea de investigación: **Tecnología Mineral y Ambiental**
 1.6 Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Parámetros de control del proceso de cavitación hidrodinámica con ozonización**
 1.7 Autor(a) de Instrumento: **Cadenas Castro, Carlos Fabian / Santos Padilla, Brenda Mercedes**

VI. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.													✓
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.													✓
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.													✓
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.													✓
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales													✓
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.													✓
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.													✓
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.													✓
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.													✓
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.													✓

VII. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

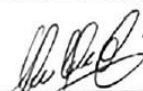
- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

sí
-

VIII. PROMEDIO DE VALORACIÓN:


95%

Lima, 9 de noviembre del 2020


Dr. Ing. Carlos Alberto Castañeda Olivera
 DOCENTE E INVESTIGADOR
 CIP: 130267
 RENACYT: P0078275

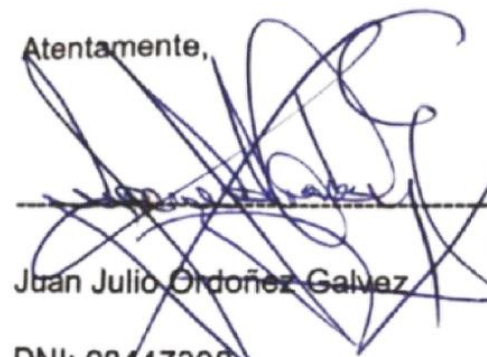
Ficha 5. Análisis de parámetros antes y después del tratamiento con ozono, cavitación hidrodinámica y combinación de ozono más cavitación hidrodinámica

Título	Ozono y cavitación hidrodinámica para disminución de la carga orgánica y nitrogenada en aguas residuales de camal, 2020															
Línea de Investigación	Calidad y Gestión de los Recursos Naturales															
Responsables	Cadenas Castro, Carlos Fabian Santos Padilla, Brenda Mercedes															
Asesor	Dr. Benites Alfaro, Elmer Gonzales															
Tratamientos / Parámetros	Parámetros Orgánicos								Parámetros nitrogenados		Parámetros Físicoquímicos					
	DBO		DQO		Sólidos Suspendidos Totales (SST)		Sólidos Totales Disueltos(ppm)		Nitrógeno amoniacal		pH		Temperatura			
	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
Cavitación hidrodinámica con enfriamiento	R1															
	R2															
	R3															
Promedio																
Cavitación hidrodinámica sin enfriamiento	R1															
	R2															
	R3															
Promedio																
Ozonización	R1															
	R2															
	R3															
Promedio																
Cavitación hidrodinámica en combinación con	R1															
	R2															
	R3															
Promedio																


 Dr. Elmer G. Benites Alfaro
 CIP 71998



 Dr. Ing. Carlos Alberto Castañeda Oliviera
 DOCENTE E INVESTIGADOR
 CIP: 130267
 RENACYT: P0078275

Atentamente,


 Juan Julio Ordoñez Galvez
 DNI: 08447308

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

IX. DATOS GENERALES

- 9.1. Apellidos y Nombres: **DR. ORDOÑEZ GÁLVEZ JUAN JULIO**
 9.2. Cargo e institución donde labora: **Docente e Investigador/UCV Lima Norte**
 9.3. Especialidad o línea de investigación: **Mecánica de fluidos**
 9.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Análisis de parámetros antes y después del tratamiento con ozono, cavitación hidrodinámica y combinación de ozono más cavitación hidrodinámica**
 9.5. Autor(a) de Instrumento: **Cadenas Castro, Carlos Fabian / Santos Padilla, Brenda Mercedes**

X. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

XI. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

SI

XII. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90 %

Atentamente,
 Lima, del 2020

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE
Juan Julio Ordoñez Galvez
 DNI N° 08447308

DNI: 08447308



VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

IX. DATOS GENERALES

1.5. Apellidos y Nombres: **Dr. BENITES ALFARO, ELMER GONZALES**

1.6. Cargo e institución donde labora: **Docente e Investigador/UCV Lima Norte**

Especialidad o línea de investigación: **ing. Químico/Doc. Ing. Ambiental / Metodólogo**

1.8 Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Análisis de parámetros antes y después del tratamiento con ozono, cavitación hidrodinámica y combinación de ozono más cavitación hidrodinámica**

1.9 Autor(a) de Instrumento: **Cadenas Castro, Carlos Fabian / Santos Padilla, Brenda Mercedes**

X. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.												X	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												X	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												X	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												X	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												X	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												X	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												X	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												X	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												X	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												X	

XI. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:


- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

SI

XII. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

95%

Lima, ...01/09.del 2020


 Dr. Elmer G. Benites Alfaro
 CIP 71998

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

IX. DATOS GENERALES

- 1.7. Apellidos y Nombres: **Dr. CASTAÑEDA OLIVERA, CARLOS ALBERTO**
 1.8. Cargo e institución donde labora: **Docente e Investigador/UCV Lima Norte**
 1.9. Especialidad o línea de investigación: **Tecnología Mineral y Ambiental**
 1.8 Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Análisis de parámetros antes y después del tratamiento con ozono, cavitación hidrodinámica y combinación de ozono más cavitación hidrodinámica**
 1.9 Autor(a) de Instrumento: **Cadenas Castro, Carlos Fabian / Santos Padilla, Brenda Mercedes**

X. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.												✓	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												✓	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												✓	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												✓	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												✓	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												✓	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												✓	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												✓	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												✓	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												✓	

XI. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

SÍ
-

XII. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

95%

Lima, 9 de noviembre del 2020


Dr. Ing. Carlos Alberto Castañeda Olivera
 DOCENTE E INVESTIGADOR
 CIP: 130267
 RENACYT: P0078275

ANEXO 3. Resultados de laboratorio SGS



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**



**INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL
MA2017184 Rev. 0**

PROMEC INGENIEROS S.A.C.

JR. LA VERONICA NRO. 482 URB. SANTA ISABEL

ENV / LB-347211-004

PROCEDENCIA : CRUCE AV. CANTA CALLAO CON AV. IZAGUIRRE

Fecha de Recepción SGS : 01-10-2020

Fecha de Ejecución : Del 01-10-2020 al 06-10-2020

Muestreo Realizado Por : CLIENTE

Estación de Muestreo
E1-HC
V1-CE
V1-SE

Emitido por SGS del Perú S.A.C.

Impreso el 06/10/2020

Frank M. Julcamoro Quispe
C.Q.P. 1033
Coordinador de Laboratorio



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**



Registro N° LE - 002

**INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL
MA2017184 Rev. 0**

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					E1-HC	V1-CE	V1-SE
FECHA DE MUESTREO					01/10/2020	01/10/2020	01/10/2020
HORA DE MUESTREO					15:35:00	17:10:00	19:00:00
CATEGORIA					AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL
SUB CATEGORIA					AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL	AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL	AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado	Resultado	Resultado
Análisis Físicoquímicos							
Sólidos Totales en Suspensión	EW_APHA2540D	mg Sólidos Totales en Suspensión/L	1	3	103	37	7
Nitrógeno Amoniacal	EW_APHA4500NH3D	mg NH3-N/L	0.004	0.010	85.600	79.500	81.100
Demanda Bioquímica de Oxígeno	EW_APHA5210B	mg/L	1.0	2.6	56.4	41.5	38.3
Demanda Química de Oxígeno	EW_APHA5220D	mgO2/L	1.8	4.5	210.2	200.1	201.7

Notas:

El reporte de tiempo se realiza en el sistema horario de 24 horas.



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**



**INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL
MA2019070 Rev. 0**

PROMEC INGENIEROS S.A.C.

JR. LA VERONICA NRO. 482 URB. SANTA ISABEL

ENV / LB-347211-009

PROCEDENCIA : Cruce Av. Canta Callao con Av. C. Izaguirre

Fecha de Recepción SGS : 23-10-2020

Fecha de Ejecución : Del 23-10-2020 al 29-10-2020

Muestreo Realizado Por : CLIENTE

Estación de Muestreo
E1-O
O1
CO-1
EO-2
O-2
CO-2
E2-HC
V2-SE
V2-CE

Emitido por SGS del Perú S.A.C.

Impreso el 29/10/2020

**Frank M. Julcamoro Quispe
C.Q.P. 1033
Coordinador de Laboratorio**



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**



Registro N°LE - 002

**INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL
MA2019070 Rev. 0**

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					E1-O	O1	CO-1
FECHA DE MUESTREO					22/10/2020	22/10/2020	22/10/2020
HORA DE MUESTREO					15:46:00	18:46:00	21:46:00
CATEGORIA					AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL
SUB CATEGORIA					INDUSTRIAL	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado	Resultado	Resultado
Análisis Físicoquímicos							
Sólidos Totales en Suspensión	EW_APHA2540D	mg Sólidos Totales en Suspensión/L	1	3	98	44	38
Nitrógeno Amoniacal	EW_APHA4500NH3D	mg NH3-N/L	0.004	0.010	136.400	133.600	132.000
Demanda Bioquímica de Oxígeno	EW_APHA5210B	mg/L	1.0	2.6	306.0	194.7	192.3
Demanda Química de Oxígeno	EW_APHA5220D	mgO2/L	1.8	4.5	604.5	400.4	400.2

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					EO-2	O-2	CO-2
FECHA DE MUESTREO					23/10/2020	23/10/2020	23/10/2020
HORA DE MUESTREO					10:50:00	12:30:00	14:30:00
CATEGORIA					AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL
SUB CATEGORIA					INDUSTRIAL	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado	Resultado	Resultado
Análisis Físicoquímicos							
Sólidos Totales en Suspensión	EW_APHA2540D	mg Sólidos Totales en Suspensión/L	1	3	77	59	43
Nitrógeno Amoniacal	EW_APHA4500NH3D	mg NH3-N/L	0.004	0.010	116.200	112.200	110.200
Demanda Bioquímica de Oxígeno	EW_APHA5210B	mg/L	1.0	2.6	247.7	195.3	161.0
Demanda Química de Oxígeno	EW_APHA5220D	mgO2/L	1.8	4.5	483.3	405.5	334.4

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					E2-HC	V2-SE	V2-CE
FECHA DE MUESTREO					23/10/2020	23/10/2020	23/10/2020
HORA DE MUESTREO					14:00:00	16:45:00	18:25:00
CATEGORIA					AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL
SUB CATEGORIA					INDUSTRIAL	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado	Resultado	Resultado
Análisis Físicoquímicos							
Sólidos Totales en Suspensión	EW_APHA2540D	mg Sólidos Totales en Suspensión/L	1	3	103	54	53
Nitrógeno Amoniacal	EW_APHA4500NH3D	mg NH3-N/L	0.004	0.010	125.400	124.400	115.200
Demanda Bioquímica de Oxígeno	EW_APHA5210B	mg/L	1.0	2.6	262.3	195.0	266.3
Demanda Química de Oxígeno	EW_APHA5220D	mgO2/L	1.8	4.5	527.1	398.8	491.0

Notas:

El reporte de tiempo se realiza en el sistema horario de 24 horas.



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**



**INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL
MA2019242 Rev. 0**

PROMEC INGENIEROS S.A.C.

JR. LA VERONICA NRO. 482 URB. SANTA ISABEL

ENV / LB-347211-010

PROCEDENCIA : Cruce Av Canta Callao con AV. C. Izaguirre

Fecha de Recepción SGS : 24-10-2020

Fecha de Ejecución : Del 24-10-2020 al 31-10-2020

Muestreo Realizado Por : CLIENTE

Estación de Muestreo
EO-3
O-3
CO-3
E3-HC
V3-SE
V3-CE

Emitido por SGS del Perú S.A.C.

Impreso el 31/10/2020

Frank M. Julcamoro Quispe

C.Q.P. 1033

Coordinador de Laboratorio



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**



Registro N°LE - 002

**INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL
MA2019242 Rev. 0**

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					EO-3	O-3	CO-3
FECHA DE MUESTREO					24/10/2020	24/10/2020	24/10/2020
HORA DE MUESTREO					09:30:00	11:07:00	13:10:00
CATEGORIA					AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL
SUB CATEGORIA					AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL	AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL	AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado	Resultado	Resultado
Análisis Físicoquímicos							
Sólidos Totales en Suspensión	EW_APHA2540D	mg Sólidos Totales en Suspensión/L	1	3	67	67	40
Nitrógeno Amoniacal	EW_APHA4500NH3D	mg NH3-N/L	0.004	0.010	126.600	125.600	123.800
Demanda Bioquímica de Oxígeno	EW_APHA5210B	mg/L	1.0	2.6	234.3	152.0	102.3
Demanda Química de Oxígeno	EW_APHA5220D	mgO2/L	1.8	4.5	552.3	332.1	268.8

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					E3-HC	V3-SE	V3-CE
FECHA DE MUESTREO					24/10/2020	24/10/2020	24/10/2020
HORA DE MUESTREO					13:30:00	17:00:00	15:05:00
CATEGORIA					AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL
SUB CATEGORIA					AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL	AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL	AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado	Resultado	Resultado
Análisis Físicoquímicos							
Sólidos Totales en Suspensión	EW_APHA2540D	mg Sólidos Totales en Suspensión/L	1	3	56	38	37
Nitrógeno Amoniacal	EW_APHA4500NH3D	mg NH3-N/L	0.004	0.010	136.400	130.200	135.800
Demanda Bioquímica de Oxígeno	EW_APHA5210B	mg/L	1.0	2.6	243.0	139.7	135.3
Demanda Química de Oxígeno	EW_APHA5220D	mgO2/L	1.8	4.5	515.3	332.8	329.7

Notas:

El reporte de tiempo se realiza en el sistema horario de 24 horas.