



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Aplicación de nanoburbujas de aire para el tratamiento de las aguas servidas vertidas en el cauce la Achirana, en el distrito de Parcona, Ica 2022

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Ambiental

AUTORES:

Mamani Curichimba, Miguel Angel (orcid.org/0000-0002-1820-0719)

Rimarachin Lozano, Diego Fernando (orcid.org/0000-0002-6269-8796)

ASESOR:

Dr. Valverde Flores, Jhonny Wilfredo (orcid.org/0000-0003-2526-112X)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Calidad y Gestión los Recursos Naturales

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

LIMA - PERÚ

2022

Dedicatoria

La presente tesis se lo dedico a Dios y a mis padres Juan Rimarachin Quispe y Gilmitih Lozano Trigozo, quienes estuvieron presentes en cada etapa de mi vida, siempre apoyándome en el día a día, a ellos les dedico todos mis reconocimientos, en agradecimiento a todo su esfuerzo para que yo pueda crecer profesionalmente y como ser humano, a ellos les digo se merecen esto y mucho más.

Diego Fernando

La presente tesis de investigación se la dedico a mis padres Estanislao Mamani Condori y Esther Curichimba Pisco, que han dado todo su esfuerzo y apoyo incondicional durante todo el transcurso de mi carrera, siempre estaré agradecido por enseñarme a no rendirme ante nada.

Miguel Angel

Agradecimiento

Un agradecimiento a mis familiares y amigos por apoyo en la realización de este proyecto de investigación, como también a mi asesor Dr. Ing. Jhonny Valverde Flores por su apoyo incondicional en mi investigación con una entrega que ha sobrepasado, en mucho, todas las expectativas que como alumno depositó en su persona.

Diego Fernando

La presente investigación fue realizada gracias al esfuerzo y apoyo moral de mis padres, sin su constante ánimo hacia mi persona no hubiera sido posible el desarrollo y culminación de todo el contenido presente en esta investigación. Sin dejar de lado a mi docente del curso de desarrollo de tesis que gracias a sus conocimientos y orientación se pudo plasmar cada información tal como resultados de manera que se pueda dar a entender con gran facilidad.

Miguel Angel

Índice de contenidos

Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas	v
Índice de figuras	vi
Resumen	vii
Abstract	viii
I.INTRODUCCIÓN	1
II.MARCO TEÓRICO.....	4
III.METODOLOGÍA.....	14
3.1 Tipo y diseño de investigación	14
3.2 Variables y operacionalización.....	14
3.3 Población, muestra, muestreo, unidad de análisis	15
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	16
3.5 Procedimientos:	18
3.6 Método de análisis de datos	30
3.7 Aspectos éticos	31
IV.RESULTADOS.....	32
V.DISCUSIÓN	59
VI.CONCLUSIONES	63
VII.RECOMENDACIONES.....	65
REFERENCIAS.....	66
ANEXOS	71

Índice de tablas

Tabla N°1 Variables y operacionalización	15
Tabla N°2 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	16
Tabla N°3. Cálculo del caudal del equipo generador de nanoburbujas de aire	23
Tabla N°4. Cantidad de nanoburbujas por gota	26
Tabla N°5. Diámetro promedio de las nanoburbujas.....	27
Tabla N°6. Temperatura de las aguas servidas	32
Tabla N°7. Conductividad eléctrica (C.E) de las aguas servidas.....	35
Tabla N°8. Resultados del potencial de hidrogeno (pH) de las aguas servidas	39
Tabla N°9. Resultados de la DBO ₅ de las aguas servidas	42
Tabla N°10. Resultados de los coliformes totales de las aguas servidas.....	46
Tabla N°11 Datos de los parámetros físicos	50
Tabla N°12 Resumen de procesamiento de casos de los parámetros físicos.....	50
Tabla N°13 Descriptivos para los parámetros físicos	50
Tabla N°14 Pruebas de normalidad para los parámetros físicos	51
Tabla N°15 Datos de los parámetros químicos	52
Tabla N°16 Resumen de procesamiento de casos de los parámetros químicos	52
Tabla N°17 Descriptivos para los parámetros químicos.....	53
Tabla N°18 Pruebas de normalidad para los parámetros químicos	54
Tabla 19 Datos del parámetro microbiológico	54
Tabla N°20 Resumen de procesamiento de casos del parámetro microbiológico	55
Tabla N°21 Descriptivos para el parámetro microbiológico.....	55
Tabla N°22 Pruebas de normalidad para el parámetro microbiológico	55
Tabla N°23 Estadísticas de muestras emparejadas.....	56
Tabla N°24 Correlaciones de muestras emparejadas.....	57
Tabla N°25 Prueba de muestras emparejadas.....	57

Índice de figuras

Figura N° 1. Diagrama de flujo del proceso de la aplicación de nanoburbujas	18
Figura N° 2. Ubicación del cauce la Achirana, del distrito Parcona, Ica	19
Figura N° 3. Vista 3D del Cauce la Achirana del distrito de Parcona, Ica	19
Figura N° 4 Proceso tecnológico.....	22
Figura N° 5. Vaso precipitado de 1000 mL.....	22
Figura N° 6. Aumento de caudal respecto a los Hertz.....	23
Figura N° 7. Imagen original de las nanoburbujas.....	24
Figura N° 8. Imagen ajustada al contraste de las nanoburbujas	25
Figura N° 9. Diámetro de la nanoburbujas (μm).....	25
Figura N° 10. Cantidad de nanoburbujas por gota de agua	27
Figura N° 11. Temperatura en la primera repetición	33
Figura N° 12. Temperatura en la segunda repetición.....	33
Figura N° 13. Temperatura en la tercera repetición	34
Figura N° 14. Temperatura de las tres repeticiones.....	35
Figura N° 15. Conductividad eléctrica en la primera repetición.....	36
Figura N° 16. Conductividad eléctrica en la segunda repetición	37
Figura N° 17. Conductividad eléctrica en la tercera repetición.....	37
Figura N° 18. Conductividad eléctrica de las tres repeticiones	38
Figura N° 19. pH de la primera repetición	40
Figura N° 20. pH de la segunda repetición.....	40
Figura N° 21. pH de la tercera repetición	41
Figura N° 22. pH de las tres repeticiones.....	41
Figura N° 23. DBO ₅ en la primera repetición.....	43
Figura N° 24. DBO ₅ en la segunda repetición	43
Figura N° 25. DBO ₅ en la tercera repetición.....	44
Figura N° 26. DBO ₅ de las tres repeticiones	45
Figura N° 27. Coliformes totales en la primera repetición	47
Figura N° 28. Coliformes totales en la segunda repetición.....	47
Figura N° 29. Coliformes totales en la tercera repetición	48
Figura N° 30. Coliformes totales de las tres repeticiones.....	49

Resumen

El objetivo de la presente investigación fue aplicar las nanoburbujas de aire para el tratamiento de las aguas servidas vertidas en el cauce la Achirana, Parcona, Ica 2022. La metodología es de tipo aplicada y diseño preexperimental. Un muestreo probabilístico aleatorio simple. En primer lugar, se hizo un análisis inicial, donde la temperatura fue 20.2 °C, el pH 6.4, la Conductividad eléctrica 1590 $\mu\text{S}/\text{cm}$, la DBO_5 93 mg/L y los coliformes totales 54×10^7 NMP/100mL; luego, se realizaron los tratamientos con nanoburbujas de aire en tres (03) repeticiones de tres (03) tiempos (20, 40 y 60 minutos); posteriormente, se hizo un análisis después del tratamiento, donde el resultado promedio a los 60 minutos de la temperatura fue de 20.7 °C y el pH fue 6.56; mientras que la mayor reducción de la Conductividad eléctrica fue en M3T60 431 $\mu\text{S}/\text{cm}$, de la DBO_5 fue en M3T60 <2 mg/L y los coliformes totales fue en la M1T60 con 11×10^5 NMP/100mL. Finalmente, se concluyó que la aplicación de nanoburbujas de aire sobre las aguas servidas, reducen considerablemente las concentraciones de Conductividad eléctrica, DBO_5 y coliformes totales.

Palabras clave: aguas servidas, coliformes totales, demanda bioquímica de oxígeno, nanoburbujas.

Abstract

The objective of this research was to apply air nanobubbles for the treatment of wastewater discharged into the Achirana, Parcona, Ica 2022 riverbed. The methodology is of an applied type and pre-experimental design. a simple random probabilistic test. In the first place, an initial analysis was made, where the temperature was 20.2 °C, the pH 6.4, the electrical conductivity 1590 $\mu\text{S}/\text{cm}$, the DBO_5 93 mg/L and the total coliforms 54×10^7 NMP/100mL; then, the treatments with air nanobubbles were carried out in three (03) repetitions of three (03) times (20, 40 and 60 minutes); subsequently, an analysis was made after the treatment, where the average result at 60 minutes of temperature was 20.7 °C and pH was 6.56; while the greatest reduction of electrical conductivity was in M3T60 431 $\mu\text{S}/\text{cm}$, of DBO_5 was in M3T60 <2 mg/L and total coliforms was in M1T60 with 11×10^5 NMP/100mL. Finally, it was concluded that the application of air nanobubbles on wastewater considerably reduced the concentrations of electrical conductivity, DBO_5 and total coliforms.

Keywords: wastewater, total coliforms, biochemical oxygen demand, nanobubbles.

I. INTRODUCCIÓN

El agua y la salud son dos aliados estratégicos que contribuyen al sostenimiento y a la calidad de la vida. La vida, el agua y la salud forma un triángulo que interrelaciona los factores que determinan a su vez la posibilidad de existencia de los seres vivos (Prieto, 2006). El agua puede contaminarse de forma natural mediante la descomposición orgánica o artificial con las actividades humanas, (García, 2014).

Las aguas servidas son efluentes o desechos líquidos vertidos a través de las cloacas o sistemas de alcantarillado, tales como son los sumideros, inodoros, fregaderos, etc. son aguas residuales ya que no se le puede dar ningún tipo de uso, siendo fuente de alta contaminación, dado que presentan diversos agentes contaminantes y gérmenes; estos efluentes son una concentración de desechos fecales y cargas infecciosas o biológicas, teniendo materia disueltas y en suspensión.

El impacto sobre los recursos hídricos generados por la mala calidad del agua de los vertimientos de aguas residuales municipales se ha convertido en un problema ambiental creciente, influenciado por el crecimiento demográfico, el desarrollo urbano ya la cantidad de residuos generados, (Zambrano, 2012).

Las aguas servidas, han sido motivo de preocupación para los científicos, técnicos, políticos y cada habitante de las diferentes regiones de nuestro planeta. Con el desarrollo industrial y el crecimiento demográfico de la población; los desechos humanos, como los desechos contaminados, provenientes de las cloacas, alcantarillas, fregaderos etc., se han incrementado, dañando a los sistemas hídricos, tales como: ríos, lagos, aguas subterráneas, suelos, costas, etc., también a los diferentes ecosistemas de flora y fauna; ocasionando efectos negativos para el medio ambiente, y a la salud de las personas, ya sea por contacto directo a la fuente de agua o como también por consumo indirecto a través de la cadena alimenticia.

En la actualidad, en el país solo cuenta con 50 Entidades que brindan el servicio de saneamiento y alcantarillado, del cual solo cubrió el 69.65% de la población urbana (OEFA, 2014); en muchas zonas o ciudades pobladas, los servicios de saneamiento son deficientes o inexistentes y terminan vertiendo así sus efluentes contaminados a

las diferentes fuentes de agua; problemática existente en diferentes zonas del país como es el caso del distrito de Parcona, en la provincia de Ica, departamento de Ica; que sus desechos líquidos (aguas servidas) son vertidos directamente al cauce la Achirana; Las aguas residuales producidas deben tratarse o eliminarse de manera segura para evitar posibles riesgos a la salud y el medio ambiente (Sharma et al., 2021), por lo tanto, en la presente investigación se buscó demostrar la mejora en la calidad de agua al aplicar las nanoburbujas de aire para el tratamiento de las aguas servidas.

Problema general de la presente investigación: ¿En qué medida la aplicación de nanoburbujas de aire mejora las características físicas, químicas y microbiológicas de las aguas servidas, vertidas en el cauce la Achirana en el distrito de Parcona, Ica 2022?; de este problema general se desligan los siguientes problemas específicos: ¿En qué medida la aplicación de nanoburbujas de aire mejora los niveles en parámetros físicos de las aguas servidas?, ¿En qué medida la aplicación de nanoburbujas de aire mejora los niveles en parámetros químicos de las aguas servidas?, ¿En qué medida la aplicación de nanoburbujas de aire mejora el nivel en el parámetro microbiológico de las aguas servidas?.

La presente investigación buscó comprobar una nueva alternativa tecnológica, como la aplicación de las nanoburbujas de aire para el tratamiento de las aguas servidas vertidas en el cauce la Achirana, Parcona, Ica; para mejorar su calidad debido a la alteración de ciertos niveles en los parámetros físicos, químicos y microbiológicos, logrando disminuir o aumentar con este tratamiento la concentración en los parámetros analizados respecto a los distintos tiempos de tratamiento, para un adecuado uso de las aguas conforme a la categoría en la que se ubique conformé al ECA agua D.S. 004-2017-MINAM y no genere un impacto negativo al medio ambiente; por otro lado, debemos enfocarnos en dar importancia al avance de las nuevas técnicas que puedan generarse; resultado de las investigaciones en tecnología moderna; debido a que estas pueden dar una visión en distintos enfoques a las problemáticas ambientales. Es de suma importancia comprobar que las nuevas técnicas para remediar que se van creando en transcurso del tiempo son efectivas, por las razones que se evidencian en

ayudan al crecimiento y desarrollo del Perú, además de brindar nuevas opciones de tratamientos más precisos, rápidos y económicos frente a la contaminación y deterioro del medio ambiente. En consecuencia, las aguas residuales tratadas son una fuente de agua alterativa en rápida expansión, (Baram et al., 2022).

El objetivo general de la presente investigación fue: Aplicar las nanoburbujas de aire para mejorar las características físicas, químicas y microbiológicas de las aguas servidas vertidas en el cauce la Achirana, en el distrito de Parcona, Ica. A partir de dicho objetivo general, se desprenden los siguientes objetivos específicos, los cuales fueron: determinar los parámetros físicos de las aguas servidas en el cauce la Achirana, distrito de Parcona, Ica, antes y después de la aplicación de las nanoburbujas de aire, determinar los parámetros químicos de las aguas servidas en el cauce la Achirana, distrito de Parcona, Ica, antes y después de la aplicación de las nanoburbujas de aire, determinar el parámetro microbiológico de las aguas servidas en el cauce la Achirana, distrito de Parcona, Ica, antes y después de la aplicación de las nanoburbujas de aire.

Y posterior a los objetivos se formuló la hipótesis general: Las aguas servidas vertidas en el cauce la Achirana, en el distrito de Parcona, Ica tienen las mismas características físicas, químicas y microbiológicas aplicando nanoburbujas de aire. De la hipótesis general se desprenden las siguientes hipótesis específicas: la aplicación de las nanoburbujas de aire mejora los niveles en los parámetros físicos de las aguas servidas vertidas en el cauce la Achirana, distrito de Parcona, Ica, así como la aplicación de nanoburbujas de aire mejora los niveles en los parámetros químicos de las aguas servidas vertidas en el cauce la Achirana, distrito de Parcona, Ica, y por último, la aplicación de nanoburbujas de aire mejora el nivel en el parámetro microbiológico de las aguas servidas vertidas en el cauce la Achirana, distrito de Parcona, Ica.

II. MARCO TEÓRICO

Levitsky, et al. (2022), en su investigación “micro y nanoburbujas en el tratamiento de agua y aguas residuales: una revisión de vanguardia”, tuvo como objetivo mapear formas de explorar todo el potencial de los flujos de MNB, teniendo en cuenta las definiciones básicas, técnicas analíticas de vanguardia y métodos de generación de burbujas e implementación de principios de ingeniería en procesos de tratamiento de agua y aguas residuales, dentro de sus conclusiones menciona que la persistencia de los MNB junto con una alta tasa de transferencia de oxígeno exige un posible rediseño del tratamiento de lodos activados. En lugar de grandes tanques abiertos con una demanda energética significativa, la operación puede realizarse mediante la circulación de afluentes con biomasa soportada en tuberías enriquecidas con MNB.

Han et al. (2022), en su investigación “oxidación del arsénico (III) y eliminación de las aguas residuales de las minas artificiales soplando nanoburbujas de O_2 ”, su objetivo fue investigar el uso de nanoburbujas de O_2 para oxidar iones de As (III) en una solución acuosa a pH ácido. Se usaron métodos de soplado de gas para oxidar iones de As (III) se controló a un pH diferente, y se sopló uno de los tres tipos de burbujas en diferentes momentos. El resultado en el tratamiento de aguas residuales de mina artificial, la altura de sedimentación de lodos precipitados se redujo por la utilización de nanoburbujas de O_2 debido a la heterocoagulación de O_2 y $Fe(OH)_3$.

Reyes (2017), en su investigación “Eficiencia de micro - nanoburbujas de aire para el tratamiento de aguas servidas en Puerto Bermúdez, Oxapampa, Pasco”, hizo un análisis inicial de las aguas servidas, donde la turbiedad fue 199, la temperatura $23.9\text{ }^{\circ}\text{C}$, el pH 6.77, la conductividad eléctrica $32.1\text{ }\mu\text{S/cm}$, la DBO_5 9 mg/L, la DQO 23 mgO_2/L y los coliformes totales 14500 NMP/100mL; luego, se realizó el tratamiento de las aguas servidas; es así que, se dosifico diferentes cantidades de micro-nanoburbujas de aire con el agua servida, para ello se consideró un total de 1000 mL, de lo cual, la primera dosificación (D1) fue de 30% de agua servida y 70% de micro-nanoburbujas de aire, la segunda dosificación (D2) fue de 60% de agua servida y 40% de micro-nanoburbujas de aire, la tercera dosificación (D3) fue de 90% de agua

servida y 10% de micro–nanoburbujas; finalmente se sometió el agua servida tratada a un análisis final; obteniéndose los siguientes resultados; la temperatura en la D1 fue 22.5 °C, en la D2 fue 23 °C, en la D3 fue 23.2 °C, el pH en la D1 fue 7.06, en la D2 fue 7.45, en la D3 fue 7.64, la conductividad eléctrica en la D1 fue 443 $\mu\text{S}/\text{cm}$, en la D2 fue 656 $\mu\text{S}/\text{cm}$, en la D3 fue 850 $\mu\text{S}/\text{cm}$, la DBO_5 en la D1 fue 4 mg/L, en la D2 fue 4 mg/L, en la D3 fue 7 mg/L, la DQO en la D1 fue 8 mgO_2/L , en la D2 fue 11 mgO_2/L , en la D3 fue 11 mgO_2/L y los coliformes totales en la D1 fue 4900 NMP/100mL, en la D2 fue 8000 NMP/100mL, en la D3 fue 12000 NMP/100mL.

Kyzas et al. (2019), que tuvo como objetivo principal examinar cómo la existencia de nanoburbujas de aire, en el agua, afecta la capacidad de adsorción o la cinética. Donde usó para el carbón la cáscara de papa después de su uso doméstico, para la activación del carbono, se utilizó una solución de H_3PO_4 . Para la solución madre de plomo II, $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ (nitrato de plomo (II)), generador de NB de tamaño controlado, agua desionizada 4000 ml, que se añadieron al recipiente de acero del generador de NB, el tiempo de procesamiento de las NB fue de 30 min, la temperatura se mantuvo constante a 20° C y la presión de trabajo del generador fue de 4.5 bar. El pH de la solución fue de pH = 6 se ajustó con microadiciones de HNO_3 (0.1 M) o NaOH (0.1 M). Y en sus resultados encontró que Q_{max} del material era casi el mismo en presencia o ausencia de NB en el agua. Sin embargo, el más impresionante fue el efecto primario de las NB para acelerar en un 336% el proceso de adsorción y efecto secundario es modificar la forma de la curva cinética.

Jang et al. (2015), estudiaron la evaluación del efecto de seis combinaciones diferentes de microburbujas de aire, catalizador de Fe/MgO y aire como oxidante en la reducción de materia orgánica de las cuales solo en 3 condiciones se usó las microburbujas y por ello se mencionan solo las tres condiciones: 1) microburbujas, aire y catalizador; 2) microburbujas y aire; 3) microburbujas, aire y oxígeno. Los resultados fueron, en las condiciones de microburbujas, aire y catalizador la más representativa que presentó una reducción de lodos de un 95% y en condición de aire, catalizador hubo una reducción de lodos de 93.1%.

Salguero (2017), en su investigación “Reducción de la DBO₅ de las muestras de agua del Río Chillón mediante micro-nanoburbujas de aire y ozono, Ventanilla – Callao”, hizo un análisis de la muestra recolectada de agua del Río Chillón, para la DBO₅, obteniéndose 173 mg/L; inmediatamente, se realizó el tratamiento mencionado líneas arriba, calculándose la DBO₅ en los tiempos de 5, 10 y 15 minutos es de 73,67 mg/L, 63,67 mg/L y 57,33 mg/L respectivamente; por lo que se concluyó que a mayor tiempo de aplicación de las nanoburbujas de aire–ozono, mayor es la disminución de la concentración, alcanzándose una reducción de 66.86% de la DBO₅ de las aguas contaminadas en un tiempo promedio de 15 minutos.

Macassi (2017), en su investigación “comportamiento del sistema de nanoburbujeo en el tratamiento para reducir los niveles de contaminación de aguas residuales domésticas de la provincia de Concepción”, empleo el método de fangos activados para la reducción de la carga orgánica de las aguas residuales; se planteó integrar un sistemas de nanoburbujas de oxígeno, en el tanque sedimentador primario, cuya finalidad fue promover el crecimiento de organismos biológicos que remuevan la materia orgánica; se recolecto muestras de agua residual del tanque sedimentador, cuyo análisis inicial de pH es de 7.8; para la DQO, DBO y sólidos totales siendo sus resultados de 88 mg/L, 59 mg/L y 138 mg/L respectivamente; se construyó un sistema de generación de nanoburbujas de oxígeno, para la cual se recolecto 1 m³ de agua residual del sedimentador primario y se trató en los tiempos de 2, 8 y 10 horas; es así que, a las 2 horas, la remoción fue 0,87% de la DQO; a las 8 horas, la remoción fue 79,92% de la DQO y a las 10 horas fue 79,92% de la DQO.

Menendez (2017), en su investigación “Eficiencia de las micro-nano burbujas de ozono-aire para mejorar la calidad de las aguas residuales hospitalarias”; sometió a un análisis inicial el agua residual hospitalaria, obteniendo los siguientes resultados: conductividad eléctrica 759,35 μ S/cm, pH 8.56, DBO₅ 134.5 mg/L y DQO 335.5 mgO₂/L; posteriormente, se realizó el tratamiento de las nanoburbujas de ozono-aire en tres (03) repeticiones de tres tiempos (5, 10 y 15 minutos); finalmente, se hizo un análisis después del tratamiento, con lo cual se obtuvo los siguientes resultados: conductividad eléctrica a los 5,10 y 15 minutos fue de 576.5 μ S/cm, 521.5 μ S/cm y

467.5 $\mu\text{S}/\text{cm}$ respectivamente: para pH a los 5, 10 y 15 minutos fue de 8.3, 8.54 y 8.37 respectivamente; para DBO_5 a los 5, 10, 15 minutos fue de 55 mg/L, 42 mg/L y 37 mg/L respectivamente; para la DQO a los 5, 10 y 15 minutos fue de 46.5 mgO_2/L , 37 mgO_2/L y 32 mgO_2/L respectivamente.

Ventura (2017), en su investigación "Tratamiento de sanguaza de pescado del mercado de Ancón utilizando micro-nanoburbujas de aire a escala laboratorio" realizo el tratamiento de nanoburbujas de aire en tres (03) repeticiones de tres tiempos (15, 30 y 45 minutos); después, realizo un análisis de las muestras tratadas; obteniéndose los siguientes resultados; turbidez se redujo en un 85.7%, la DBO_5 se redujo en un 47.13% y la DQO se redujo en un 46.03%.

Maldonado (2017), en su investigación "Reducción de la concentración de colorante negro reactivo 5 en agua mediante el uso de las micro-nanoburbujas de ozono y aire escala laboratorio", realizo a nivel de laboratorio tres (03) concentraciones de 100 mg/L, 230 mg/L y 530 mg/L de colorante Negro Reactivo 5; Luego, realizo el tratamiento de micro-nanoburbujas de ozono y aire en tres (03) tiempos (60, 90 y 140 minutos) en cada una de las concentraciones mencionadas líneas arriba; registrándose en las tres (03) mencionadas concentraciones la mayor reducción de la DQO en el tiempo de 140 minutos, con los siguientes resultados: concentración (100 mg/L) de DQO inicial de 821 mg/L a 747.10 mg/L, concentración (230 mg/L) de DQO inicial de 821 mg/L a 747.10 mg/L, concentración (530 mg/L) de DQO inicial 1100 mg/L a 356.37 mg/L.

Vela (2019), En su investigación "Eficiencia de un Tanque Imhoff-HA a escala, para mejorar la calidad de las aguas servidas municipales del distrito de Habana, Moyobamba", diseñó e instaló integradamente el tanque imhoff y el humedal artificial (carrizo); Una vez culminado la construcción, se procedió a ingresar el agua residual al sistema integrado. Desde el primer suministro de agua residual, se esperó 45 días para iniciar con la etapa de monitoreo, con la finalidad de que las plantas se adapten a su medio; el monitoreo tuvo un periodo de 3 meses cada 15 días. Para evaluar el funcionamiento del sistema Tanque imhoff – HA se estableció los puntos de muestreo

de las cuales se recogieron muestras de aguas servidas en el tanque imhoff (afluente), entrada al humedal artificial (efluente 1) y salida del humedal artificial (efluente 2); seguidamente se analizó los siguientes parámetros (nitratos, fosfatos y DBO_5 , pH, turbidez, sólidos suspendidos totales, temperatura). Las tasas medias de eliminación final informadas fueron: turbidez 84.14%, sólidos en suspensión 94.82%, nitrato 35.78%, ácido fosfórico 65.57% y DBO_5 93.99%.

La diversidad de aplicación de las MNB fue extendiéndose, a fin de experimentar si trata o no otros contaminantes tal como nos menciona Xia y Hu (2015), en su investigación que tuvo como objetivo principal la remediación de aguas superficiales y subterráneas por micro-nanoburbujas de ozono para degradar el naranja de metilo, el método utilizado en la investigación fue de la oxidación del ozono: este método es el más usado por ser uno de los más avanzados de manera indirecta, el ozono se descomponen radicales hidroxilo, y luego los contaminantes orgánicos pueden oxidarse. El ozono puede reducir rápidamente los contaminantes orgánicos como benceno, tolueno, etilbenceno y xileno (BTEX) y compuestos orgánicos volátiles (VOC). La capacidad de ozono fue de 30 g/h con una concentración de 100 mg/L. Los resultados indicaron que las MNB de oxígeno no degradaban el naranja de metilo, mientras que el efecto de la degradación de las burbujas de ozono era obvio. El efecto de degradación de las MNB de ozono puede ser incluso 41 veces mayor que las macroburbujas de ozono para aguas superficiales contaminadas.

Observando la diversidad de aplicaciones He et al. (2021), en su investigación "Eliminación mejorada de Congo Red de las aguas residuales mediante carbón de bajo rango utilizando micro y nanoburbujas, tuvo como objetivo investigar la influencia de las micro y nanoburbujas (MNB) en la adsorción del Congo Red (CR) en carbón de bajo rango (LCR). Utilizó la metodología de generación de micro y nanoburbujas con carbón de bajo rango, los resultados demostraron que la adsorción lograda con el uso de MNB fueron dos veces mayor que sin MNB tanto como para el carbón Wanli como para el Mengdong. Las soluciones sin y con MNB eran 95.5 mg/L y 75.0 mg/L, respectivamente. La concentración de la solución CR sin y con MNB disminuyó de 95.5 mg/L y 75.0 mg/L a 4.8 mg/L y 3.4 mg/L después de la adsorción respectivamente.

Así mismo Li, Hu y Xia (2013), tuvieron como objetivo determinar el impacto de la salinidad en la biorremediación mejorada por micro-nanoburbujas. Usaron la generación de MNB del tipo de flujo en espiral, el analizador se basó en la técnica de luz láser, sensor de OD, analizador de potencial zeta, permeámetro, agua ultra pura, aire, adición de cloruro de sodio en diferentes concentraciones, 0, 0.1, 0.4, 0.7, 1, 3, 5, 7, 9 (g/L). Obteniendo como resultado, que la salinidad del agua no tuvo una influencia obvia en el tamaño de las burbujas. El diámetro promedio fue alrededor de 50 μm , mucho más pequeño que los poros de arena.

La amplia utilidad de las nanoburbujas tiene múltiples aplicaciones de tratamientos, según Yaparathne et al. (2022), en su investigación tuvieron como objetivo estudiar la aireación de nanoburbujas como un enfoque novedoso para mejorar el tratamiento aeróbico de lodos activados. Se comparó con la aireación de burbujas gruesas a escala de laboratorio. Los reactores de lodo activado aireado con nanoburbujas lograron mayores niveles de oxígeno disuelto a velocidades más rápidas. Se Observó una mayor eliminación de la demanda de oxígeno soluble químico en un 10% en comparación con la aireación de burbujas gruesas con la misma cantidad de aire. El lodo activado produjo un lodo compacto que produjo un lodo residual más fácil para el manejo posterior del lodo. Las muestras mostraron menos bacterias filamentosas con una menor abundancia relativa de flóculos *Corynebacterium*, *Pseudomonas*, y *Zoogloea* en el lodo. El microbioma del lodo activado con nanoburbujas mostró cambios significativos en la abundancia de miembros de la comunidad a nivel de género y diversidades alfa y beta significativamente más bajas.

A continuación, se mencionó las teorías relacionadas con la presente investigación:

Las aguas servidas son efluentes vertidos por cloacas o sistema de alcantarillado de origen de los domicilios o viviendas; estos desechos líquidos están conformado por una concentración de desechos fecales y cargas infecciosas o biológicas, teniendo materia disueltas y en suspensión; en ese contexto, ya que los

cuerpos de agua son contaminados por desechos líquidos; se han fijado los ECA para el agua; que establecen los niveles de concentración de los parámetros físicos, químicos, biológicos, que no deben superarse (OEFA, 2014), Los avances en el saneamiento disminuyeron considerablemente la incidencia de enfermedades infecciosas transmitidas por el agua, [...]. La calidad microbiológica del agua se evalúa tradicionalmente en términos de valores de número más probable (NMP/100mL) de coliformes totales (Beiras, 2018). El tratamiento de aguas residuales o aguas servidas, [...] remueven contaminantes físicos, químicos y biológicos (Rodríguez y García, 2012).

Singh, Singh y Singh (2021), mencionaron que, “de las diversas fuentes de contaminación del agua, la descarga excesiva de aguas residuales es una causa especial de preocupación [...]”. Es muy importante comprender la química del agua y los parámetros de calidad del agua.

El potencial de hidrogeno (pH), Zeece (2020) menciona que “la definición química de pH se da como el logaritmo negativo de la concentración de hidronio” y corresponde a la siguiente ecuación (1):

$$pH = -\text{Log}[H_3O^+] \dots\dots\dots(1)$$

Núñez (2014), señaló que el pH, es un indicador de la concentración de iones de hidrógeno; asimismo, se puede utilizar para medir la acidez o alcalinidad de una solución acuosa; es así que, las mediciones de pH se realizan directamente en presencia de iones de hidronio H_3O^+ y iones hidroxilo HO^- , mientras que los iones H_3O^+ se unen directamente a los ácidos, los iones HO^- están involucrados en la basicidad; por otro lado, en la guía Digesa (2009), da como concepto del potencial de hidrógeno (pH) que es el grado de acidez o alcalinidad de una solución, las cuales tiene rangos de 0 a 6 que representa a los ácidos, de 7 a los neutros y de 8 a 14 a los alcalinos.

Rigola (1990), mencionó que la Conductividad eléctrica, es un indicador de la capacidad del agua para conducir una corriente eléctrica y está directamente relacionada con la concentración de sal disuelta en el agua”; por otra parte, Daoliang

y Shuangyin (2019) señalaron que las sales en el agua se disuelven en iones con carga positiva (cationes) e iones con carga negativa (aniones), que conducen la electricidad. La mayoría de los cationes son sodio (Na), calcio (Ca²⁺), potasio (K) y magnesio (Mg²⁺). La mayoría de los aniones son cloruro (Cl⁻), sulfato (SO₄²⁻), carbonato y bicarbonato.

Núñez (2014), mencionó que la DBO, es demanda bioquímica de oxígeno que tiene un agua; Asimismo, es la cantidad de oxígeno consumido por microorganismos (bacterias, hongos y plancton) durante la degradación de las sustancias orgánicas; a su vez, como el proceso de descomposición depende de la temperatura, se realiza a 20 °C durante 5 días de manera estándar, denominándose DBO₅; por otra parte, García (2014), refiere que la demanda bioquímica de oxígeno es el monto de oxígeno consumido por microorganismos para oxidar biológicamente la materia orgánica; A su vez, cuando se incubaba en la oscuridad durante 5 días a 20 °C, se puede determinar la DBO₅ con la prueba de 5 días y que el límite mínimo detectable es <2 mg/LO₂).

Hay dos tipos de nanoburbujas: nanoburbujas de superficie y nanoburbujas a granel. El primero está unido a una superficie sólida sumergida en un líquido, mientras que el segundo está rodeado por un entorno líquido (Sun et al., 2022). Una burbuja está conformada en su interior por un gas, que a su vez está envuelto por una capa delgada de un líquido, sometido a una tensión superficial; las burbujas se forman gracias a la tensión superficial (proporciona la necesaria tensión de pared para la formación de burbujas de agua), ya que la presión interna de una burbuja es mayor que la presión externa; y la tensión superficial hace el balance de fuerza para que queden en equilibrio (Castagnino, 2013), para poder ser llamada a una; burbuja: nanoburbuja (NB); deben presentar un tamaño menor a 1 µm, de tal modo que llegue a escalas nanométricas (Fan et al., 2010), las burbujas se clasifican por la velocidad superficial y los diámetros de la burbuja (Temesgen et al., 2017), la velocidad superficial de la nanoburbuja depende de las propiedades físicas de los líquidos. Así estas burbujas se comportan como esferas fluidas y sólidas, por lo que se puede hallar con la ecuación de Stokes (2).

$$V = \frac{pgd^2}{18\mu} \dots \dots (2)$$

Donde V es la Velocidad ascendente, “ ρ ” es la densidad del líquido, “ g ” es la aceleración gravitacional, “ d ” es el diámetro de la burbuja, “ μ ” es la viscosidad del líquido (Hideki, 2010), de modo que para determinar el tamaño de la burbuja se debe considerar la monodispersidad de las burbujas y esto se determina de acuerdo con el coeficiente de dispersión del tamaño de partícula δ (3).

$$\delta = \frac{D_b^{90} - D_b^{10}}{D_b^{50}} \dots\dots (3)$$

Donde D_b^{90} , D_b^{50} y D_b^{10} son los diámetros correspondientes al 90%, 50% y 10% en volumen respectivamente, en la curva de distribución de tamaño de burbuja acumulativa relativa; D_b^{50} representa el diámetro o medio de la burbuja. El área interfacial específica (a , m^2 , m^{-2}) de NB se define por la siguiente ecuación (4):

$$a = \frac{6\varepsilon_G}{D_b^{50}} \dots\dots\dots (4)$$

Pero la ecuación no estaría completa si no hallamos la retención del gas representada en la ecuación (5).

$$\varepsilon_G = \frac{V_G}{V_L + V_G} \dots\dots (5)$$

Donde ε_G es la retención de gas, V_G es el volumen ocupado por el gas fase (burbujas), V_L es el volumen ocupado por la fase líquida. El tamaño de partícula se puede determinar por la microscopia electrónica de barrido (SEM) (Agarwal, Ng y Liu, 2011). La presión interna de la burbuja es muy importante, para el cálculo de la presión interna de la MNB, se tendrá que usar la ley de Laplace (6).

$$P_g = P_l + \frac{4\sigma}{d_b} \dots\dots\dots (6)$$

Donde P_g es la presión del gas y P_l la presión del líquido, ambas en pascales (Pa), la tensión superficial del líquido es σ ($N.m^{-1}$) y el diámetro de la burbuja es d_b (m) (Sloan, 1998 citado por Agarwal, Ng y Liu, 2011).

Las nanoburbujas y microburbujas, son burbujas de un diámetro tan pequeño que se requiere del empleo de un microscopio para poder analizarlos; su tamaño es medido en la escala nanométrica, el tamaño de las nanoburbujas puede variar en el rango de diámetro de 10 nm hasta menos de 1 μm , mientras que el tamaño de las

microburbujas puede variar en el rango de diámetro de 1 μm hasta 100 μm (Castagnino, 2013). Para discutir sobre las NB, no se puede omitir mencionar los principios fundamentales de la teoría de la cinética de burbujas. De acuerdo con la catástrofe de burbujas de presión de Laplace (LPBC), incluso en el caso de se logre el equilibrio inicial, una pequeña perturbación hace que la burbuja crezca o se encoja y desaparezca (Michailidi et al. 2019).

Las nanoburbujas que están conformadas en su mayoría por carga eléctrica negativa y en menores cantidades por cargas positivas; terminan actuando como un imán, lo que permite atraer (fuerza de atracción) a las partículas de cargas opuestas; y, por ende, eliminar, remover y/o reducir la concentración de los contaminantes; es así que, el grado de remoción de la concentración de los contaminantes, también se ven influenciadas por la flotabilidad que está en proporción al volumen de aire contenido en las nanoburbujas; en su flotación van capturando sólidos suspendidos presentes en el líquido, llevándolos a la superficie; a diferencia de una burbuja normal de diámetro de 1 mm, las nanoburbujas pueden ingresar en cavidades pequeñas de los contaminantes, envolviéndolos en su totalidad y haciéndolas flotar; mientras que la velocidad de flotación de las nanoburbujas es de 0.0001 pies por segundo, la velocidad de flotación la burbuja normal es 3610 veces más rápido; lo que se puede entender que, mientras las burbujas son más pequeñas permanecen mayor tiempo en el agua, haciendo que tengan un mayor contacto con los contaminantes, y por lo tanto su captura sea más efectiva (Castagnino, 2013).

III. METODOLOGÍA

3.1 Tipo y diseño de investigación

Tipo de investigación: La presente investigación es de tipo aplicada; ya que se estudió los sucesos de aplicación de la nueva teoría para solucionar problemas de la vida real, beneficiando a la sociedad, buscando resolver problemas (Hernández, 2018), porque se utilizó los conocimientos científicos ya estudiados con anterioridad sobre la aplicación de nanoburbujas de aire.

Nivel de investigación: Tuvo un nivel explicativo, porque se manipuló la variable independiente, y se explicó la aplicación de nanoburbujas de aire para el tratamiento de aguas servidas vertidas en el cauce la Achirana.

Diseño de investigación: Comprendió el diseño Preexperimental del tipo pre test y post test de un solo grupo, porque se aplicó un tratamiento a la muestra y se analizó los cambios que se producirán en dicha muestra mediante la ecuación (7).

$$\mathbf{GE: O1 - X - O2 \dots\dots(7)}$$

Donde:

GE: Grupo experimental.

O1: Pre test (Aguas servidas vertidas en el cauce la Achirana, sin tratamiento).

X: Tratamiento (Nanoburbujas de aire).

O2: Post test (Aguas servidas vertidas en el cauce la Achirana, con tratamiento).

3.2 Variables y operacionalización

Variable dependiente: aguas servidas.

Definición conceptual: las aguas servidas contienen una alta carga microbiana (Dwevedi y kayastha, 2018), aportan emisiones de carbono al medio ambiente (Li et al., 2022).

Definición Operacional: Los parámetros físicos se evaluaron en el laboratorio antes y después del tratamiento, los parámetros químicos y microbiológicos fueron evaluados en un laboratorio acreditado para tener la confiabilidad que demanda la

investigación. Se tuvo en cuenta el ECA agua categoría 3: riego de vegetales y bebida de animales, subcategoría D1: riego de vegetales.

Variable independiente: nanoburbujas de aire.

Definición conceptual: Las nanoburbujas, son burbujas con un tamaño menor a 1 μ m; las cuales están compuesto por carga negativa y cargas positivas; que actúan como un imán atrayendo a las partículas de cargas opuestas. Agarwal, Ng y Liu (2011) mencionan que las nanoburbujas son pequeñas burbujas con un diámetro de tamaño menor a <200 nm y han explotado para diversas aplicaciones.

Definición Operacional: Las nanoburbujas de aire se midieron considerando sus características físicas que serán evaluadas en el proceso de la generación de las NB de aire y así mismo se tuvo en cuenta la condición del tratamiento que fue medido por el tiempo que duró el tratamiento.

Tabla N°1 Variables y operacionalización

Variable dependiente: Aguas servidas		
Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
Parámetros físicos	Temperatura	Razón (°C)
	Conductividad eléctrica	Razón (μ S/cm)
Parámetros químicos	Potencial de hidrógeno	Intervalo (pH)
	Demanda bioquímica de oxígeno	Razón (mg/L)
Parámetro microbiológico	Coliformes totales	Razón (NMP/100mL)
Variable independiente: nanoburbujas de aire		
Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
Características físicas de las nanoburbujas	Velocidad de ascenso	Intervalo
	Flujo	Razón (mL/seg)
	Diámetro de la nanoburbuja	Intervalo (nm)
	Presión interna de la nanoburbuja	Razón (Pa)
	Presión del aire	Razón (PSI)
Condición del tratamiento	Tiempo de tratamiento	Razón (min)

3.3 Población, muestra, muestreo, unidad de análisis

Población: La población de la presente investigación está conformado por las aguas servidas del cauce la Achirana, Parcona, Ica, en un volumen aproximado de es de 84 m³.

Para el cálculo del volumen se tomó como referencia la siguiente formula (8)

utilizada por Salguero, (2017):

$$V = AD \times L \dots \dots \dots (8)$$

Donde: (V) es el volumen, (AD) el área y (L) longitud.

Criterios de inclusión: los parámetros de temperatura, pH, Conductividad eléctrica, DBO₅ y Coliformes totales, que contienen las aguas servidas en los puntos de descarga y solo se incluyó los parámetros de interés para la investigación.

Criterios de exclusión: los parámetros consiguientes que contiene el ECA agua categoría 3: riego de vegetales y bebida de animales, subcategoría D1: riego de vegetales, se excluyeron por criterio de los investigadores.

Muestra: Se tomó una muestra de aguas servidas de 50 litros, recogido en el cauce la Achirana, Parcona, Ica; aguas abajo, a una distancia de unos 200 m, desde el punto de descarga al medio receptor.

Muestreo: El muestreo de la investigación fue de tipo probabilístico, aleatorio simple, porque se realizó la recolección de datos respectivamente antes, durante y después del tratamiento.

Unidad de análisis: La unidad de análisis fue 1 litro de aguas servidas.

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Tabla N°2 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

ETAPA	FUENTE	TÉCNICA	INSTRUMENTOS	RESULTADOS
Etapa N°1 Ubicación e identificación del lugar de estudio	Cauce la Achirana, Parcona, Ica.	Observación	Ficha de registro de ubicación (Anexo N°2)	Lugar de estudio ubicado e identificado
Etapa N°2 Recolección de la muestra de aguas servidas vertidas en el cauce la Achirana	Aguas servidas del cauce la Achirana, Parcona, Ica.	Experimentación	cadena de Custodia de muestra de agua (Anexo N°3)	Recolección de 50 litros de aguas servidas vertidas en el cauce la Achirana
Etapa N°3 Análisis de la muestra de las	Aguas servidas vertidas en el	Experimentación	Ficha de análisis de muestra antes del	Parámetros físicos, químicos y microbiológicos de

aguas servidas vertidas en el cauce la Achirana antes de la aplicación del tratamiento	cauce la Achirana, Parcona, Ica.		tratamiento (Anexo N°4)	las aguas servidas vertidas en el cauce la Achirana identificados y evidencia de contaminación del mismo
Etapa N°4 Aplicación de las nanoburbujas de aire para el tratamiento de las aguas servidas vertidas en el cauce la Achirana	Laboratorio particular	Experimentación	Ficha de registro del tratamiento (Anexo N°5)	Generación y aplicación de nanoburbujas de aire en las aguas servidas vertidas en el cauce la Achirana
Etapa N°5 Análisis de las muestras de las aguas servidas vertidas en el cauce la Achirana después de la aplicación del tratamiento.	Muestras de las aguas servidas vertidas en el cauce Achirana tratadas con nanoburbujas de aire	Experimentación	Ficha de análisis de muestra después del tratamiento (Anexo N°6)	Verificación de la reducción o aumento de los parámetros establecidos de las aguas servidas vertidas en el cauce la Achirana
Etapa N°6 Interpretación y de análisis resultados	Gabinete	Observación	Ficha de registro de resultados (Anexo N°7)	Datos obtenidos, procesados e interpretados

Validez y confiabilidad

Que habiéndose remitido a los tres (03) jueces expertos, conformado por: a) Dr. Valverde Flores, Jhonny Wilfredo, b) Dr. Benites Alfaro, Elmer Gonzalo, y c) Dr. Ordoñez Gálvez, Juan Julio; las solicitudes con la cual se solicitó la validación de recojo de información de los siguientes documentos: matriz de operacionalización de variables, instrumentos de recolección de datos y ficha de evaluación; quienes aprobaron los documentos mencionados, firmando los instrumentos de recolección de datos en señal de conformidad (Anexo N°8); así mismo, los expertos ratificaron los instrumentos con un grado de confiabilidad.

Dr. Valverde Flores, Jhonny Wilfredo	90%
Dr. Benites Alfaro, Elmer Gonzalo	90%
Dr. Ordoñez Gálvez, Juan Julio	90%
Promedio	90%

3.5 Procedimientos: La presente investigación se realizó de acuerdo al siguiente diagrama de flujo.

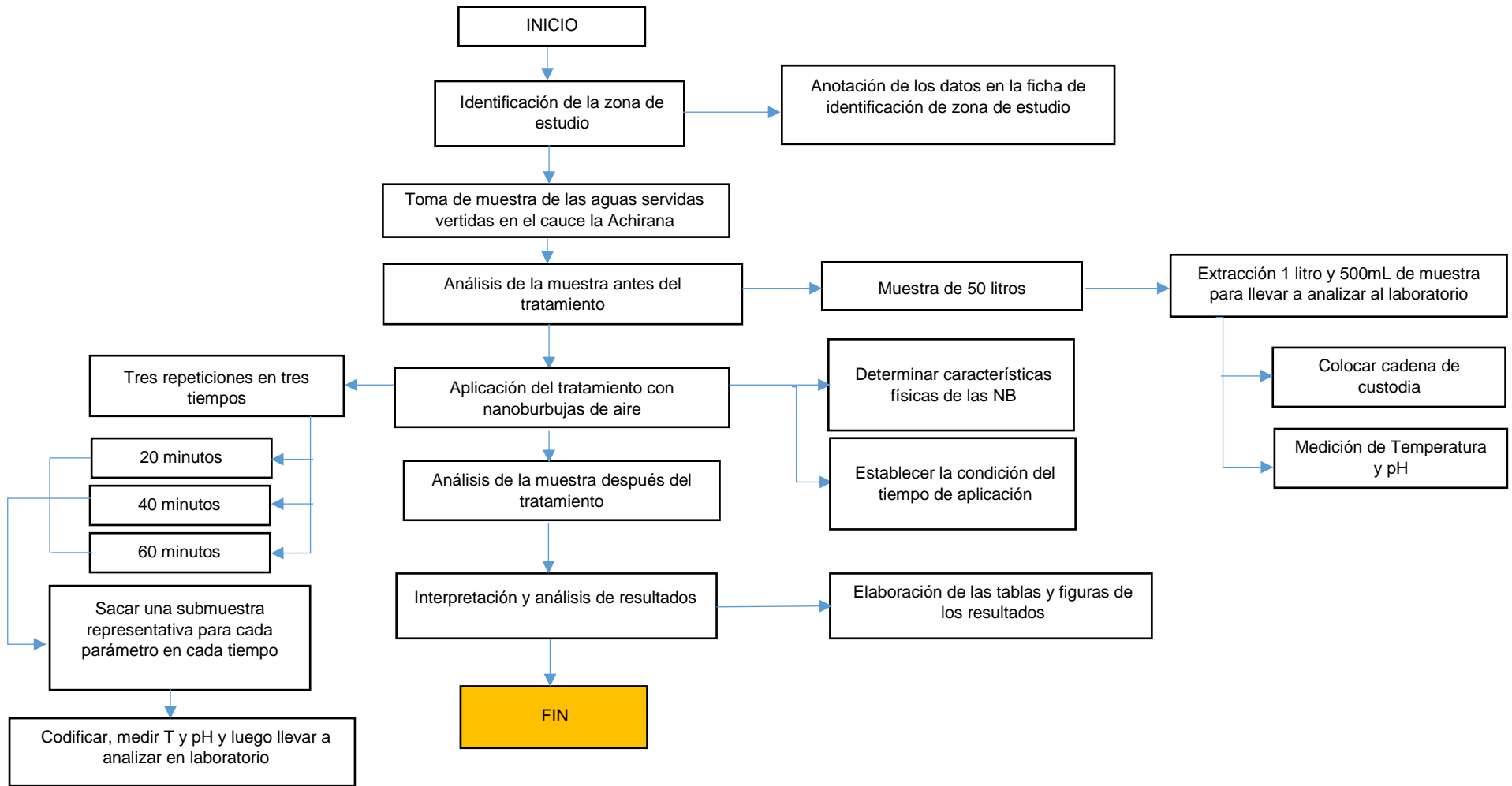


Figura N° 1. Diagrama de flujo del proceso de la aplicación de nanoburbujas de aire en las aguas servidas vertidas en el cauce Achirana. En la presente investigación, se consideró seis (06) etapas, las cuales se describen a continuación:

Etapa N°1: Ubicación e identificación del lugar de estudio.

Está ubicado la zona de estudio en el distrito de Parcona, de la provincia de Ica, del departamento de Ica, cuyas coordenadas UTM son: 18L 423758.5E 8446574.6S y una elevación de 427 m.s.n.m.

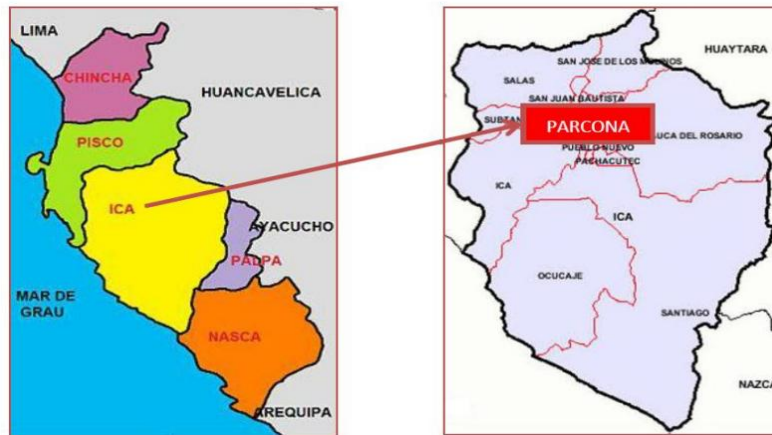


Figura N° 2. Ubicación del cauce la Achirana, del distrito Parcona, Ica

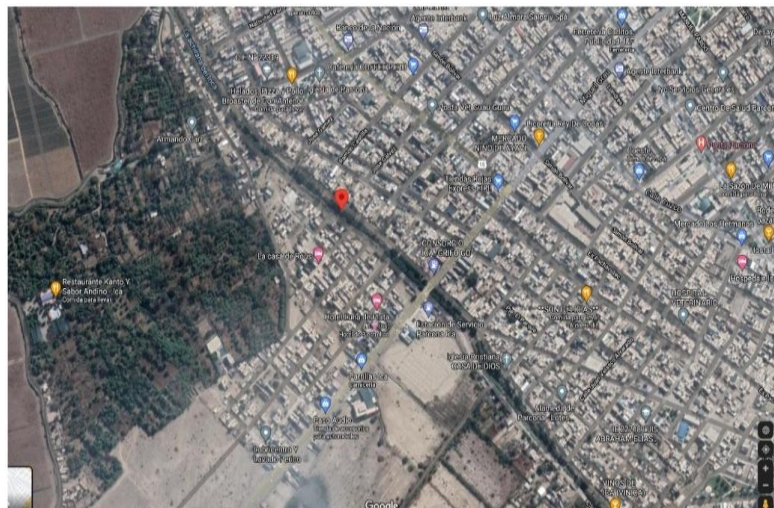


Figura N° 3. Vista 3D del Cauce la Achirana del distrito de Parcona, Ica

Etapas N°2: Recolección de la muestra de agua servida en el cauce la Achirana

Para la recolección de la muestra de aguas servidas vertidas en el cauce la Achirana, se realizó lo siguiente: a) la muestra se recolectó el día 19 de mayo del 2022 a horas 16:00, en el cauce la Achirana, Parcona, Ica; a una distancia de 200 metros (aguas abajo) del punto de vertimiento al medio receptor. b) antes de recoger la muestra, se usaron los implementos de bioseguridad para la protección personal y así no contaminar de la muestra; al momento de recoger la muestra se empleó un galón de plástico de material de polipropileno en alta densidad de color azul, con capacidad de 50 litros; se tuvo en cuenta las medidas de conservación y preservación de muestra de agua en función de los parámetros a evaluar, tal como se menciona en el Protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos, finalmente se trasladó la muestra al laboratorio donde se realizaron los análisis, con dirección: Calle los Olivos Mz N lote 24 Urb los jazmines del naranjal.

Etapas N°3: Análisis de las muestras de las aguas servidas vertidas en el cauce la Achirana antes de la aplicación del tratamiento

Se realizó el análisis de la muestra de las aguas servidas vertidas en el cauce la Achirana antes de la aplicación del tratamiento, respecto a lo siguiente: a) se usaron los implementos de bioseguridad; luego se homogeneizó la muestra de aguas servidas vertidas en el cauce la Achirana contenida en el galón (50 L). Se vació en un balde blanco de 18 L una cantidad de 5 L, se sacó con un vaso precipitado 250 mL del balde, para realizar mediciones de los parámetros de temperatura, pH y conductividad eléctrica, haciendo uso del multiparámetro; de igual manera, se sacó con un vaso precipitado muestras de aguas servidas y se procedió a llenar en frascos debidamente rotulados que fueron nuestra muestra antes del tratamiento (M0), adjuntando su cadena de custodia, para su posterior análisis en el laboratorio acreditado CERTIFICAL, para los parámetros de DBO₅ y coliformes totales. b) se siguió las indicaciones de preservación y precaución de las muestras de aguas servidas vertidas en el cauce la Achirana, durante su traslado y entrega al laboratorio acreditado.

Etapa N°4: Aplicación de las nanoburbujas de aire para el tratamiento de las aguas servidas vertidas en el cauce la Achirana

Inicialmente se solicitó autorización al titular de la patente (Dr. Jhonny Wilfredo Valverde Flores) del equipo generador de nanoburbujas de aire, el cual está conformado por: una (01) compresora de aire; una (01) bomba de agua; un (01) variador de velocidad, que regula la potencia de la bomba; un (01) generador de nanoburbujas de aire; un (01) depósito de entrada (donde se coloca las aguas servidas previamente homogeneizadas); un (01) depósito de salida (donde se extrae las aguas servidas con tratamiento). Se utilizaron los implementos de bioseguridad respectivos durante todo el proceso de la investigación; para determinar el caudal (mL/seg) del equipo generador de nanoburbujas de aire; así como, la cantidad y tamaño de las nanoburbujas de aire por gota de agua, también la velocidad de ascenso y presión interna de las nanoburbujas de aire. El caudal que se utilizó fue de 45.7 mL/seg y una presión del aire de 50 a 60 PSI.

El tratamiento se realizó en tres (3) repeticiones dividido en (M1, M2, M3), utilizando para cada uno de ellos 12 litros de agua en intervalos de tiempo de 20 minutos, 40 minutos y 60 minutos. Para poder determinar el diámetro de las nanoburbujas generadas se utilizó un microscopio trinocular, que tiene una cámara de 5 megapíxeles. Una vez que se ha determinado el diámetro promedio de la nanoburbujas se halló la velocidad de ascenso y la presión interna de las nanoburbujas en base a las siguientes formulas (8) y (9):

Velocidad de ascenso

$$V = \frac{pgd^2}{18\mu} \dots\dots\dots(9)$$

Donde:
V: Velocidad ascendente P_{nb}:
p: densidad del líquido
g: aceleración gravitacional
d: diámetro de la burbuja
μ: viscosidad del líquido

Presión interna

$$P_{nb} = P_l + \frac{4\sigma}{d_{nb}} \dots\dots\dots(10)$$

Donde:
presión de la nanoburbuja
P_l: presión del líquido = p.g.h
p: densidad del líquido
g: aceleración gravitacional
h: altura del liquido
σ: tensión superficial del líquido
d_{nb}: diámetro de la nanoburbuja

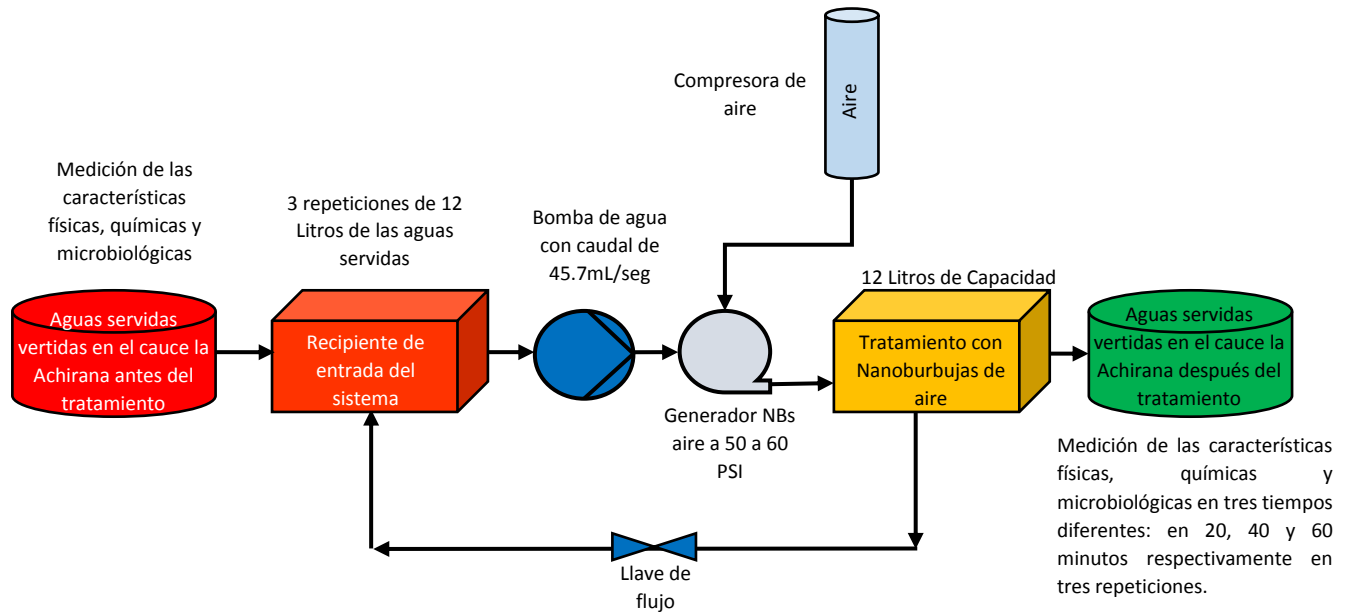


Figura N° 4 Proceso tecnológico.

Para realizar el tratamiento se midió primero el caudal utilizando agua para facilitar la medición en un vaso precipitado de 1000 mL.



Figura N° 5. Vaso precipitado de 1000 mL

Se hizo tres mediciones de caudal en base a 1000 mL; en 30, 35, 40, 45, 50 Hertz respectivamente, luego se sacó el promedio a cada medición de caudal con la finalidad de tener una tabla donde se pueda generar una figura donde se observó

el aumento del caudal en base a los Hertz aplicados como se observa a continuación:

Tabla N°3. Cálculo del caudal del equipo generador de nanoburbujas de aire

Hertz (Hz)	medición	volumen(mL)	tiempo (seg)	Promedio de tiempos (seg)	volumen(mL)/Promedio de tiempo(seg)= Caudal
30	1	1000	45.48	44.83	22.3
	2		44.85		
	3		44.16		
35	1	1000	38.60	37.44	26.7
	2		37.10		
	3		36.61		
40	1	1000	33.17	31.58	31.7
	2		30.77		
	3		30.79		
45	1	1000	27.79	26.18	38.2
	2		25.56		
	3		25.20		
50	1	1000	21.99	21.90	45.7
	2		22.11		
	3		21.60		

En la tabla se observa el aumento del caudal respecto al tiempo

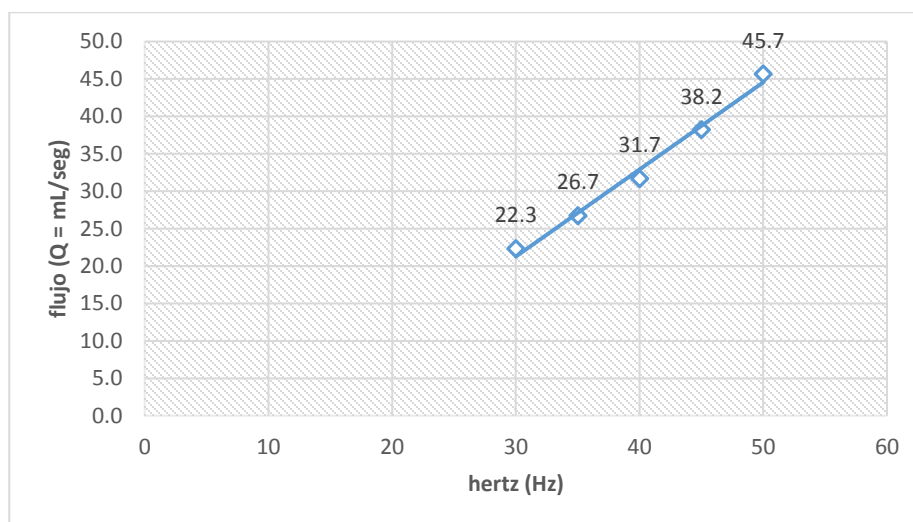


Figura N° 6. Aumento de caudal respecto a los Hertz

En la figura se observa el aumento del caudal respecto a los diferentes Hertz que se aplicaron, en 30 hertz hubo un caudal de 22.3 ml/seg, en 35 hertz hubo 26.7 mL/seg, en 40 hertz hubo 31.7 mL/seg, en 45 hertz 38.2 mL/seg y 50 hertz dio 45.7 mL/seg.

Para determinar el diámetro de las nanoburbujas que se generaron en una sola gota de agua se contabilizó cada una de las nanoburbujas, agrupándolas de acuerdo a su diámetro donde también se tomó en cuenta colocar el radio y superficie de cada una de las nanoburbuja, para ello se usó un microscopio trinocular que posee una cámara de 5 megapíxeles asistido por el software DigitalCam, de modo que se pudo determinar que el tamaño promedio de las nanoburbujas presentes fue de 704 nanómetros.



Figura N° 7. Imagen original de las nanoburbujas

Se aprecia la figura en color natural las nanoburbujas de aire por gota de agua, la misma que fue capturada por píxel en el software DigitalCam.

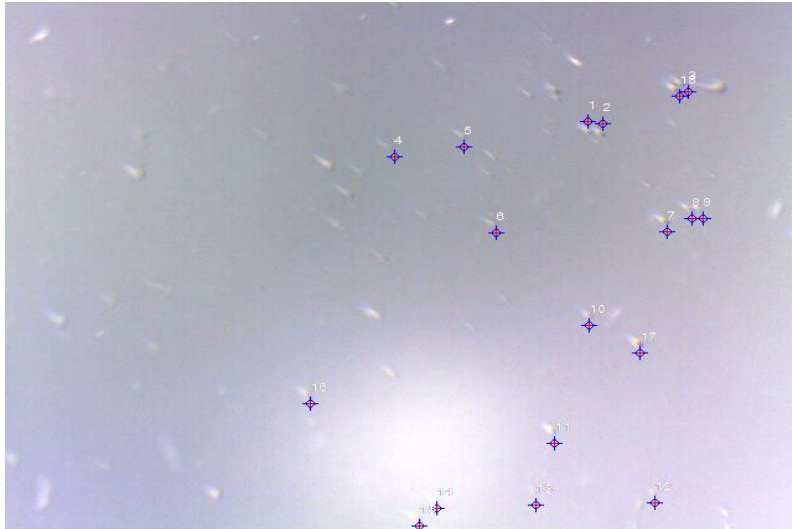


Figura N° 8. Imagen ajustada al contraste de las nanoburbujas

Se aprecia la figura ajustada al contraste; con la finalidad de tener una mejor visibilidad de las nanoburbujas y así hallar la cantidad y tamaño por pixel en el software DigitalCam.

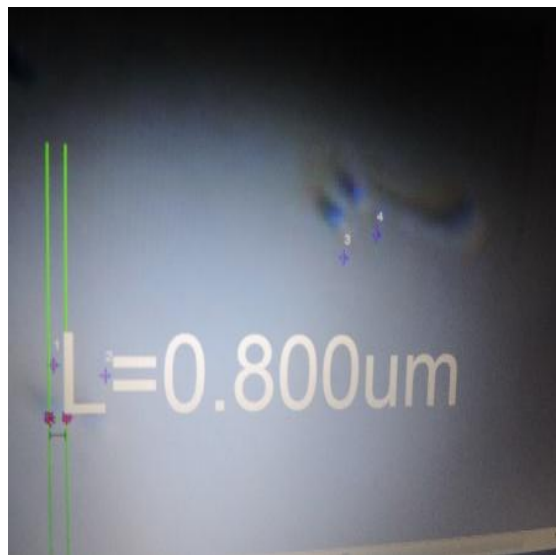


Figura N° 9. Diámetro de la nanoburbujas (μm)

Se observa una (01) figura con su medición respectivas en micrómetros. El software DigitalCam solo permite registrar medidas mayores a 1 micrómetro, de

tal manera se tomó una fotografía de la medición a una (01) nanoburbujas como evidencia; el procedimiento para hallar las siguientes medidas de las nanoburbujas fue similar, una vez hallado todas las nanoburbujas con unidad de medida en micrómetros se procedió a convertirlas a unidad de medida en nanómetros.

Ya calculado el diámetro y la cantidad de nanoburbujas, se procedió a hallar la velocidad de ascenso y la presión interna de las nanoburbujas de aire, basado en las ecuaciones de (Hideki, 2010).

Tabla N°4. Cantidad de nanoburbujas por gota

<i>Medidas de las nanoburbujas (μm)</i>	Medidas de las nanoburbujas (nm)	Cantidad de nanoburbujas
<i>S= 0.503 μm^2</i>	S= 503 nm ²	2
<i>R= 0.400 μm</i>	R= 400 nm	
<i>D= 0.800 μm</i>	D= 800 nm	
<i>S= 0.283 μm^2</i>	S= 283 nm ²	7
<i>R= 0.300 μm</i>	R= 300 nm	
<i>D= 0.600 μm</i>	D= 600 nm	
<i>S= 0.628 μm^2</i>	S= 628 nm ²	2
<i>R= 0.447 μm</i>	R= 447 nm	
<i>D= 0.894 μm</i>	D= 894 nm	
<i>S= 0.158 μm^2</i>	S= 158 nm ²	1
<i>R= 0.224 μm</i>	R= 224 nm	
<i>D= 0.447 μm</i>	D= 447 nm	
<i>S= 0.252 μm^2</i>	S= 252 nm ²	1
<i>R= 0.283 μm</i>	R= 283 nm	
<i>D= 0.566 μm</i>	D= 566 nm	
<i>S= 0.536 μm^2</i>	S= 536 nm ²	2
<i>R= 0.413 μm</i>	R= 413 nm	
<i>D= 0.825 μm</i>	D= 825 nm	
<i>S= 0.409 μm^2</i>	S= 409 nm ²	1
<i>R= 0.361 μm</i>	R= 361 nm	
<i>D= 0.721 μm</i>	D= 721 nm	
<i>S= 0.314 μm^2</i>	S= 314 nm ²	2
<i>R= 0.316 μm</i>	R= 316 nm	
<i>D= 0.632 μm</i>	D= 632 nm	
<i>S= 0.567 μm^2</i>	S= 567 nm ²	1
<i>R= 0.425 μm</i>	R= 425 nm	
<i>D= 0.849 μm</i>	D= 849 nm	
<i>total</i>		19

Para una mejor visualización de los resultados del diámetro de las nanoburbujas de aire se realizó una figura de barras donde se puede observar la cantidad de nanoburbujas que se registraron dentro de una gota de agua.

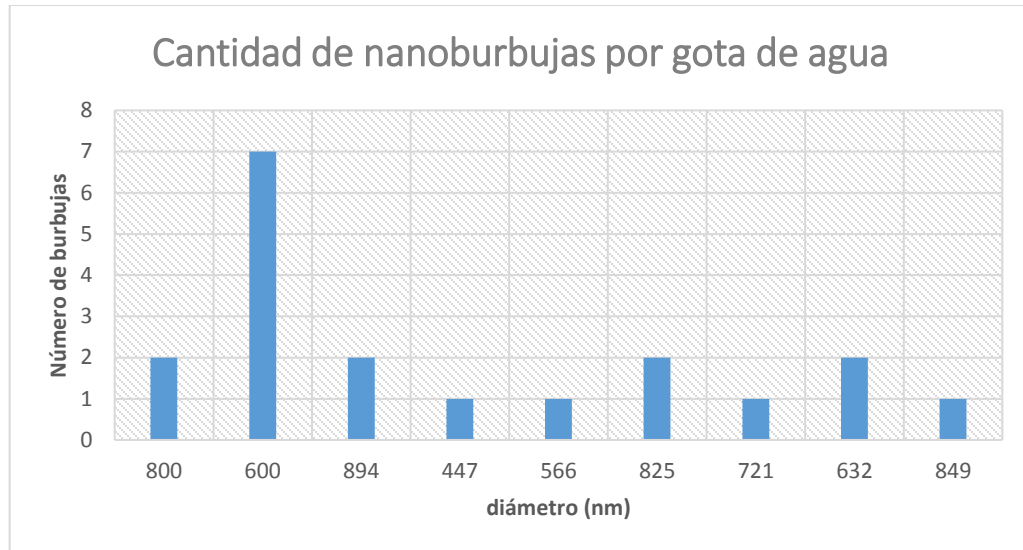


Figura N° 10. Cantidad de nanoburbujas por gota de agua

Así mismo ya teniendo identificado y contabilizado cada una de las nanoburbujas de aire se procedió al cálculo del promedio de las nanoburbujas.

Tabla N°5. Diámetro promedio de las nanoburbujas

<i>Cantidad de nanoburbujas</i>	<i>Medidas de las nanoburbujas (nm)</i>
2	800
7	600
2	894
1	447
1	566
2	825
1	721
2	632
1	849
<i>Promedio</i>	704

Ya determinado el diámetro de las nanoburbujas se procedió a hallar la velocidad de ascenso; ecuación (10) y la presión interna; ecuación (11), se entiende que la presión dentro de una burbuja es mayor que la presión externa en una cantidad inversamente proporcional al radio (Pandey, Jay y Dixit, 2012). A continuación, las fórmulas de las ecuaciones mencionadas:

Velocidad de ascenso

$$V = \frac{\rho g d^2}{18\mu} \dots\dots\dots(11)$$

Donde:

V = velocidad de ascenso = 2.69×10^{-7} m/s

ρ = densidad del líquido = 998.2 Kg/m³

g = aceleración gravitacional = 9.8 m/s²

d = diámetro de la nanoburbuja = 704 nm = 7.04×10^{-7} m

μ = Viscosidad del líquido = 1.003×10^{-3} Kg/m.s

Remplazando

$$V = \frac{998.2 \frac{Kg}{m^3} \times 9.8 \frac{m}{s^2} \times (7.04 \times 10^{-7} m)^2}{18 \times 1.003 \times 10^{-3} \frac{Kg}{ms}}$$

$$V = 2.68544042 \times 10^{-7} \frac{m}{s}$$

Redondeando el resultado para una apreciación de la velocidad de ascenso se tomó el resultado de $2.69 \times 10^{-7} \frac{m}{s}$ para la velocidad de ascenso.

Presión de la nanoburbuja

$$P_{nb} = P_l + \frac{4\sigma}{d_{nb}} \dots\dots\dots(12)$$

Donde:

P_{nb} = presión interna de la nanoburbuja = 8.42 atm = 853156.5 Pa

P_l = presión del líquido = $p.g.h = 998.2 \frac{Kg}{m^3} \times 9.8 \frac{m}{s^2} \times 0.45 m = 4.34 atm$

σ = Tensión superficial líquido = $0.0728 \frac{N}{m}$

d_{nb} = Diámetro de la nanoburbuja = $7.04 \times 10^{-7} m$

Remplazando

$$P_{nb} = 4.34 atm + \frac{4 \times 0.0728 \frac{N}{m}}{7.04 \times 10^{-7} m}$$

$$P_{nb} = 4.34 atm + 4.08 atm$$

$$P_{nb} = 8.42 atm$$

A continuación, se aplicó el tratamiento de nanoburbujas de aire en las aguas servidas vertidas en el cauce la Achirana; se vertió 12 litros de aguas servidas en el compartimiento de entrada; se encendió la compresora de aire, llegando a una presión de 50-60 PSI, luego se prendió la bomba de agua, junto con el variador de velocidad a 50 Hertz (Hz); luego, se aplicó el tratamiento de nanoburbujas de aire en tres (03) repeticiones, en tiempos de 20, 40 y 60 minutos; así mismo, al término de cada tiempo se extrajo las aguas servidas tratadas y se llenó en los frascos proporcionados por el laboratorio acreditado para el análisis de los parámetros de demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) y coliformes totales; de igual manera, se sacó en cada tiempo con un vaso precipitado 250 mL el agua tratada para el análisis de los parámetros de temperatura, pH y conductividad eléctrica. Finalmente, se procedió a retirar toda el agua tratada y limpiar el equipo generador de nanoburbujas de aire; para luego realizar la segunda repetición y tercera repetición consecutivamente repitiendo el mismo ciclo.

Etapa N°5: Análisis de las muestras de las aguas servidas vertidas en el cauce la Achirana después de la aplicación del tratamiento

Al término de cada tiempo de repetición se procedió a la extracción de las submuestras para su medición de la temperatura y pH, las muestras de DBO₅ y coliformes totales previamente enviados al laboratorio donde se realizaron los análisis respectivos para los dos parámetros y se obtuvieron los resultados para su posterior tabulación. Los resultados se anotaron para su control respectivo de acuerdo a su parámetro y tiempo de tratamiento.

Etapa N°6: Interpretación y análisis de resultados

Para una mejor comparación de los resultados Pre y post tratamiento, se realizó las figuras de barras respecto a cada parámetro obtenido en el análisis de la muestra Pre y Post tratamiento, para ello se registraron los datos en la tabla de registro de resultados elaborado en el programa Microsoft Excel 2015, teniendo en cuenta también los valores establecidos en el ECA Agua D.S. N° 004-2017-MINAM, para posteriormente ser exportados al software IBM SPSS v.24 y sean evaluados. La interpretación de los resultados de cada parámetro se dio una vez generado las figuras.

3.6 Método de análisis de datos

El presente proyecto de investigación comprendió la estadística inferencial porque se tuvo conclusiones, para hacer la relación de los datos obtenidos en los resultados, para ello se comenzó con la recolección de datos de la Etapa 3: Análisis de la muestra de aguas servidas en el cauce la Achirana antes de la aplicación del tratamiento, donde los datos de pH, temperatura y conductividad eléctrica se obtuvieron una vez sacada la muestra, la DBO₅ y coliformes totales fueron analizados en el laboratorio acreditado, Etapa 4: Aplicación del tratamiento de las aguas servidas vertidas en el cauce la Achirana con nanoburbujas de aire, donde se obtuvieron datos de tiempo de acción, flujo, diámetro de la burbuja, presión de aire para generar la nanoburbuja, presión interna de la nanoburbuja, velocidad de ascenso de la nanoburbuja y en la Etapa 5: Análisis de las muestras de aguas servidas vertidas en el cauce la Achirana después de la aplicación del

tratamiento, donde se obtuvo los datos de temperatura, pH, conductividad eléctrica, DBO₅, coliformes totales, los cuales se tabularon por medio de tablas respectivamente a cada parámetro medido con el programa Microsoft Excel 2015; además, se utilizó en el software IBM SPSS v.24 para muestras emparejadas, el cual es un análisis de varianza, para el contraste de hipótesis se usó el T- de Student la cual validó si la hipótesis nula (H₀) es cierta, la cual comprendió con H₁. Las aguas servidas vertidas en el cauce la Achirana, en el distrito de Parcona, Ica tienen las mismas características físicas, químicas y microbiológicas aplicando nanoburbujas de aire y H₀: Las aguas servidas vertidas en el cauce la Achirana, en el distrito de Parcona, Ica NO tienen las mismas características físicas, químicas y microbiológicas aplicando nanoburbujas de aire. La prueba de normalidad fue por Shapiro-Wilk en el software IBM SPSS v.24, las figuras y tablas fueron realizados en el programa Microsoft Excel 2015.

3.7 Aspectos éticos

La presente investigación siguió el código Nacional de la integridad científica CONCYTEC, el código de ética de la universidad César Vallejo con resolución de consejo universitario N° 0126-2017/UCV, el reglamento de investigación, la línea de investigación y así mismo fue estructurado de acuerdo a la guía de productos de investigación, como también tuvo un proceso de autenticación por el software Turnitin. Los datos obtenidos como también los estudios que se aplicaron en el presente proyecto de tesis se utilizaron con fines académicos para el muestreo de aguas servidas, teniendo en cuenta el Protocolo Nacional para Monitoreo de la Calidad de los recursos hídricos superficiales R.J. N° 010-2016 ANA, así mismo los valores de contraste de los resultados fueron los parámetros establecidos en el D.S. 004-2017-MINAM. Se aseguró el respeto por la biodiversidad al no usarse ningún ser vivo y la honestidad con la que se trabajó durante el desarrollo del proyecto de investigación para el aporte de futuras investigaciones.

IV. RESULTADOS

Parámetros Físicos

Tabla N°6. Temperatura de las aguas servidas

Repetición	Temperatura inicial (°C)	Temperatura después del tratamiento (°C)		
	0 minutos	20 minutos	40 minutos	60 minutos
	20.2			
1ra repetición		20.1	20.4	20.7
2da repetición		20.2	20.5	20.7
3ra repetición		20.1	20.6	20.8
promedio		20.1	20.5	20.7

Se muestra los resultados del análisis de la temperatura, obtenidos antes del tratamiento (tiempo de 0 minutos) y después del tratamiento (el mismo que se calculó en 3 repeticiones, en tiempos de 20, 40 y 60 minutos); seguidamente, se sacó el promedio de las tres repeticiones por cada tiempo, es así que el promedio a los 20 minutos es de 20.1 °C, a los 40 minutos es de 20.5 °C, a los 60 minutos es de 20.7 °C.

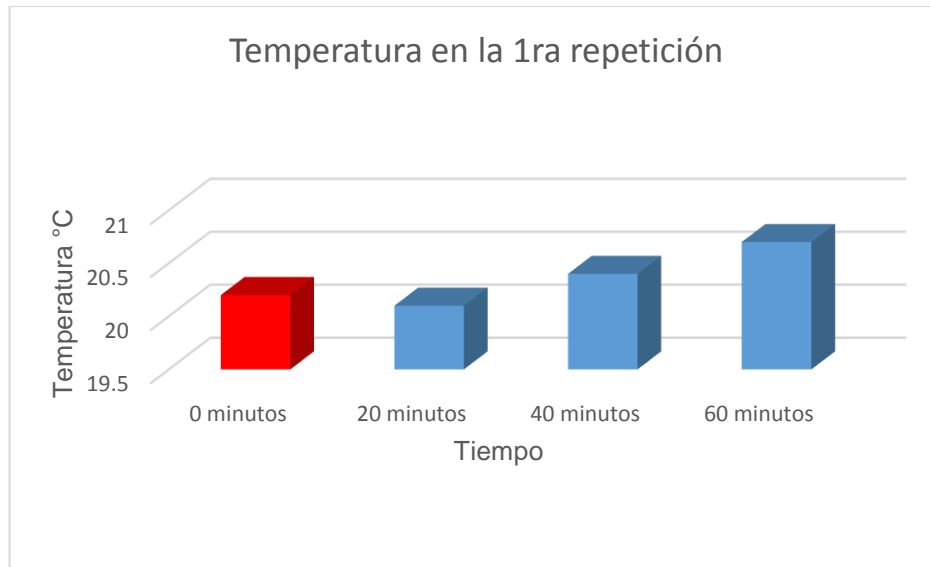


Figura N° 11. Temperatura en la primera repetición

La temperatura en la primera repetición presentó un ligero incremento a medida que se iba aumentando el tiempo de tratamiento. A los 20 minutos hubo una disminución de 0.1 °C respecto a la muestra inicial (M0), a los 40 minutos de tratamiento presentó un incremento de 0.2 °C respecto a la muestra inicial, a los 60 minutos de tratamiento presentó un incremento de 0.5 °C respecto a la muestra inicial.

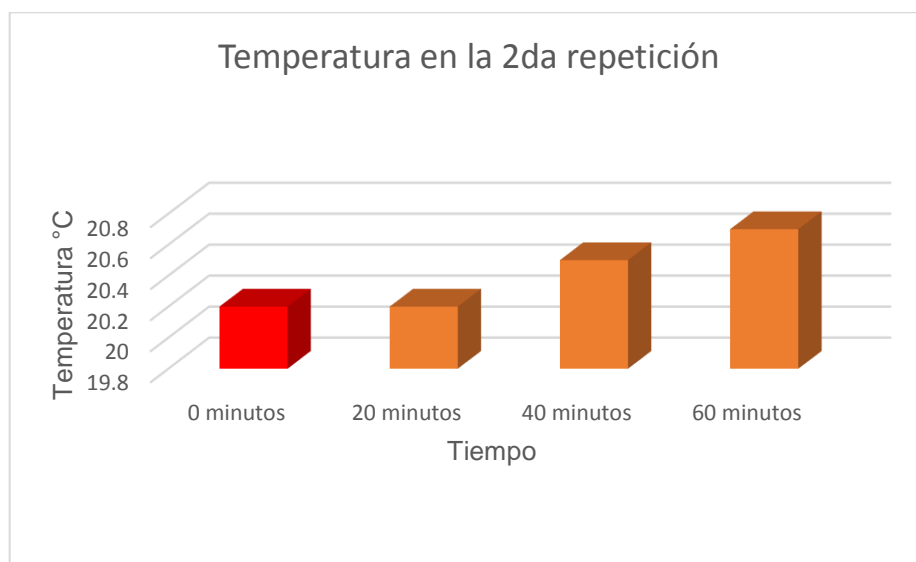


Figura N° 12. Temperatura en la segunda repetición

La temperatura en la segunda repetición presentó un ligero incremento a medida que se iba aumentando el tiempo de tratamiento. A los 20 minutos permaneció el valor igual respecto a la muestra inicial con 20.2 °C, En los 40 minutos de tratamiento presentó un incremento de 0.3 °C respecto a la muestra inicial, a los 60 minutos de tratamiento presentó un incremento de 0.5 °C respecto a la muestra inicial.

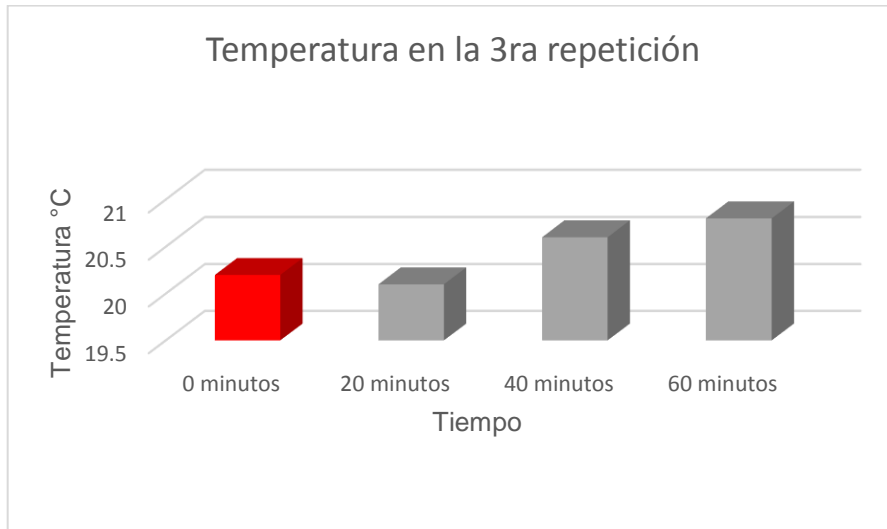


Figura N° 13. Temperatura en la tercera repetición

La temperatura en la tercera repetición presentó un ligero incremento a medida que se iba aumentando el tiempo de tratamiento. A los 20 minutos tuvo una disminución de 0.1 °C respecto a la muestra inicial, a los 40 minutos de tratamiento presentó un incremento de 0.4 °C respecto a la muestra inicial, a los 60 minutos presentó un incremento de 0.6 °C respecto a la muestra inicial.

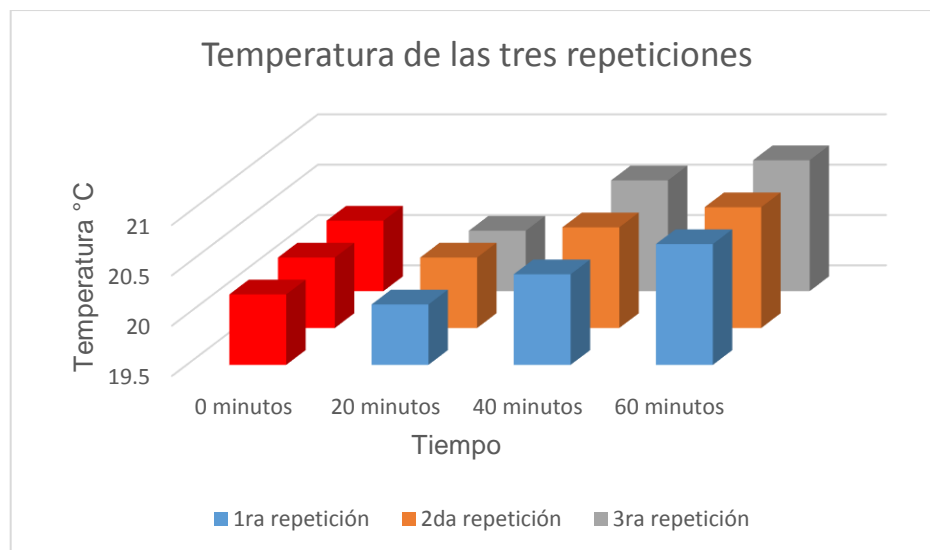


Figura N° 14. Temperatura de las tres repeticiones

Se representa las tres repeticiones agrupadas, los resultados obtenidos de la temperatura antes y después del tratamiento; del cual se concluyó que existe una ligera variación del parámetro referido, no presentando cambios significativos. Así mismo no siendo relevante para los otros parámetros.

Tabla N°7. Conductividad eléctrica (C.E) de las aguas servidas

Repetición	Conductividad eléctrica inicial (µS/cm)	Conductividad eléctrica después del tratamiento (µS/cm)			ECA para agua de conductividad eléctrica (µS/cm)
	0 minutos	20 minutos	40 minutos	60 minutos	
	1590				
1ra repetición		1332	839	452	2500
2da repetición		1214	842	438	2500
3ra repetición		1327	837	431	2500

Promedio	1291	839.3	440.3	2500
-----------------	-------------	--------------	--------------	-------------

Se muestra los resultados del análisis de la C.E obtenidos antes del tratamiento (tiempo de 0 minutos) y después del tratamiento (el mismo que se calculó en tres (03) repeticiones, en tiempos de 20, 40 y 60 minutos); seguidamente, se sacó el promedio de las tres repeticiones por cada tiempo; y finalmente se comparó el resultado alcanzado en el tiempo promedio de 60 minutos (440.3 $\mu\text{S}/\text{cm}$) con el ECA para agua (2500 $\mu\text{S}/\text{cm}$); cuyo valor del C.E se encuentra por debajo del ECA.

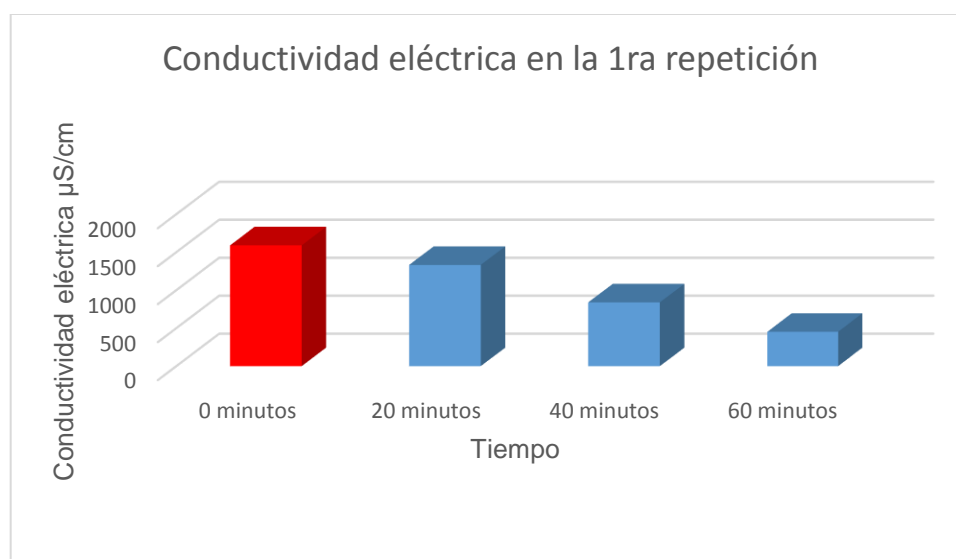


Figura N° 15. Conductividad eléctrica en la primera repetición

La de conductividad eléctrica en la primera repetición presentó una disminución a medida que se iba aumentando el tiempo de tratamiento, la muestra inicial tuvo 1590 $\mu\text{S}/\text{cm}$, a los 20 minutos de tratamiento llegó a los niveles de 1332 $\mu\text{S}/\text{cm}$, a los 40 minutos de tratamiento presentó 839 $\mu\text{S}/\text{cm}$, a los 60 minutos de tratamiento presentó 452 $\mu\text{S}/\text{cm}$, valor que evidencia disminución del parámetro referido.

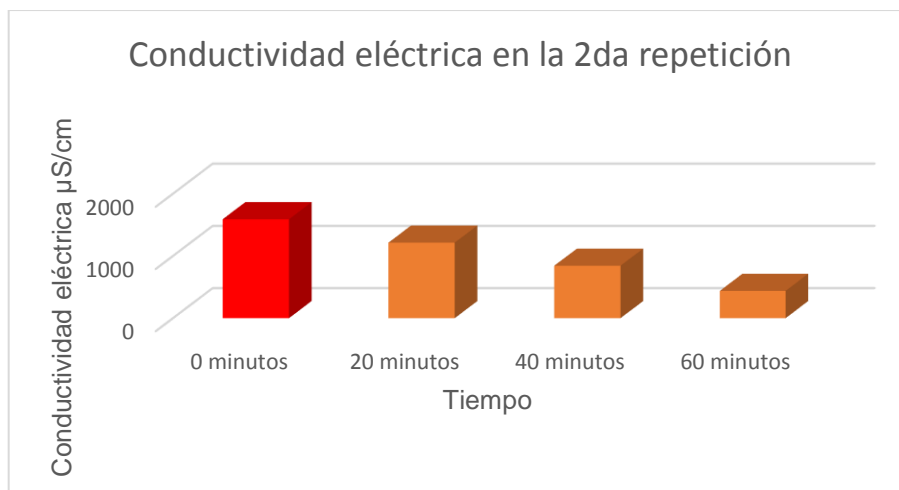


Figura N° 16. Conductividad eléctrica en la segunda repetición

Se observó la disminución del parámetro de conductividad eléctrica en la segunda repetición a medida que se iba aumentando el tiempo de tratamiento, la muestra inicial tuvo 1590 $\mu\text{S/cm}$, a los 20 minutos de tratamiento presentó 1214 $\mu\text{S/cm}$, a los 40 minutos de tratamiento presentó 842 $\mu\text{S/cm}$, a los 60 minutos de tratamiento presentó 438 $\mu\text{S/cm}$, valor que evidencia una disminución del parámetro referido.

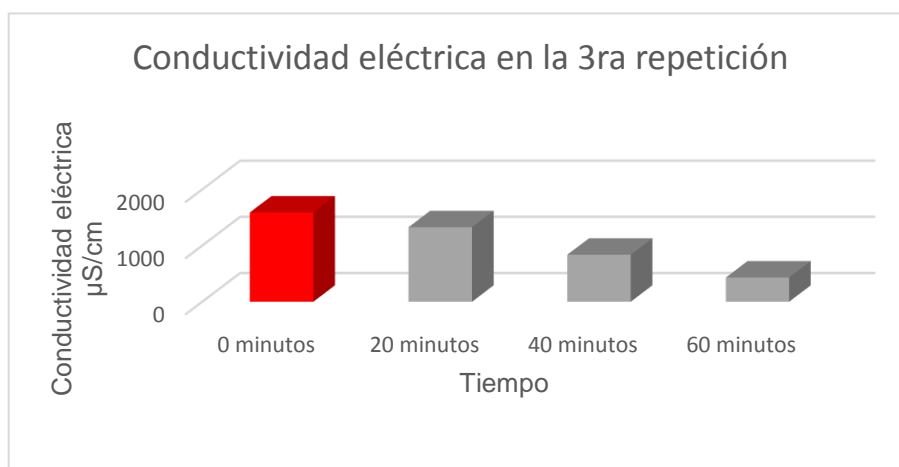


Figura N° 17. Conductividad eléctrica en la tercera repetición

Se observó la disminución del parámetro de conductividad eléctrica en la tercera repetición a medida que se iba aumentando el tiempo de tratamiento, la muestra inicial tuvo 1590 $\mu\text{S}/\text{cm}$, a los 20 minutos de tratamiento presentó 1327 $\mu\text{S}/\text{cm}$, a los 40 minutos de tratamiento presentó 837 $\mu\text{S}/\text{cm}$, a los 60 minutos de tratamiento presentó 431 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Valor que evidencia disminución del parámetro referido.

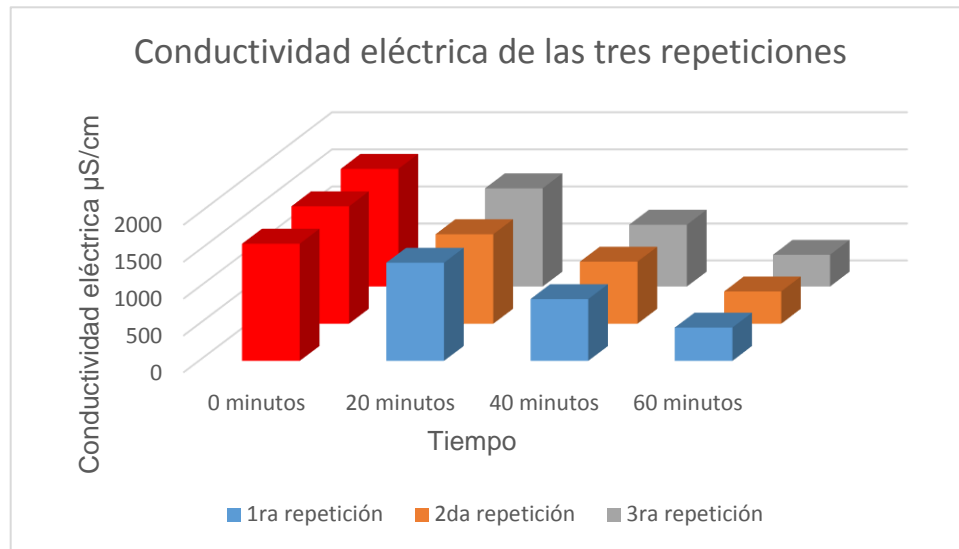


Figura N° 18. Conductividad eléctrica de las tres repeticiones

Se representa los resultados agrupados de las tres repeticiones de la C.E antes y después del tratamiento; del cual se concluyó, que existe una notable disminución de la conductividad eléctrica, la misma que disminuye a mayor tiempo de aplicación de las nanoburbujas de aire; de las tres (03) repeticiones realizadas, en la 3ra repetición se evidencia que la disminución de la C.E es mayor; cuyo valor en el tiempo de 0 minutos es de 1590 $\mu\text{S}/\text{cm}$, en el tiempo de 20 minutos es de 1327 $\mu\text{S}/\text{cm}$, en el tiempo de 40 minutos es de 837 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y en el tiempo de 60 minutos es de 431 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Parámetros químicos

Tabla N°8. Resultados del potencial de hidrogeno (pH) de las aguas servidas

Repetición	pH inicial	pH después del tratamiento			ECA para agua de pH
	0 minutos	20 minutos	40 minutos	60 minutos	
	6.4				
1ra repetición		6.4	6.5	6.6	6.5 a 9
2da repetición		6.4	6.4	6.5	6.5 a 9
3ra repetición		6.5	6.5	6.6	6.5 a 9
promedio		6.43	6.46	6.56	6.5 a 9

Se muestran los resultados del análisis del pH obtenido antes del tratamiento (tiempo de 0 minutos) y después del tratamiento (el mismo que se calculó en tres (03) repeticiones, en tiempos de 20, 40 y 60 minutos); seguidamente, se sacó el promedio de las tres repeticiones por cada tiempo; y finalmente se comparó el resultado alcanzado en el tiempo promedio de 60 minutos (6.56 pH) con el ECA para agua (6.5 a 9 pH); cuyo valor del pH se encuentra dentro del rango del ECA.



Figura N° 19. pH de la primera repetición

Se observó un ligero aumento no significativo del parámetro de pH en la primera repetición a medida que se iba aumentando el tiempo de tratamiento, la muestra inicial tuvo 6.4 pH, a los 20 minutos de tratamiento presentó 6.4 pH, a los 40 minutos de tratamiento presentó 6.5 pH, a los 60 minutos de tratamiento presentó 6.6 pH.

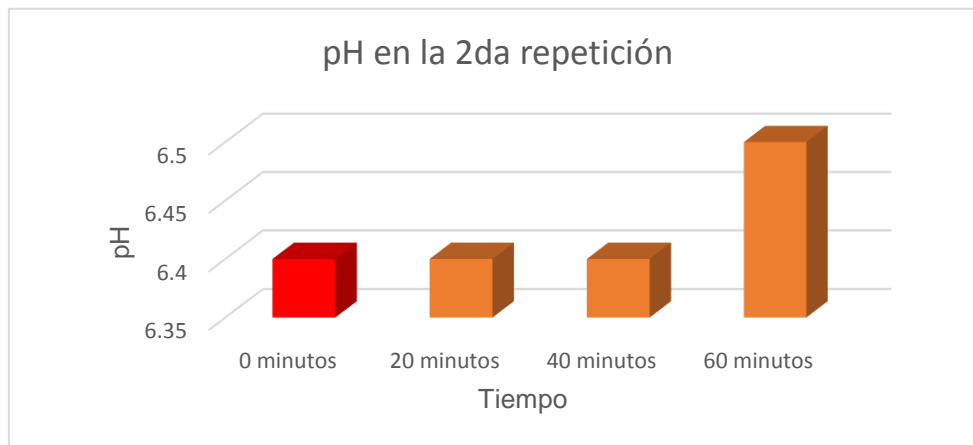


Figura N° 20. pH de la segunda repetición

Se observó un ligero aumento no significativo del parámetro de pH en la segunda repetición a medida que se iba aumentando el tiempo de tratamiento, la muestra inicial tuvo 6.4 pH, a los 20 minutos de tratamiento presentó 6.4 pH, a los 40 minutos de tratamiento presentó 6.4 pH, a los 60 minutos de tratamiento presentó 6.5 pH.

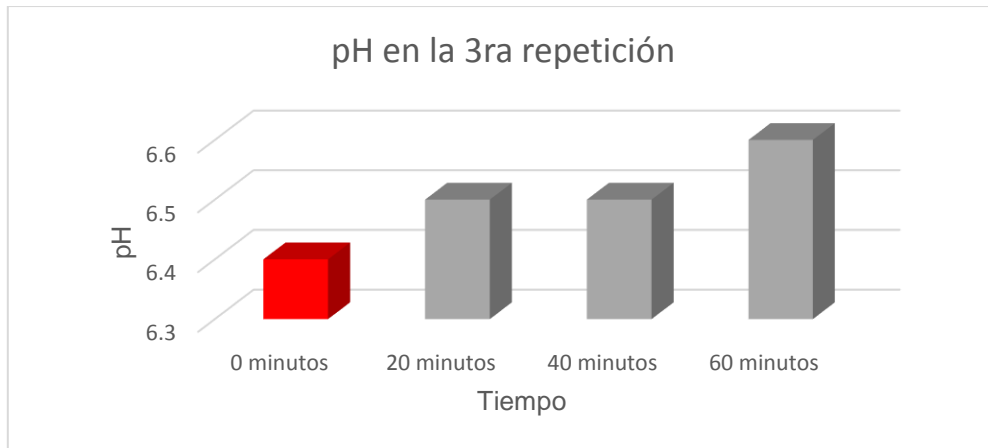


Figura N° 21. pH de la tercera repetición

Se observó un ligero aumento no significativo del parámetro de pH en la segunda repetición a medida que se iba aumentando el tiempo de tratamiento, la muestra inicial tuvo 6.4 pH, a los 20 minutos de tratamiento presentó 6.5 pH, a los 40 minutos de tratamiento presentó 6.5 pH, a los 60 minutos de tratamiento presentó 6.6 pH.



Figura N° 22. pH de las tres repeticiones

Se representa los resultados agrupados de las tres repeticiones del pH antes y después del tratamiento; del cual se concluyó, que existe un ligero incremento no significativo del pH, la misma que aumentó en decimales a mayor tiempo de aplicación de las nanoburbujas de aire; de las tres (03) repeticiones realizadas,

en la 1ra y 3ra repetición se evidencian que el valor de pH es mayor; cuyo valor en el tiempo de 0 minutos es de 6.4 pH, en el tiempo de 20 minutos es de 6.4 y 6.5 pH, en el tiempo de 40 minutos es de 6.5 y 6.5 pH y en el tiempo de 60 minutos es de 6.6 y 6.6 pH respectivamente.

Tabla N°9. Resultados de la DBO₅ de las aguas servidas

Repetición	DBO ₅ inicial (mg/L)	DBO ₅ después del tratamiento (mg/L)			ECA para agua de DBO ₅ (mg/L)
	0 minutos	20 minutos	40 minutos	60 minutos	
	93				
1ra repetición		31	13	7	10
2da repetición		25	12	7	10
3ra repetición		25	9	<2	10
Promedio		27	11.3	5.3	10

Se muestra los resultados del análisis de la DBO₅ obtenidos antes del tratamiento (tiempo de 0 minutos) y después del tratamiento (el mismo que se calculó en tres (03) repeticiones, en tiempos de 20, 40 y 60 minutos); seguidamente, se sacó el promedio de las tres repeticiones por cada tiempo; y finalmente se comparó el resultado alcanzado en el tiempo promedio de 60 minutos (5.3 mg/L) con el ECA para agua (10 mg/L); cuyo valor del C.E se encuentra por debajo del ECA.



Figura N° 23. DBO₅ en la primera repetición

Se observó la disminución del parámetro de DBO₅ en la primera repetición a medida que se iba aumentando el tiempo de tratamiento, la muestra inicial tuvo 93 mg/L, a los 20 minutos de tratamiento presentó 31 mg/L, a los 40 minutos de tratamiento presentó 13 mg/L, a los 60 minutos de tratamiento presentó 7 mg/L.

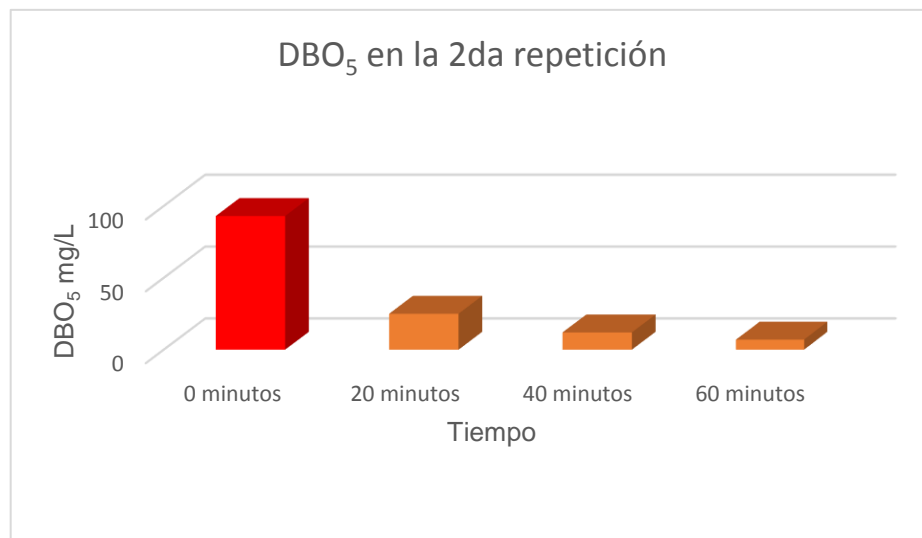


Figura N° 24. DBO₅ en la segunda repetición

Se observó la disminución del parámetro de DBO₅ en la segunda repetición a medida que se iba aumentando el tiempo de tratamiento, la muestra inicial tuvo

93 mg/L, a los 20 minutos de tratamiento presentó 25 mg/L, a los 40 minutos de tratamiento presentó 12 mg/L, a los 60 minutos de tratamiento presentó 7 mg/L.



Figura N° 25. DBO₅ en la tercera repetición

Se observó la disminución del parámetro de DBO₅ en la tercera repetición a medida que se iba aumentando el tiempo de tratamiento, la muestra inicial tuvo 93 mg/L, a los 20 minutos de tratamiento presentó 25 mg/L, a los 40 minutos de tratamiento presentó 9 mg/L, a los 60 minutos de tratamiento presentó <2 mg/L.



Figura N° 26. DBO₅ de las tres repeticiones

Se representa los resultados agrupados de las tres repeticiones de la DBO₅ antes y después del tratamiento; del cual se concluyó, que existe una notable disminución de la DBO₅, la misma que disminuye a mayor tiempo de aplicación de las nanoburbujas de aire; de las tres (03) repeticiones realizadas, en la 3ra repetición se evidencia que la disminución de la DBO₅ es mayor; cuyo valor en el tiempo de 0 minutos es de 93 mg/L, en el tiempo de 20 minutos es de 25 mg/L, en el tiempo de 40 minutos es de 9 mg/L y en el tiempo de 60 minutos es de <2 mg/L.

Parámetro microbiológico

Tabla N°10. Resultados de los coliformes totales de las aguas servidas

<i>Repetición</i>	Coliformes totales inicial (NMP/100m L)	Coliformes totales después del tratamiento (NMP/100mL)		
	0 minutos	20 minutos	40 minutos	60 minutos
	54x10 ⁷			
1ra repetición		35x10 ⁶	92x10 ⁵	11x10⁵
2da repetición		16x10 ⁷	17x10 ⁶	35x10⁵
3ra repetición		16x10 ⁷	49x10 ⁵	16x10⁵
promedio		118333333.3	10366666.7	2066666.7

Se muestra los resultados del análisis de coliformes totales obtenidos antes del tratamiento (tiempo de 0 minutos) y después del tratamiento (el mismo que se calculó en tres (03) repeticiones, en tiempos de 20, 40 y 60 minutos); seguidamente, se sacó el promedio de las tres repeticiones por cada tiempo; y finalmente el resultado menor alcanzado fue en el promedio de 60 minutos (2066666.7 NMP/100mL).

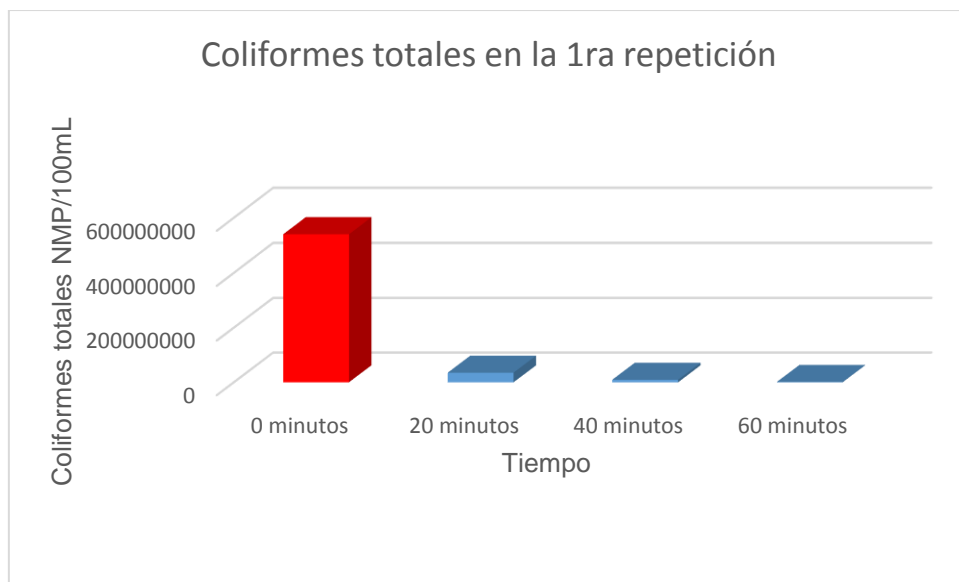


Figura N° 27. Coliformes totales en la primera repetición

Se observó la disminución del parámetro de coliformes totales en la primera repetición a medida que se iba aumentando el tiempo de tratamiento, la muestra inicial tuvo 54×10^7 NMP/100mL, a los 20 minutos de tratamiento presentó 35×10^6 NMP/100mL, a los 40 minutos de tratamiento presentó 92×10^5 NMP/L, a los 60 minutos de tratamiento presentó 11×10^5 NMP/100mL.

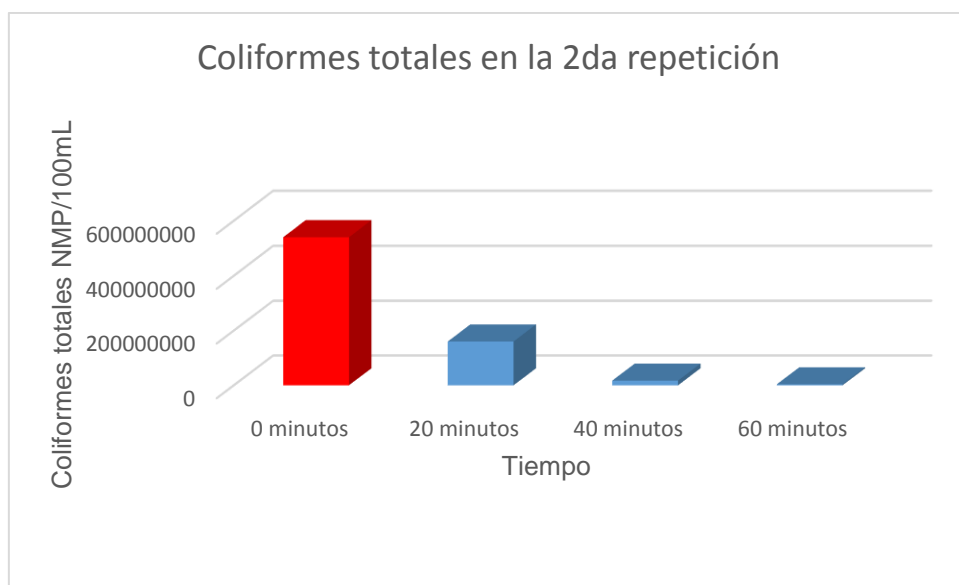


Figura N° 28. Coliformes totales en la segunda repetición

Se observó la disminución del parámetro de coliformes totales en la segunda repetición a medida que se iba aumentando el tiempo de tratamiento, la muestra inicial tuvo 54×10^7 NMP/100mL, a los 20 minutos de tratamiento presentó 16×10^7 NMP/100mL, a los 40 minutos de tratamiento presentó 17×10^6 NMP/100mL, a los 60 minutos de tratamiento presentó 35×10^5 NMP/100mL.

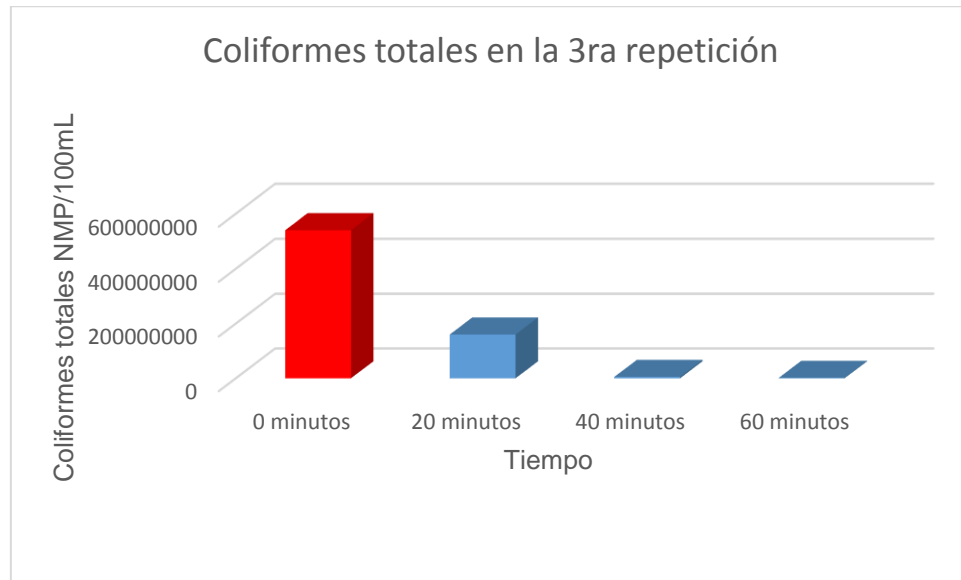


Figura N° 29. Coliformes totales en la tercera repetición

Se observó la disminución del parámetro de coliformes totales en la tercera repetición a medida que se iba aumentando el tiempo de tratamiento, la muestra inicial tuvo 54×10^7 NMP/100mL, a los 20 minutos de tratamiento presentó 16×10^7 NMP/100mL, a los 40 minutos de tratamiento presentó 49×10^5 NMP/100mL, a los 60 minutos de tratamiento presentó 16×10^5 NMP/100mL.

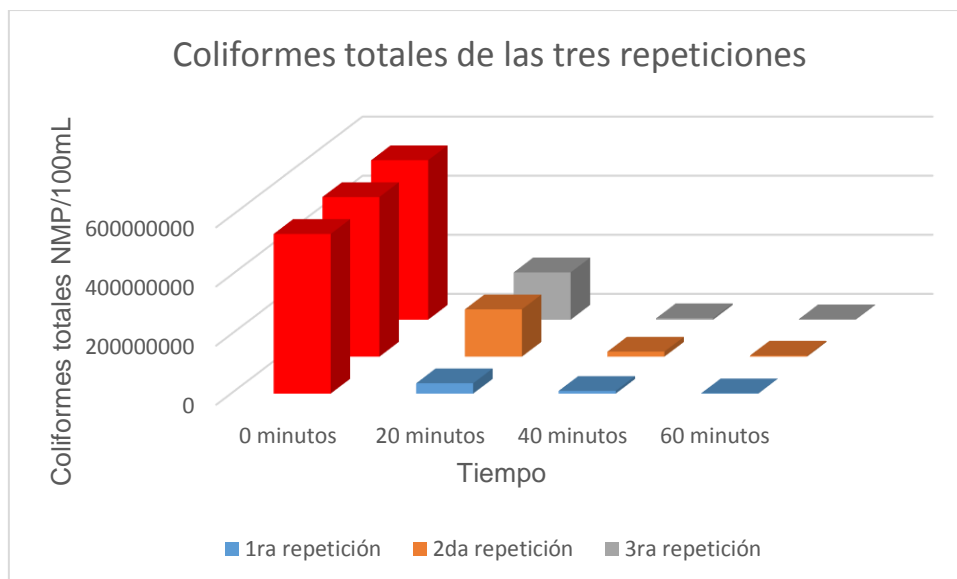


Figura N° 30. Coliformes totales de las tres repeticiones

Se representa los resultados agrupados de las tres repeticiones de coliformes totales antes y después del tratamiento; del cual se concluyó, que existe una notable disminución de coliformes totales, la misma que disminuye a mayor tiempo de aplicación de las nanoburbujas de aire; de las tres (03) repeticiones realizadas, en la 1ra repetición se evidencia que la disminución de coliformes totales es mayor; cuyo valor en el tiempo de 0 minutos es de 54×10^7 NMP/100mL, en el tiempo de 20 minutos es de 35×10^6 NMP/100mL, en el tiempo de 40 minutos es de 92×10^5 NMP/100mL y en el tiempo de 60 minutos es de 11×10^5 NMP/100mL.

Contrastación de la Hipótesis

Para proceder a analizar los datos con pruebas de inferencia estadística se corroborará si se distribuyen de manera normal.

Para ello, se determina la prueba de normalidad para determinar si la distribución es normal.

Hipótesis específica 1

H1. Los niveles en los parámetros físicos de las aguas servidas después de la aplicación de las nanoburbujas de aire se ajustan a una distribución Normal.

Ho. Los niveles en los parámetros físicos de las aguas servidas después de la aplicación de las nanoburbujas de aire se ajustan a una distribución NO Normal.

Tabla N°11 Datos de los parámetros físicos

Repetición	Temperatura inicial (°C)	Temperatura después del tratamiento (°C)			CE inicial (µS/cm)	CE después del tratamiento (µS/cm)			ECA para agua de CE (µS/cm)
	0 min	20 min	40 min	60 min	0 min	20 min	40 min	60 min	
1ra repetición	20.2	20.1	20.4	20.7	1590	1332	839	452	2500
2da repetición		20.2	20.5	20.7		1214	842	438	2500
3ra repetición		20.1	20.6	20.8		1327	837	431	2500
Promedio		20.1	20.5	20.7		1291	839.3	440.3	2500

Tabla N°12 Resumen de procesamiento de casos de los parámetros físicos

Resumen de procesamiento de casos

	Casos					
	Válido		Perdidos		Total	
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
Temperatura final	4	100,0%	0	0,0%	4	100,0%
CE final	4	100,0%	0	0,0%	4	100,0%

Tabla N°13 Descriptivos para los parámetros físicos

Descriptivos

		Estadístico	Dev. Error
Temperatura final	Media	20,6000	,13540
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	20,1691
	Límite superior	21,0309	
	Media recortada al 5%	20,6111	

	Mediana		20,7000	
	Varianza		,073	
	Desv. Desviación		,27080	
	Mínimo		20,20	
	Máximo		20,80	
	Rango		,60	
	Rango intercuartil		,45	
	Asimetría		-1,813	1,014
	Curtosis		3,483	2,619
CE final	Media		727,7500	287,44981
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	-187,0436	
		Límite superior	1642,5436	
	Media recortada al 5%		696,3333	
	Mediana		445,0000	
	Varianza		330509,583	
	Desv. Desviación		574,89963	
	Mínimo		431,00	
	Máximo		1590,00	
	Rango		1159,00	
	Rango intercuartil		872,75	
	Asimetría		1,999	1,014
	Curtosis		3,995	2,619

Fuente: Procesamiento de datos en *IBM SPSS Statistics v.24, 2022*

Tabla N°14 Pruebas de normalidad para los parámetros físicos

Pruebas de normalidad para los parámetros físicos

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Temperatura final	,394	4	.	,773	4	,062
CE final	,434	4	.	,644	4	,002

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Procesamiento de datos en *IBM SPSS Statistics v.24, 2022*

Criterio usado para la prueba de hipótesis:

Si Pvalue > $\alpha = 0.05$; Siguen una distribución normal. Se acepta Ho.

Si Pvalue < $\alpha = 0.05$; No siguen una distribución normal. Se rechaza Ho.

Como el p-value es mayor en Temperatura que el nivel de significancia ($\alpha=0.05$), y es menor a la conductividad eléctrica, entonces los datos se ajustan a una distribución No normal, entonces se puede concluir que los datos son **no paramétricos**.

Hipótesis específica 2

H1. Los niveles en los parámetros químicos de las aguas servidas después de la aplicación de las nanoburbujas de aire se ajustan a una distribución Normal.

Ho. Los niveles en los parámetros químicos de las aguas servidas después de la aplicación de las nanoburbujas de aire se ajustan a una distribución No Normal.

Tabla N°15 Datos de los parámetros químicos

Repetición	pH inicial	pH después del tratamiento			DBO ₅ inicial (mg/L)	DBO ₅ después del tratamiento (mg/L)		
	0 min	20 min	40 min	60 min	0 min	20 min	40 min	60 min
1ra repetición	6.4	6.4	6.5	6.6	93	31	13	7
2da repetición		6.4	6.4	6.5		25	12	7
3ra repetición		6.5	6.5	6.6		25	9	<2
Promedio		6.43	6.46	6.56		27	11.3	5.3

Tabla N°16 Resumen de procesamiento de casos de los parámetros químicos

Resumen de procesamiento de casos

	Casos					
	Válido		Perdidos		Total	
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
pH final	4	100,0%	0	0,0%	4	100,0%
DBO5 final	4	100,0%	0	0,0%	4	100,0%

Tabla N°17 Descriptivos para los parámetros químicos

Descriptivos

		Estadístico	Desv. Error	
pH final	Media	6,5250	,04787	
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	6,3727	
		Límite superior	6,6773	
	Media recortada al 5%	6,5278		
	Mediana	6,5500		
	Varianza	,009		
	Desv. Desviación	,09574		
	Mínimo	6,40		
	Máximo	6,60		
	Rango	,20		
	Rango intercuartil	,17		
	Asimetría	-,855	1,014	
	Curtosis	-1,289	2,619	
	DBO5 final	Media	27,0000	22,04541
95% de intervalo de confianza para la media		Límite inferior	-43,1583	
		Límite superior	97,1583	
Media recortada al 5%		24,7778		
Mediana		7,0000		
Varianza		1944,000		
Desv. Desviación		44,09082		
Mínimo		1,00		
Máximo		93,00		
Rango		92,00		
Rango intercuartil		69,00		
Asimetría		1,975	1,014	
Curtosis		3,922	2,619	

Fuente: Procesamiento de datos en *IBM SPSS Statistics v.24, 2022*

Tabla N°18 Pruebas de normalidad para los parámetros químicos

Pruebas de normalidad para los parámetros químicos

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
pH final	,283	4	.	,863	4	,272
DBO5 final	,425	4	.	,685	4	,008

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Procesamiento de datos en *IBM SPSS Statistics v.24, 2022*

Criterio usado para la prueba de hipótesis:

Si $Pvalue > \alpha = 0.05$; Siguen una distribución normal. Se acepta H_0 .

Si $Pvalue < \alpha = 0.05$; No siguen una distribución normal. Se rechaza H_0 .

Como el p-value es mayor en pH que el de significancia ($\alpha=0.05$), y es menor a la DBO₅, entonces los datos se ajustan a una distribución No normal, entonces se puede concluir que los datos son **no paramétricos**.

Hipótesis específica 3

H1. Los niveles en los parámetros microbiológicos de las aguas servidas después de la aplicación de las nanoburbujas de aire se ajustan a una distribución Normal.

H₀. Los niveles en los parámetros microbiológicos de las aguas servidas después de la aplicación de las nanoburbujas de aire se ajustan a una distribución NO Normal.

Tabla 19 Datos del parámetro microbiológico

Repetición	Coliformes totales inicial (NMP/100mL)	Coliformes totales después del tratamiento (NMP/100mL)		
	0 min	20 min	40 min	60 min
1ra repetición	54x10 ⁷	35x10 ⁶	92x10 ⁵	11x10 ⁵
2da repetición		16x10 ⁷	17x10 ⁶	35x10 ⁵
3ra repetición		16x10 ⁷	49x10 ⁵	16x10 ⁵
Promedio		118333333.3	10366666.7	2066666.7

Tabla N°20 Resumen de procesamiento de casos del parámetro microbiológico

Resumen de procesamiento de casos

	Casos					
	Válido		Perdidos		Total	
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
Coliformes totales	4	100,0%	0	0,0%	4	100,0%

Tabla N°21 Descriptivos para el parámetro microbiológico

Descriptivos

		Estadístico	Dev. Error
Coliformes totales	Media	136550000,0000	134484326,84394
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior: -291439149,0830 Límite superior: 564539149,0830	
	Media recortada al 5%	121661111,1111	
	Mediana	2550000,0000	
	Varianza	723441366666667 2,000	
	Dev. Desviación	268968653,68787	
	Mínimo	1,10E+6	
	Máximo	5,40E+8	
	Rango	538900000,00	
	Rango intercuartil	404650000,00	
	Asimetría	2,000	1,014
	Curtosis	4,000	2,619

Fuente: Procesamiento de datos en *IBM SPSS Statistics v.24, 2022*

Tabla N°22 Pruebas de normalidad para el parámetro microbiológico

Pruebas de normalidad

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Coliformes totales	,440	4	.	,633	4	,001

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Procesamiento de datos en *IBM SPSS Statistics v.24, 2022*

Criterio usado para la prueba de hipótesis:

Si Pvalue > $\alpha = 0.05$; Siguen una distribución normal. Se acepta Ho.

Si Pvalue < $\alpha = 0.05$; No siguen una distribución normal. Se rechaza Ho.

Como el p-value es mayor que el nivel de significancia ($\alpha=0.05$), entonces los datos se ajustan a una distribución normal, entonces se puede concluir que los datos son **paramétricos**.

Hipótesis general

H1: Las aguas servidas vertidas en el cauce la Achirana, en el distrito de Parcona, Ica tienen las mismas características físicas, químicas y microbiológicas aplicando nanoburbujas de aire.

Ho: las aguas servidas vertidas en el cauce la Achirana, en el distrito de Parcona, Ica NO tienen las misma características físicas, químicas y microbiológicas aplicando nanoburbujas de aire.

Para el contraste mediante medias de muestras relacionadas se utilizó la **prueba T**.

Tabla N°23 Estadísticas de muestras emparejadas

		Media	N	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Par 1	Tiempo_final	30,0000	4	25,81989	12,90994
	Temperatura final	20,6000	4	,27080	,13540
Par 2	Tiempo_final	30,0000	4	25,81989	12,90994
	CE final	727,7500	4	574,89963	287,44981
Par 3	Tiempo_final	30,0000	4	25,81989	12,90994
	pH final	6,5250	4	,09574	,04787
Par 4	Tiempo_final	30,0000	4	25,81989	12,90994
	DBO5 final	27,0000	4	44,09082	22,04541
Par 5	Tiempo_final	30,0000	4	25,81989	12,90994
	Coliformes totales	136550000,000	4	268968653,687	134484326,843
		0		87	94

Tabla N°24 Correlaciones de muestras emparejadas

Correlaciones de muestras emparejadas

		N	Correlación	Sig.
Par 1	Tiempo_final & Temperatura final	4	,858	,142
Par 2	Tiempo_final & CE final	4	-,784	,216
Par 3	Tiempo_final & pH final	4	,674	,326
Par 4	Tiempo_final & DBO5 final	4	-,808	,192
Par 5	Tiempo_final & Coliformes totales	4	-,774	,226

Criterio usado para las correlaciones de muestras relacionadas:

Si Pvalue > $\alpha = 0.05$ se acepta H_0 , luego los grupos son homogéneos.

Si Pvalue < $\alpha = 0.05$ se rechaza H_0 , luego los grupos no son homogéneos.

Tabla N°25 Prueba de muestras emparejadas

Prueba de muestras emparejadas

	Diferencias emparejadas						t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia					
				Inferior	Superior				
Par 1	Tiempo_final - Temperatura final	9,40000	25,58789	12,79394	-31,31604	50,11604	,735	3	,516
Par 2	Tiempo_final - CE final	-697,75000	595,35669	297,67834	-1645,09534	249,59534	-2,344	3	,101
Par 3	Tiempo_final - pH final	23,47500	25,75544	12,87772	-17,50765	64,45765	1,823	3	,166
Par 4	Tiempo_final - DBO5 final	3,00000	66,71332	33,35666	-103,15577	109,15577	,090	3	,934
Par 5	Tiempo_final - Coliformes totales	- 136549970,0 0000	268968673, 67533	134484336,8 3767	- 564539150,8 8754	291439210, 88754	-1,015	3	,385

Fuente: Procesamiento de datos en *IBM SPSS Statistics v.24, 2022*

Criterio usado para la prueba de hipótesis:

Si $P\text{values} > \alpha = 0.05$ se acepta H_0 .

Si $P\text{values} < \alpha = 0.05$ Se rechaza H_0 .

Observando las significancias, notamos que todas las significancias son más de 0.05. Por lo tanto, se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alternativa. Es decir, se cumple lo siguiente:

H_0 : las aguas servidas vertidas en el cauce la Achirana, en el distrito de Parcona, Ica NO tienen las misma características físicas, químicas y microbiológicas aplicando nanoburbujas de aire.

En otras palabras, si las aguas servidas vertidas en el cauce la Achirana, en el distrito de Parcona, Ica NO tienen las mismas características físicas, químicas y microbiológicas aplicando nanoburbujas de aire, entonces ha habido cambios en las características de las aguas servidas al ser tratadas tal como se evidencia en los resultados obtenidos en la presente investigación.

V. DISCUSIÓN

Parámetros físicos

Reyes (2017), en su investigación “Eficiencia de micro-nanoburbujas de aire para el tratamiento de agua servidas en Puerto Bermúdez, Oxapampa, Pasco”, realizó un análisis inicial de las aguas servidas, donde la temperatura fue 23.9 °C y la conductividad eléctrica 32.1 $\mu\text{S}/\text{cm}$; luego, realizaron tres (03) dosificaciones de micro-nanoburbujas de aire (D1, D2 y D3); seguidamente, hizo un análisis después del tratamiento, donde la temperatura de la D1 fue 22.5 °C, D2 fue 23.2 °C, D3 fue 23 °C, y la conductividad eléctrica de la D1 fue 443 $\mu\text{S}/\text{cm}$, D2 fue 656 $\mu\text{S}/\text{cm}$, D3 fue 850 $\mu\text{S}/\text{cm}$; por otro lado, en la presente investigación, la temperatura y la conductividad eléctrica inicial fue 20.2 °C y 1590 $\mu\text{S}/\text{cm}$ respectivamente; después, aplicaron el tratamiento de nanoburbujas de aire en tres (03) repeticiones de tres tiempos (20, 40 y 60 minutos), posteriormente, hizo un análisis donde se registró una temperatura promedio de 20.1 °C, 20.5 °C y 20.7 °C respectivamente, mientras que la conductividad eléctrica en la M1t20 fue 1332 $\mu\text{S}/\text{cm}$, M1t40 fue 839 $\mu\text{S}/\text{cm}$, M1t60 fue 452 $\mu\text{S}/\text{cm}$, M2t20 fue 1214 $\mu\text{S}/\text{cm}$, M2t40 fue 842 $\mu\text{S}/\text{cm}$, M2t60 fue 438 $\mu\text{S}/\text{cm}$, M3t20 fue 1327 $\mu\text{S}/\text{cm}$, M3t40 fue 837 $\mu\text{S}/\text{cm}$, M3t60 fue 431 $\mu\text{S}/\text{cm}$; finalmente se concluyó de ambas investigaciones, que existe una ligera variación del parámetro de temperatura, no presentando cambios significativos; por otro lado, existe una considerable disminución de la conductividad eléctrica, siendo el caso de la investigación de REYES, en función a la cantidad de dosificación de micro-nanoburbujas de aire sobre el agua servida, y respecto a la presente investigación, en función al tiempo de aplicación de las nanoburbujas de aire sobre el agua servida.

Menendez (2017), en su investigación “Eficiencia de las micro-nanoburbujas de aire-ozono para mejorar la calidad de las aguas residuales hospitalarias”, realizó el tratamiento de las aguas residuales hospitalarias, basadas en tres (03) repeticiones, de tres (03) tiempos (5, 10 y 15 minutos); es así que, la conductividad eléctrica del análisis inicial fue de 759 $\mu\text{S}/\text{cm}$, lo cual disminuyó en el tiempo promedio de 15 minutos hasta 467.5 $\mu\text{S}/\text{cm}$, teniendo un 33.5% de reducción en la conductividad eléctrica; por otra parte, en la presente investigación, se aplicó el tratamiento de

nanoburbujas de aire en las aguas servidas, basadas en tres (03) repeticiones, en tres (03) tiempos de 20, 40 y 60 minutos; siendo así, que la conductividad eléctrica del análisis inicial fue de 1590 $\mu\text{S}/\text{cm}$, lo cual disminuyó en el tiempo promedio de 60 minutos hasta 440.3 $\mu\text{S}/\text{cm}$, teniendo un 72.3% de reducción en la conductividad eléctrica.; finalmente, se dedujo de ambas investigaciones que a mayor tiempo de aplicación de las nanoburbujas de aire o aire-ozono, mayor es la disminución de la concentración de la conductividad eléctrica.

Parámetros químicos

Reyes (2017), en su investigación “Eficiencia de micro-nanoburbujas de aire para el tratamiento de agua servidas en Puerto Bermúdez, Oxapampa, Pasco”, realizó un análisis inicial de las aguas servidas, donde el pH fue 6.77 y el DBO_5 fue 9 mg/L; luego, realizaron tres (03) dosificaciones de micro-nanoburbujas de aire (D1, D2 y D3); seguidamente, hicieron un análisis después del tratamiento, donde el pH de la D1 fue 7.06, D2 fue 7.45, D3 fue 7.64, y la DBO_5 de la D1 fue 4 mg/L, D2 fue 4 mg/L y D3 fue 7 mg/L; por otro lado, en la presente investigación, el pH y la DBO_5 inicial fue 6.4 y 93 respectivamente; después, se aplicó el tratamiento de nanoburbujas de aire en tres (03) repeticiones de tres tiempos (20, 40 y 60 minutos), posteriormente se hicieron un análisis donde se registró un pH promedio de 6.43, 6.46 y 6.56 respectivamente, mientras que la DBO_5 en la M1t20 fue 31, M1t40 fue 13, M1t60 fue 7, M2t20 fue 25, M2t40 fue 12, M2t60 fue 7, M3t20 fue 25, M3t40 fue 9, M3t60 fue <2; se definió de ambas investigaciones, que existe una considerable disminución de la DBO_5 , mientras que el pH no tuvo variaciones significativas.

Vela (2019), En su investigación “Eficiencia de un Tanque Imhoff-HA a escala, para mejorar la calidad de las aguas servidas municipales del distrito de Habana, Moyobamba”, se instaló integradamente el tanque Imhoff y el humedal artificial, reportándose una remoción promedio de 93.99% para DBO_5 ; sin embargo, en la presente investigación, se aplicó el tratamiento de nanoburbujas de aire, basado en el procedimiento de tres (03) repeticiones, en tiempos de 20, 40 y 60 minutos; luego se analizó la DBO_5 y con lo cual se alcanzó una reducción promedio a los 60 minutos de

94.3% en la DBO₅; finalmente se concluyó, de ambas investigaciones que se logró reducir significativamente la concentración de DBO₅; no obstante, de la presente investigación se rescata y se diferencia de VELA que en poco tiempo de aplicación del tratamiento de nanoburbujas de aire sobre las aguas servidas, se obtuvo altos niveles de reducción de la DBO₅.

Salguero (2017), en su investigación “Reducción de la DBO₅ de las muestras de agua del río Chillón mediante micro-nanoburbujas de aire y ozono, Ventanilla – Callao”. Se analizó inicialmente la DBO₅ de las muestras de agua del río Chillón que fue recolectada, obteniéndose de resultado 173 mg/L; seguidamente se aplicó el tratamiento de nanoburbujas de aire y ozono en tiempos de 5, 10 y 15 minutos, alcanzándose los siguientes valores: a los 5 minutos fue de 73.67 mg/L, a los 10 minutos es de 63.67 mg/L y a los 15 minutos es de 57.33 mg/L; sin embargo, en la presente investigación, luego de aplicar el tratamiento de nanoburbujas de aire, en tres (03) repeticiones en tiempos de 20, 40 y 60 minutos y someter las aguas servidas tratadas a un análisis final se obtuvo los siguientes resultados en promedio para la DBO₅ a los 20 minutos es de 27 mg/L, a los 40 minutos es de 11.33 mg/L y a los 60 minutos tuvo 5.3 mg/L; finalmente se concluyó de ambas investigaciones, que a mayor tiempo de aplicación de las nanoburbujas de aire u ozono mayor es la disminución de la concentración de la DBO₅, dado que, a los 15 minutos promedio se alcanzó una reducción de 66.86% de DBO₅, mientras que en la presente investigación a los 60 minutos promedio, se obtuvo una reducción de 94.3% de la DBO₅.

Menendez (2017), en su investigación “Eficiencia de las micro-nanoburbujas de aire-ozono para mejorar la calidad de las aguas residuales hospitalarias”, se aplicó el tratamiento de nanoburbujas de aire-ozono en las aguas residuales hospitalarias, basado en tres (03) repeticiones, en tiempos de 5, 10, 15 minutos, siendo así, que la DBO₅ del análisis inicial fue de 134.5 mg/L, lo cual disminuyó en el tiempo promedio de 15 minutos hasta 37 mg/L; sin embargo, en la presente investigación, se aplicó el tratamiento de nanoburbujas de aire en las aguas servidas, basado en tres (03) repeticiones, en tiempos de 20, 40 y 60 minutos; siendo así. Que la DBO₅ del análisis inicial fue de 93 mg/L, lo cual disminuyó en el tiempo promedio de 60 minutos hasta

5.3 mg/L; finalmente se concluyó de ambas investigaciones que, a mayor tiempo de aplicación de las nanoburbujas de aire u ozono, mayor es la disminución de la concentración de la DBO₅; así mismo, respecto a la investigación de MENENDEZ, se considera muy poco el tiempo de aplicación de las nanoburbujas de aire y ozono en la aguas residuales hospitalarias, dado que, a los 15 minutos promedio se alcanzó una reducción de 72.49% de DBO₅, mientras que en la presente investigación a los 60 minutos promedio, se obtuvo una reducción de 94.3% de la DBO₅.

Parámetro microbiológico

Reyes (2017), en su investigación “Eficiencia de micro-nanoburbujas de aire para el tratamiento de agua servidas en Puerto Bermúdez, Oxapampa, Pasco”, realizó un análisis inicial de las aguas servidas, donde los coliformes totales fue 14500 NMP/100mL; luego, realizaron tres (03) dosificaciones de micro-nanoburbujas de aire (D1, D2 y D3); seguidamente, hizo un análisis después del tratamiento, donde los coliformes totales de la D1 fue 4900 NMP/100mL, D2 fue 8000 NMP/100mL, D3 fue 12000 NMP/100mL; por otro lado, en la presente investigación, los coliformes iniciales 54×10^7 NMP/100mL; después, aplicaron el tratamiento de nanoburbujas de aire en tres (03) repeticiones de tres tiempos (20, 40 y 60 minutos), posteriormente, hizo un análisis donde se registraron los coliformes totales en la M1t20 fue 35×10^6 NMP/100mL, M1t40 fue 92×10^5 NMP/100mL, M1t60 fue 11×10^5 NMP/100mL, M2t20 fue 16×10^7 NMP/100mL, M2t40 fue 17×10^6 NMP/100mL, M2t60 fue 35×10^5 NMP/100mL, M3t20 fue 16×10^7 NMP/100mL, M3t40 fue 49×10^5 NMP/100mL, M3t60 fue 16×10^5 NMP/100mL; finalmente, se concluyó de ambas investigaciones, que se evidencia una disminución muy significativa de los coliformes totales, siendo el caso de la investigación de Reyes, en función a la cantidad de dosificación de micro-nanoburbujas de aire sobre el agua servida, y respecto a la presente investigación, en función al tiempo de aplicación de las nanoburbujas de aire sobre el agua servida.

VI. CONCLUSIONES

- 1) Con la Aplicación de las nanoburbujas de aire las aguas servidas vertidas en el cauce la Achirana, en el distrito de Parcona, Ica, presentaron mejoras en la calidad de las aguas, presentando niveles inferiores en los parámetros de Conductividad eléctrica, DBO₅ y coliformes totales respecto a los parámetros iniciales, concluyendo que la aplicación de nanoburbujas de aire mejora las características físicas, químicas y microbiológicas de las aguas servidas vertidas.
- 2) En el caso de los parámetros físicos analizados en la presente investigación, siendo el caso de temperatura y la conductividad eléctrica, se evidencia que al aplicar el tratamiento de nanoburbujas de aire, hay una ligera variación de la temperatura, no presentando cambios significativos que representen de relevancia para los otros parámetros; todo lo contrario, con la conductividad eléctrica, que se evidencia una reducción considerable en función al tiempo de aplicación del tratamiento; es así que, en el tiempo promedio de 60 minutos de aplicar el tratamiento de nanoburbujas de aire, se reduce el valor inicial de la conductividad eléctrica de 1590 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 440.3 $\mu\text{S}/\text{cm}$.
- 3) En el caso de los parámetros químicos analizados en la presente investigación, siendo el caso de pH y DBO₅ se evidencia que al aplicar el tratamiento de nanoburbujas de aire, se percibe para el pH, una variación mínima en decimales con relación a su valor inicial de 6.4 pH a 6.6 pH para los tiempo de tratamiento con mayor cambio y sin ser de mayor relevancia para los otros parámetros; todo lo contrario, con la DBO₅ que a mayor tiempo de contacto de las nanoburbujas, mayor es la disminución de la DBO₅; es así que, a los 60 minutos promedio de aplicar el tratamiento con nanoburbujas de aire, se alcanza mejores resultados en la disminución para la DBO₅, de 93 mg/L a 5.3 mg/L.
- 4) En el caso del parámetro microbiológico analizado en la presente investigación, siendo el caso de coliformes totales se aprecia que al aplicar el tratamiento de nanoburbujas de aire, se determina que, a mayor tiempo de aplicación de nanoburbujas de aire,

mayor es la disminución de la concentración de coliformes totales, es así que, a los 60 minutos promedio de aplicar el tratamiento con nanoburbujas de aire, la disminución de coliformes totales es de 54×10^7 NMP/100mL a 2066666.76 NMP/100mL o tomando referencia con la repetición y tiempo donde más hubo reducción de coliformes que fue la 1ra repetición y tiempo de 60 minutos con 11×10^5 NMP/100mL.

VII. RECOMENDACIONES

- Se recomienda aplicar el tratamiento de nanoburbujas de aire por un tiempo más prolongado, con la finalidad de obtener mejores resultados de reducción de los parámetros.
- Se recomienda analizar otros parámetros del agua, tales como: sólidos disueltos totales, sólidos suspendidos totales, entre otros; de tal forma, que se determine si reduce dichos parámetros al aplicar las nanoburbujas de aire o uniendo otro gas adicional.
- Se recomienda integrar la aplicación de las nanoburbujas de aire con otra tecnología, de tal forma que se alcance niveles más bajo de reducción de los parámetros químicos como sulfuros, sulfatos, nitratos, hidrocarburos, aceites y BETEX del agua de interés, así mismo que el tiempo de tratamiento sea aún menor, y que estos efluentes sean utilizados con distintos propósitos, tales como, el regadío de las siembras, regadío de parques, bebida de animales, entre otros.
- Se recomienda aplicar las nanoburbujas de aire con otro tipo de gas que sea más oxidante de tal forma que se pueda tener niveles más bajos y en tiempos no tan prolongados para los parámetros microbiológicos.

REFERENCIAS

- AGARWAL, A., NG, W.J. y LIU, Y., 2011. Principle and applications of microbubble and nanobubble technology for water treatment. *Chemosphere* [en línea], vol. 84, no. 9, pp. 1175-1180. ISSN 18791298. DOI 10.1016/j.chemosphere.2011.05.054. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.chemosphere.2011.05.054>
- BARAM, S., WEINSTEIN, M., EVANS, J.F., BEREZKIN, A., SADE, Y., BEN-HUR, M., BERNSTEIN, N. y MAMANE, H., 2022. Drip irrigation with nanobubble oxygenated treated wastewater improves soil aeration. *Scientia Horticulturae*, vol. 291. ISSN 03044238. DOI 10.1016/j.scienta.2021.110550. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304423821006579>
<https://doi.org/10.1016/j.scienta.2021.110550>
- BEIRAS, R., 2018. Microbial Pollution. *Marine Pollution*, pp. 41-51. DOI 10.1016/b978-0-12-813736-9.00004-0. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128137369000040>
- CASTAGNINO, Juan. Nanobiotecnología. Nanomedicina y Teranóstica. Rev. Acta Bioquímica Clínica Latinoamericana, vol. 47, núm. 4, 2013, pp. 635-637. *Federación Bioquímica de la Provincia de Buenos Aires Buenos Aires*, Argentina 2013. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/535/53530579001.pdf>
- DAOLIANG, Li Shuangyin, Liu. Sensor in water quality monitoring. Basis, Technology and Case Studies, 2019, Pages 1-54. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128113301000016>
- DIGESA GESTA AGUA, Grupo de Estudio Técnico Ambiental [en línea]. S.l.: 2009. Disponible en: http://www.digesa.minsa.gob.pe/DEPA/informes_tecnicos/GRUPO_DE_USO_1.pdf
- DWEVEDI, A. y KAYASTHA, A.M., 2018. *Wastewater remediation via combotechnology* [en línea]. S.l.: Elsevier Inc. ISBN 9780128131237. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813123-7.00003-7>
- FAN, M., TAO, D., HONAKER, R. y LUO, Z., 2010. Nanobubble generation and its application in froth flotation (part I): nanobubble generation and its effects on properties of microbubble and millimeter scale bubble solutions. *Mining Science and Technology* [en línea], vol. 20, no. 1, pp. 1-19. ISSN 16745264. DOI 10.1016/S1674-5264(09)60154-X. Disponible en: [http://dx.doi.org/10.1016/S1674-5264\(09\)60154-X](http://dx.doi.org/10.1016/S1674-5264(09)60154-X)
- GARCÍA, J., 2014. "Caracterización De Los Efluentes En Los Estanques De Piscicultura Del liap - Huanuco" [en línea]. S.l.: s.n. Disponible en: https://web2.unas.edu.pe/sites/default/files/web/archivos/actividades_academicas/ppp-%20GARCIA%20NAMUCHE.pdf
- HAN, Z., NHUNG, N.T.H., WU, Y., HUANG, M., HE, C., LU, S., DODBIBA, G., WEI, Y., OTSUKI, A. y FUJITA, T., 2022. Arsenic (III) oxidation and removal from artificial

- mine wastewater by blowing O₂ nanobubbles. *Journal of Water Process Engineering* [en línea], vol. 47, no. January, pp. 102780. ISSN 22147144. DOI 10.1016/j.jwpe.2022.102780. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2022.102780>
- HE, Q., CUI, R., MIAO, Z., XING, Y., WAN, K., GAO, M. y ZHANG, M., 2021. Improved removal of Congo Red from wastewater by low-rank coal using micro and nanobubbles. *Fuel* [en línea], vol. 291, no., pp. 120090. ISSN 00162361. DOI 10.1016/j.fuel.2020.120090. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2020.120090>
- HERNÁNDEZ SAMPIERI, ROBERTO; et al. Metodología de la Investigación las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. Ciudad de México, México: *Editorial Mc Graw Hill Education*, Año de edición: 2018, ISBN: 978-1-4562-6096-5, 714 p. Disponible en: <http://virtual.cuautitlan.unam.mx/rudics/?p=2612>
- HIDEKI, T., 2010. Fundamentals of Microbubbles and Nanobubbles. *Bulletin of the Society of Sea Water Science, Japan*, vol. 64, pp. 4-10. Disponible en: https://www.jstage.jst.go.jp/article/swsj/64/1/64_1_4/_article/-char/ja/ DOI <https://doi.org/10.11457/swsj.64.4>
- JANG, J.K., SUNG, J.H., KANG, Y.K. y KIM, Y.H., 2015. The Effect of the Reaction Time Increases of Microbubbles with Catalyst on the Nitrogen Reduction of Livestock Wastewater. *Journal of Korean Society of Environmental Engineers*, vol. 37, no. 10, pp. 578-582. ISSN 1225-5025. Disponible en: <https://doi.org/10.4491/KSEE.2015.37.1.69>
- KYZAS, G.Z., BOMIS, G., KOSHELEVA, R.I., EFTHIMIADOU, E.K., FAVVAS, E.P., KOSTOGLU, M. y MITROPOULOS, A.C., 2019. Nanobubbles effect on heavy metal ions adsorption by activated carbon. *Chemical Engineering Journal* [en línea], vol. 356, no. September 2018, pp. 91-97. ISSN 13858947. DOI 10.1016/j.cej.2018.09.019. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.cej.2018.09.019>
- LEVITSKY, I., TAVOR, D. y GITIS, V., 2022. Micro and nanobubbles in water and wastewater treatment: A state-of-the-art review. *Journal of Water Process Engineering* [en línea], vol. 47, no. February, pp. 102688. ISSN 22147144. DOI 10.1016/j.jwpe.2022.102688. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2022.102688>
- LI, H., HU, L. y XIA, Z., 2013. Impact of groundwater salinity on bioremediation enhanced by micro-nano bubbles. *Materials*, vol. 6, no. 9, pp. 3676-3687. ISSN 19961944. Disponible en: <https://europemc.org/article/MED/28788299> DOI: 10.3390/ma6093676
- LI, L., WANG, X., MIAO, J., ABULIMITI, A., JING, X. y REN, N., 2022. Carbon neutrality of wastewater treatment - A systematic concept beyond the plant boundary. *Environmental Science and Ecotechnology* [en línea], vol. 11, pp. 100180. ISSN 26664984. DOI 10.1016/j.es.2022.100180. Disponible en:

<https://doi.org/10.1016/j.ese.2022.100180>

- MACASSI, Giuliana. Comportamiento del sistema de nanoburbujeo en el tratamiento para reducir los niveles de contaminación de aguas residuales domésticas de la provincia de Concepción, 2017. Disponible en: <https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/3777/Macassi%20Allasi.pdf>
- MALDONADO, Elizabeth. Reducción de la concentración de colorante negro reactivo 5 en agua mediante el uso de las micro nanoburbujas de ozono y aire escala laboratorio, 2017. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/13412>
- MENENDEZ, Deessiree. Eficiencia de las micro - nano burbujas de ozono-aire para mejorar la calidad de las aguas residuales hospitalarias, 2017. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/3568>
- MICHAILIDI, E.D., BOMIS, G., VAROUTOGLU, A., EFTHIMIADOU, E.K., MITROPOULOS, A.C. y FAVVAS, E.P., 2019. *Fundamentals and applications of nanobubbles*. S.l.: s.n. ISBN 9780128141786. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B9780128141786000042?via%3Dihub>. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814178-6.00004-2>
- NÚÑEZ, Claudia. Recuperación De Sólidos Del Agua De Cola Por Coagulación Floculación y Cuantificación de Histamina, 2014. Tesis para optar el título de ingeniero pesquero. UNALM, facultad de pesquería, Lima, Perú. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12996/1920>
- ORGANISMO DE EVALUACIÓN Y FISCALIZACIÓN AMBIENTAL (OEFA). Fiscalización ambiental en aguas residuales. 2014. [En línea]. Lima. [Fecha de consulta: 11 de abril del 2021]. Disponibilidad: https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=7827
- PANDEY, P.K., JAIN, A. y DIXIT, S., 2012. Micro and Nanobubble Water. *International Journal of Engineering Science and Technology* [en línea], vol. 4, no. 12, pp. 4734-4738. Disponible en: <https://www.semanticscholar.org/paper/MICRO-AND-NANOBUBBLE-WATER-Pandey-Gyan/54cf91533b0e9c52d0d59d442e1b9d14ca516a01>
- PRIETO, Aguiar, 2006. *Agua y Salud Agua y Salud*. 2006 [en línea]. Ideasmares. España: [s.n.], [fecha de consulta: 20 de junio de 2021]. Disponible en: <http://mail.alianzaporelagua.org/documentos/MONOGRAFICO7.pdf>
- REYES, Rómulo. Eficiencia de micro - nanoburbujas de aire para el tratamiento de aguas servidas en Puerto Bermúdez, Oxapampa, Pasco, 2017. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/930?locale-attribute=es>
- RIGOLA, Miguel. Tratamiento de aguas industriales: Aguas de proceso y residuales. Barcelona: MARCOMBO, 1990, 28 p. ISBN: 84-267-0740-8, [fecha de consulta: 20 de mayo del 2022]

- RODRÍGUEZ, M. y GARCÍA, K.. *Depuración de aguas servidas, utilizando especies acuáticas, en la ciudad de Moyobamba*. Tesis (Ingeniero Ambiental). Moyobamba: Universidad Nacional de San Martín-Tarapoto, facultad de ecología, 2012. Disponible en: <https://tesis.unsm.edu.pe/handle/11458/372>
- SALGUERO, Jazmín. Reducción de la demanda Bioquímica de Oxígeno de las muestras de agua de la cuenca baja del Río Chillón mediante micronanoburbujas de aire y ozono, distrito de Ventanilla, Callao. Lima: Perú, 2017. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/3606>
- SHARMA, R., VERMA, N., LUGANI, Y., KUMAR, S. y ASADNIA, M., 2021. *Conventional and advanced techniques of wastewater monitoring and treatment* [en línea]. S.l.: Elsevier Inc. ISBN 9780128218839. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-821883-9.00009-6>. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-821883-9.00009-6>
- SINGH, S., SINGH, J. y SINGH, H., 2021. *Chemical oxygen demand and biochemical oxygen demand* [en línea]. S.l.: Elsevier Inc. ISBN 9780128218839. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-821883-9.00007-2> DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-821883-9.00007-2>
- SLOAN, E. Dendy (1998) Gas Hydrates: Review of Physical/Chemical Properties. *Energy & Fuels*, 12 (2). pp. 191-196. ISSN: 0887-0624 DOI 10.1021/ef970164+. Disponible en: <https://oceanrep.geomar.de/id/eprint/32827>
- SUN, L., ZHANG, F., GUO, X., QIAO, Z., ZHU, Y., JIN, N., CUI, Y. y YANG, W., 2022. Research progress on bulk nanobubbles. *Particuology* [en línea], vol. 60, pp. 99-106. ISSN 22104291. DOI 10.1016/j.partic.2021.03.003. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.partic.2021.03.003>
- TEMESGEN, Tatek [et al] Micro and nanobubble technologies as a new horizon for water-treatment techniques: A review. *Advances in Colloid and Interface Science* [en línea]. Vol: 246, Agosto 2017, Páginas 40-51. [Fecha de consulta: 12 de septiembre de 2020]. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0001868617301719?via%3Dihub> ISSN: 0001-8686
- VELA, Ingry. Eficiencia de un Tanque Imhoff-HA a escala, para mejorar la calidad de las aguas servidas municipales del distrito de Habana, Moyobamba. Tesis (Ingeniero Sanitario). Moyobamba: Universidad Nacional de San Martín-Tarapoto, facultad de ecología, 2019. Disponible en: https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNSM_1dbf617680c31a97248da34fbc935600/Details
- VENTURA, Stefany. Tratamiento de sanguaza de pescado del mercado de Ancón utilizando micro - nanoburbujas de aire a escala laboratorio, 2017. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/14093>
- XIA, Z. y HU, L., 2015. Remediation of organics contaminated groundwater by ozone

micro-nano bubble. *15th Asian Regional Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, ARC 2015: New Innovations and Sustainability*, pp. 1978-1981. ISSN 2188-8027. Disponible en: https://www.jstage.jst.go.jp/article/jgssp/2/57/2_TC215-06/_article. <https://doi.org/10.3208/jgssp.TC215-06>

YAPARATNE, Sudheera, Zachary E. DOHERTY, Andre L. MAGDALENO, Emily E. MATULA, Jean D. MACRAE, Sergi GARCIA-SEGURA und Onur G. APUL, 2022. Effect of air nanobubbles on oxygen transfer, oxygen uptake, and diversity of aerobic microbial consortium in activated sludge reactors. *Bioresource Technology*. 2022. Bd. 351, S. 127090. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960852422004199>. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2022.127090>

ZAMBRANO, D., *MINIMIZACIÓN Y PREVENCIÓN COMO ESTRATEGIA PARA EL CONTROL DE LA CALI Trabajo de Grado para optar a Master en ingeniería con énfasis en sanitaria y ambiental, 2012. Univeridad del valle, escuela de ingeniería de los recursos naturales y el ambiente, Santiago de Cali, Colombia. S.l.: s.n.* Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/312940047_MINIMIZACION_Y_PREVENCIÓN_COMO ESTRATEGIA PARA EL CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN POR AGUAS RESIDUALES MUNICIPALES EN LA ZONA DE EXPANSIÓN DE CALI

ZEECE, M., 2020. Chemical properties of water and pH. *Introduction to the Chemistry of Food*, pp. 1-36. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128094341000013> DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809434-1.00001-3>

ANEXOS

ANEXO N°1. MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

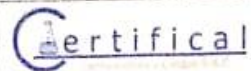
Variables	Definición conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Unidad de medida	Escala de medición
(independiente) Nanoburbujas de aire-ozono	Las nanoburbujas son pequeñas burbujas con un diámetro de <200 nm y se han explotado para diversas aplicaciones (Agarwal, Ng y Liu 2011).	Las nanoburbujas de aire se midieron considerando sus características físicas que serán evaluadas en el proceso de la generación de las NB de aire y así mismo se tuvo en cuenta la condición del tratamiento que fue medido por el tiempo que duró el tratamiento.	Características físicas	Velocidad de ascenso	(m/s)	Razón
				Caudal	(mL/s)	Razón
				Diámetro de la NB	(nm)	Intervalo
				Presión interna de la NB	(Pa)	Razón
				Presión del aire	(PSI)	Razón
			Condición del tratamiento	Tiempo	(min)	Razón
(dependiente) Tratamiento de las aguas servidas	las aguas servidas contienen una alta carga microbiana (Dwevedi y kayastha, 2018), aportan emisiones de carbono al medio ambiente (Li et al., 2022).	Los parámetros físicos se evaluaron en el laboratorio antes y después del tratamiento, los parámetros químicos y microbiológicos fueron evaluados en un laboratorio acreditado para tener la confiabilidad que demanda la investigación. Se tuvo en cuenta el ECA agua categoría 3: riego de vegetales y bebida de animales, subcategoría D1: riego de vegetales.	Parámetros físicos	Temperatura	(°C)	Razón
				Conductividad eléctrica	(μS/cm)	Razón
			Parámetros químicos	Potencial de hidrógeno	(pH)	Intervalo
				Demanda bioquímica de oxígeno	(mg/L)	Razón
				Coliformes totales	(NMP/100mL)	Razón

ANEXO N°2. FICHA DE REGISTRO DE UBICACIÓN

Ficha 1: Ficha de registro de ubicación

Nombre del sitio de estudio:		
Actividad principal:		
Dirección:		
Departamento:		
Provincia:		
Distrito:		
Coordenadas UTM:	Este	
	Norte	
Croquis de Ubicación		

**ANEXO N°3: CADENA DE CUSTODIA PARA MUESTRAS DE
AGUA**



CADENA DE CUSTODIA - CALIDAD DE AGUA

Nº 003254

FR-550
Versión 01
2021-01-04

DATOS DEL SOLICITANTE				PROCEDENCIA DE LAS MUESTRAS			NS	
CLIENTE O RAZÓN SOCIAL:				REFERENCIA:			Hoja:	de
DIRECCIÓN:				NOMBRE DEL PROYECTO:			TOMA DE MUESTRA POR	
CONTACTO:				DISTRITO / PROVINCIA / DPTO.:			CERTIFICAR	<input type="checkbox"/>
CORREO ELECTRÓNICO:				ENSAYOS SOLICITADOS			CLIENTE	<input type="checkbox"/>

ITEM	ESTACIÓN	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA				ENSAYOS SOLICITADOS												PLAN DE MUESTREO					OBSERVACIONES								
		FECHA	HORA	TIPO DE MATRIZ	GEOREFERENCIA	ALTIMUD													PARÁMETROS INSITU												
		(dd/mm/aa)		(L)	(UTM WGS84)	(m s.n.m)	ZONA																								
1																															
2																															
3																															
4																															
5																															
6																															
7																															
8																															
9																															
10																															

TIPO DE MATRIZ (1)

AN: AGUA NATURAL
 1. Subterránea 1.1. Manantial 1.2. Terminal 2. Superficial 2.1 Río 2.2 Laguna / Lago
 AR: AGUA RESIDUAL
 3. Doméstica 4. Industrial 5. Municipal
 ACH: AGUAS PARA USO Y CONSUMO HUMANO
 6. Agua de bebida (Agua Potable/Agua de Mesa/Agua Emvasada)
 7. Agua de Piscina 8. Agua de Laguna Artificial
 AS: AGUA SALINA
 9. Agua de Mar 10. Aguas Salobres 11. Salmuera 12. Agua de Inyección y Reinyección.
 APR: AGUA DE PROCESO
 13. Agua de circulación o enfriamiento 14. Agua de alimentación para calderas
 15. Agua de alimentación para calderas 16. Agua de calderas
 17. Agua de liofilización 18. Agua purificada 19. Agua de Inyección y Reinyección.

EQUIPOS DE CAMPO UTILIZADOS

NOMBRE	MARCA	CODIGO INTERNO

PROCEDIMIENTO DE MUESTREO

Llenado por recepción de muestra

CONDICIONES DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS	C	NC
ENVASES ADECUADOS		
MUESTRAS DENTRO TIEMPO MÁXIMO DE CONSERVACIÓN		
CONDICIONES DE PRESERVACIÓN VALOR DE PH =		
CONDICIONES DE CONSERVACIÓN DEL COOLER 1°C =		
C: conforme NC: no conforme		

OBSERVACIONES

ANALISTA DE CAMPO / RESPONSABLE DEL MUESTREO

Nombre :

Fecha : Hora :

FIRMA :

DATOS DEL CLIENTE / SUPERVISOR

Nombre :

Fecha : Hora :

FIRMA :

RECEPCIÓN DE MUESTRAS

Nombre :

Fecha : Hora :

FIRMA :

V° B° LAB.

MB	FQ

**ANEXO N°4: FICHA DE ANÁLISIS DE MUESTRA ANTES DEL
TRATAMIENTO**

Ficha 2: Ficha de análisis de muestra antes del tratamiento					
Título	Aplicación de nanoburbujas de aire para el tratamiento de las aguas servidas vertidas en el cauce la Achirana, en el distrito de Parcona, Ica 2022				
Línea de investigación	Calidad y Gestión los Recursos Naturales				
Responsables	Mamani Curichimba, Miguel Angel / Rimarachin Lozano, Diego Fernando				
Asesor	Dr. Valverde Flores, Jhonny Wilfredo				
Datos Generales:					
Nombre del sitio de estudio:		Departamento:			
Actividad principal:		Provincia:			
Dirección:		Distrito:			
Datos del punto de muestreo					
Nombre del punto de muestreo:		Operador:			
Coordenadas UTM:	Este:		Protocolo de muestreo:		
	Norte:				
Temperatura del ambiente (°C):		Observaciones:			
Datos de la muestra					
Código de la muestra:				Fecha:	
				Hora:	
Parámetros Físicos	Valor	Unidad	ECA agua	Observaciones	
Temperatura					
Conductividad eléctrica					
Parámetros Químicos	Valor	Unidad			
pH					
Demanda Bioquímica de Oxígeno					
Parámetro microbiológico	Valor	Unidad			
Coliformes totales					
Responsable:.....					



Dr. Jhonny W. Valverde Flores
 ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2526-112X>
 Scopus ID Author: 57196412905
 CIP: 79862



Atentamente,

 Juan Julio Oronoz Gálvez
 DNI: 08447308

ANEXO N°5: FICHA DE REGISTRO DEL TRATAMIENTO

Ficha 3: Ficha de registro del tratamiento			
Título	Aplicación de nanoburbujas de aire para el tratamiento de las aguas servidas vertidas en el cauce la Achirana, en el distrito de Parcona, Ica 2022		
Línea de investigación	Calidad y Gestión los Recursos Naturales		
Responsable	Mamani Curichimba, Miguel Angel / Rimarachin Lozano, Diego Fernando		
Asesor	Dr. Valverde Flores, Jhonny Wilfredo		
Datos Generales:			
Departamento:		Lugar:	
Provincia:		Fecha:	
Distrito:		Hora:	
Coordenadas UTM:	Este:	Temperatura del ambiente (°C):	
	Norte:		
Cambios en la muestra del efluente			
Código de la muestra:		Tratamiento aplicado:	
Características visibles	Valor	Unidad	Observaciones
Tiempo de acción			
Caudal			
Características de las Nanoburbujas de aire	Valor	Unidad	
Diámetro de la nanoburbuja			
Presión del aire			
Presión interna de la Nanoburbuja aire			
Velocidad de ascenso de la Nanoburbuja de aire			
Responsable:			



Dr. Jhonny W. Valverde Flores
 ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2526-112X>
 Scopus ID Author: 57196412905
 CIP: 75862




Atentamente,

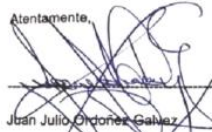
 Juan Julio Ordoñez Galvez
 DNI: 08447308

**ANEXO N°6: FICHA DE ANÁLISIS DE MUESTRA DESPUÉS DEL
TRATAMIENTO**

Ficha 4: Ficha de análisis de muestra después del tratamiento				
Título	Aplicación de nanoburbujas de aire para el tratamiento de las aguas servidas vertidas en el cauce la Achirana, en el distrito de Parcona, Ica 2022			
Línea de investigación	Calidad y Gestión los Recursos Naturales			
Responsables	Mamani Curichimba, Miguel Angel / Rimarachin Lozano, Diego Fernando			
Asesor	Dr. Valverde Flores, Jhonny Wilfredo			
Datos Generales:				
Nombre del sitio de estudio:			Departamento:	
Actividad principal:			Provincia:	
Dirección:			Distrito:	
Datos del punto de muestreo				
Nombre del punto de muestreo:			Operador:	
Coordenadas UTM:	Este:		Protocolo de muestreo:	
	Norte:			
Temperatura del ambiente (°C):			Observaciones:	
Datos de la muestra				
Código de la muestra:			Fecha:	
			Hora:	
Parámetros Físicos	Valor	Unidad	ECA agua	Observaciones
Temperatura				
Conductividad eléctrica				
Parámetros Químicos	Valor	Unidad		
pH				
Demanda Bioquímica de Oxígeno				
Parámetro microbiológico	Valor	Unidad		
Coliformes totales				
Responsable:.....				


 Dr. Jhonny W. Valverde Flores
 ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2526-112X>
 Scopus ID Author: 57196412905
 CIP: 79862



Atentamente,

 Juan Julio Ordoñez Galvez
 DNI: 08447308

ANEXO N°7: FICHA DE REGISTRO DE RESULTADOS

Ficha 5: Ficha de registro de resultados

Repeticiones	Tiempos	Temperatura (°C)	Conductividad Eléctrica (μS/cm)	Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/L)	pH	Coliformes Totales (NMP/100mL)
M1	M1T20					
	M1T40					
	M1T60					
M2	M2T20					
	M2T40					
	M2T60					
M3	M3T20					
	M3T40					
	M3T60					

ANEXO N°8: FICHA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: **Dr. Valverde Flores, Jhonny Wilfredo**
 1.2. Cargo e institución donde labora: **Docente e Investigador / UCV Campus Los Olivos**
 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Calidad y Gestión de los Recursos Naturales**
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Ficha 2: Ficha de análisis de muestra antes del tratamiento**
 1.5. Autor(A) de Instrumento: **Diego Fernando Rimarachin Lozano / Miguel Angel Mamani Curichimba**

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

X

90%

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

Lima, 14 de julio del 2022



Dr. Jhonny W. Valverde Flores
 ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2526-112X>
 Scopus ID Author: 57196412905
 CIP: 79862

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: **Dr. Valverde Flores, Jhonny Wilfredo**
 1.2. Cargo e institución donde labora: **Docente e Investigador / UCV Campus Los Olivos**
 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Calidad y Gestión de los Recursos Naturales**
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Ficha 3: Ficha de registro del tratamiento**
 1.5. Autor(A) de Instrumento: **Diego Fernando Rimarachin Lozano / Miguel Angel Mamani Curichimba**

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

X

90%

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

Lima, 14. de julio del 2022



Dr. Jhonny W. Valverde Flores
 ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2526-112X>
 Scopus ID Author: 57196412905
 CIP: 79662

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: **Dr. Valverde Flores Jhonny Wilfredo**
 1.2. Cargo e institución donde labora: **Docente e Investigador / UCV Campus Los Olivos**
 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Calidad y Gestión de los Recursos Naturales**
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Ficha 4: Ficha de análisis de muestra después del tratamiento**
 1.5. Autor(A) de Instrumento: **Diego Fernando Rimarachin Lozano / Miguel Angel Mamani Curichimba**

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

X

90%

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

Lima, 14 de julio del 2022



Dr. Jhonny W. Valverde Flores
 ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2525-112X>
 Scopus ID Author: 57196412905
 CIP: 79862

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: **Dr. Benites Alfaro, Elmer Gonzales**
- 1.2. Cargo e institución donde labora: **DTC - UCV**
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Docente Investigador / Ing. Químico / Ing. Ambiental**
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Ficha 2: Ficha de análisis de muestra antes del tratamiento**
- 1.5. Autor(A) de Instrumento: **Diego Fernando Rimarachin Lozano / Miguel Angel Mamani Curichimba**

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

x

90%

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

Lima, 14 de enero del 2022


Dr. Benites Alfaro, Elmer Gonzales
Docente Investigador
Centro de Estudios Científicos
UCV

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: **Dr. Benites Alfaro, Elmer Gonzales**
- 1.2. Cargo e institución donde labora: **DTC - UCV**
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Docente Investigador / Ing. Químico / Ing. Ambiental**
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Ficha 3: Ficha de registro del tratamiento**
- 1.5. Autor(A) de Instrumento: **Diego Fernando Rimarachin Lozano / Miguel Angel Mamani Curichimba**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MÍNIMAMENTE 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

x

90%

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

Lima, 14. de enero del 2022


Dr. Diego Fernando Rimarachin Lozano
 Director General de Investigación Científica y Tecnológica
 UCV 1988

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: **Dr. Benites Alfaro, Elmer Gonzales**
- 1.2. Cargo e institución donde labora: **DTC - UCV**
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Docente Investigador / Ing. Químico / Ing. Ambiental**
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Ficha 4: Ficha de análisis de muestra después del tratamiento**
- 1.5. Autor(A) de Instrumento: **Diego Fernando Rimarachin Lozano / Miguel Angel Mamani Curichimba**

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

X

90%

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

Lima, 14 de enero del 2022


Dr. Benites Alfaro, Elmer Gonzales
 DTC - UCV

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: **Dr. ORDOÑEZ GALVEZ, JUAN JULIO**
- 1.2. Cargo e institución donde labora: **Docente de la UCV**
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Hidrología Ambiental**
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Ficha 2: Ficha de análisis de muestra antes del tratamiento**
- 1.5. Autor(A) de Instrumento: **Diego Fernando Rimarachin Lozano / Miguel Angel Mamani Curichimba**

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%

Lima, 14 de julio del 2022

Atentamente,

 Juan Julio Ordoñez Galvez
 DNI: 08447308

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: **Dr. ORDOÑEZ GALVEZ, JUAN JULIO**
- 1.2. Cargo e institución donde labora: **Docente de la UCV**
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Hidrología Ambiental**
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Ficha 3: Ficha de registro del tratamiento**
- 1.5. Autor(A) de Instrumento: **Diego Fernando Rimarachin Lozano / Miguel Angel Mamani Curichimba**

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

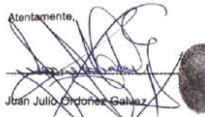
- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

SI

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90%

Lima, 14. de julio del 2022

Atentamente,

 Juan Julio Ordoñez Galvez
 DNI: 08447308

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: **Dr. ORDOÑEZ GALVEZ, JUAN JULIO**
- 1.2. Cargo e institución donde labora: **Docente de la UCV**
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Hidrología Ambiental**
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Ficha 4: Ficha de análisis de muestra después del tratamiento**
- 1.5. Autor(A) de Instrumento: **Diego Fernando Rimarachin Lozano / Miguel Angel Mamani Curichimba**

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%

Lima, 14 de julio del 2022

Atentamente,

 Juan Julio Ordoñez Galvez
 DNI: 08447308

ANEXO N°9: RESULTADOS DE LABORATORIO CERTIFICAL

INFORME DE ENSAYO FQ N° 220527-010

Código del Cliente	MO	M1T20	M1T40	M1T60	M2T20			
Descripción del Punto	-	-	-	-	-			
Código de Laboratorio	22013124(1)	22013124(2)	22013124(3)	22013124(4)	22013124(5)			
Tipo de Producto	AGUA RESIDUAL (DOMÉSTICA)	AGUA RESIDUAL (DOMÉSTICA)	AGUA RESIDUAL (DOMÉSTICA)	AGUA RESIDUAL (DOMÉSTICA)	AGUA RESIDUAL (DOMÉSTICA)			
Fecha de muestreo	20/05/2022	20/05/2022	20/05/2022	20/05/2022	20/05/2022			
Hora de muestreo	08:00	08:30	08:55	09:15	09:50			
ENSAYOS	UNIDAD	L.D.	L.C.	RESULTADOS				
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO5)	mg/L	2	-	93	31	13	7	25

L.D. = Límite de detección / L.C. = Límite de cuantificación




Los ensayos se han realizado bajo responsabilidad de CERTIFICAL S.A.C. Los resultados de los ensayos corresponden solo a la(s) muestra(s) del prototipo o del lote ensayado(s) no pudiendo extenderse los resultados del informe a ninguna otra unidad o lote que no haya sido analizada. Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
PROHIBIDA LA MODIFICACIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE INFORME.

INFORME DE ENSAYO FQ N° 220527-010

Código del Cliente	M2T40	M2T60	M3T20	M3T40	M3T60			
Descripción del Punto	-	-	-	-	-			
Código de Laboratorio	22013124(6)	22013124(7)	22013124(8)	22013124(9)	22013124(10)			
Tipo de Producto	AGUA RESIDUAL (DOMÉSTICA)	AGUA RESIDUAL (DOMÉSTICA)	AGUA RESIDUAL (DOMÉSTICA)	AGUA RESIDUAL (DOMÉSTICA)	AGUA RESIDUAL (DOMÉSTICA)			
Fecha de muestreo	20/05/2022	20/05/2022	20/05/2022	20/05/2022	20/05/2022			
Hora de muestreo	10:10	10:30	11:10	11:30	11:50			
ENSAYOS	UNIDAD	L.D.	L.C.	RESULTADOS				
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO5)	mg/L	2	-	12	7	25	9	<2

L.D. = Límite de detección / L.C. = Límite de cuantificación

Emitido en Lima, el 27 de Mayo de 2022

CERTIFICACIONES Y CALIDAD SAC


Terry A. Morales Cervera
 Laboratorio Físico Químico Ambiental
 COP N° 845

INFORME DE ENSAYO MB N° 220630-012

Código del Cliente	MO	MIT20	MIT40	M1T60	M2T20
Descripción del Punto	-	-	-	-	-
Código de Laboratorio	22013963(1)	22013963(2)	22013963(3)	22013963(4)	22013963(5)
Tipo de Producto	AGUA RESIDUAL (DOMÉSTICA)	AGUA RESIDUAL (DOMÉSTICA)	AGUA RESIDUAL (DOMÉSTICA)	AGUA RESIDUAL (DOMÉSTICA)	AGUA RESIDUAL (DOMÉSTICA)
Fecha de muestreo	24/06/2022	24/06/2022	24/06/2022	24/06/2022	24/06/2022
Hora de muestreo	14:50	15:00	15:30	15:55	16:20
ENSAYOS	UNIDAD	L.D.	L.C.	RESULTADOS	
Numeración de Coliformes totales	NMP / 100 ml	1.8	1.8	54 x 10 ⁷	35 x 10 ⁶
				92 x 10 ⁵	11 x 10 ⁵
					16 x 10 ⁷

L.D. = Límite de detección / L.C. = Límite de cuantificación

INFORME DE ENSAYO MB N° 220630-012

Código del Cliente	M2T40	M2T60	M3T20	M3T40	M3T60
Descripción del Punto	-	-	-	-	-
Código de Laboratorio	22013963(6)	22013963(7)	22013963(8)	22013963(9)	22013963(10)
Tipo de Producto	AGUA RESIDUAL (DOMÉSTICA)	AGUA RESIDUAL (DOMÉSTICA)	AGUA RESIDUAL (DOMÉSTICA)	AGUA RESIDUAL (DOMÉSTICA)	AGUA RESIDUAL (DOMÉSTICA)
Fecha de muestreo	24/06/2022	24/06/2022	24/06/2022	24/06/2022	24/06/2022
Hora de muestreo	16:45	17:15	17:40	18:10	18:30
ENSAYOS	UNIDAD	L.D.	L.C.	RESULTADOS	
Numeración de Coliformes totales	NMP / 100 ml	1.8	1.8	17 x 10 ⁴	35 x 10 ⁵
				16 x 10 ⁷	49 x 10 ⁵
				16 x 10 ⁵	16 x 10 ⁵

L.D. = Límite de detección / L.C. = Límite de cuantificación

Emitido en Lima, el 30 de Junio de 2022

CERTIFICACIONES Y CALIDAD SAC


 Rosario Guedes Vásquez
 Jefe Laboratorio Microbiología
 C.B.P. 6421

ANEXO N°10: FOTOS DEL PROCESO DE LA INVESTIGACIÓN



Recolección de muestra de las aguas servidas vertidas en el cauce la Achirana

Frascos para muestra de DBO_5 y coliformes totales para las tres repeticiones y tres tiempos respectivamente





Frascos para muestra de DBO₅ y coliformes totales



Equipo generador de nanoburbujas de aire



Vertimiento de las aguas servidas dentro del generador de nanoburbujas

Vista de las aguas servidas dentro del generador de nanoburbujas



Presión de aire a 50-60 PSI





Extracción de submuestra después del tratamiento, para coliformes totales



Extracción de submuestra después del tratamiento, para DBO_5



Muestra de para coliformes totales luego de 20 minutos de tratamiento en la primera repetición con nanoburbujas de aire

Muestra de para coliformes totales luego de 40 minutos de tratamiento en la segunda repetición con nanoburbujas de aire





Medición de conductividad eléctrica y temperatura

Medición de conductividad eléctrica y temperatura





UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, VALVERDE FLORES JHONNY WILFREDO, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA NORTE, asesor de Tesis titulada: "Aplicación de nanoburbujas de aire para el tratamiento de las aguas servidas vertidas en el cauce la Achirana, en el distrito de Parcona, Ica 2022", cuyos autores son RIMARACHIN LOZANO DIEGO FERNANDO, MAMANI CURICHIMBA MIGUEL ANGEL, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 24.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

LIMA, 13 de Julio del 2022

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
VALVERDE FLORES JHONNY WILFREDO DNI: 18120253 ORCID: 0000-0003-2526-112X	Firmado electrónicamente por: VALVERDE el 23-07- 2022 23:12:16

Código documento Trilce: TRI - 0341865