



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**Tratamiento de aguas industriales derivados de agregados de
construcción (UNICOM) mediante el método de cavitación
hidrodinámica 2020**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AMBIENTAL

AUTORES:

Castañeda Chavez, Francis Elizabeth (ORCID: 0000-0001-7518-3305)

Vargas Padilla, Luis Alberto (ORCID: 0000-0002-8281-8337)

ASESOR:

Dr. Benites Alfaro, Elmer Gonzales (ORCID: 0000-0003-1504-2089)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y gestión de los recursos naturales

LIMA - PERÚ

2020

Dedicatoria

El presente trabajo es dedicado a mi antigua yo, que por varias circunstancias se dejó vencer en el camino para alcanzar esta meta y hoy, por el apoyo y la fortalece de una persona que llegó a mi vida, hay una nueva versión de mi misma que está retomando este proyecto anhelado.

Castañeda Chávez, Francis Elizabeth

Le dedico este trabajo de investigación a mi madre y padre, ya que ellos me acompañaron en los momentos más difíciles de mi vida, apoyándome en los tiempos difíciles que pase.

Vargas Padilla, Luis Alberto

Agradecimiento

En estas líneas agradezco a Dios, que por su bendición y su presencia en mi vida, que me ayudo a lograr a cumplir esta meta y para ello puso en mi camino a una persona a la cual hoy admiro y respeto mucho. De igual manera agradezco, a mi pareja, por apoyarme y motivarme en este proceso que he alcanzado.

Así mismo agradecer el apoyo de nuestro asesor, el Dr. Elmer Benites y al Ing. Carlos Gamarra, quienes con su experiencia y conocimiento nos orientaron en la investigación de este proyecto.

Castañeda Chávez, Francis Elizabeth

Agradezco a mis 3 grandes compañeros de la universidad que me apoyaron desde un principio, sobre todo en mis momentos más difíciles y a mi amiga de estados unidos por apoyarme en este último año.

Vargas Padilla, Luis Alberto

Índice de contenido

| | Pág. |
|---|------|
| Dedicatoria | ii |
| Agradecimiento | iii |
| Índice de contenido | iv |
| Índice de tablas | vi |
| Índice de figuras | vii |
| RESUMEN | viii |
| ABSTRACT | ix |
| I. INTRODUCCIÓN | 1 |
| II. MARCO TEÓRICO | 4 |
| III. METODOLOGÍA | 15 |
| 3.1. Tipo y diseño de investigación | 15 |
| 3.1.1. Tipo de investigación: | 15 |
| 3.1.2. Diseño de investigación: | 15 |
| 3.2. Variables y operacionalización | 16 |
| 3.2.1. Variable Independiente: | 16 |
| 3.2.2. Variable Dependiente: | 16 |
| 3.3. Población, muestra y muestreo | 16 |
| 3.3.1. Población: | 16 |
| 3.3.2. Muestra: | 16 |
| 3.3.3. Muestreo: | 17 |
| 3.3.4. Unidad de análisis: | 17 |
| 3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos | 17 |
| 3.4.1. Técnica de recolección: | 17 |
| 3.4.2. Instrumento de recolección: | 18 |
| 3.5. Procedimientos | 19 |
| 3.5.1. Ubicación e identificación de la zona para toma de muestra: | 19 |
| 3.5.2. Recolección de la muestra: | 19 |
| 3.5.3. Tratamiento de agua industrial: | 20 |
| 3.6. Método de análisis de datos | 24 |
| 3.7. Aspectos éticos | 24 |
| IV. RESULTADOS | 26 |
| 4.1 Análisis inicial de tratamiento. | 26 |
| 4.2. Medición de parámetros de pH, sólidos totales disueltos (TDS) y temperatura en muestra inicial y muestras trabajadas | 26 |

| | |
|--|----|
| 4.3. Medición de parámetros con sistema de enfriamiento durante el proceso de cavitación hidrodinámica | 28 |
| 4.4. Medición de parámetros sin sistema de enfriamiento durante el proceso de cavitación hidrodinámica | 33 |
| 4.5. Análisis inferencial del tratamiento | 37 |
| 4.5.1 Sólidos Totales Suspendidos (STS) | 38 |
| 4.5.2. Demanda Química de Oxígeno (DQO) | 40 |
| 4.5.3. Aceites y Grasas (AyG) | 43 |
| V. DISCUSIÓN | 47 |
| VI. CONCLUSIONES | 50 |
| VII. RECOMENDACIONES | 51 |
| VIII. REFERENCIA | 52 |
| IX. ANEXOS | 49 |

Índice de tablas

| | |
|--|----|
| Tabla 1: Muestra para laboratorio | 21 |
| Tabla 2: Parámetros de ph, sólidos totales disueltos (TDS) y temperatura | 26 |
| Tabla 3: Parámetros base V1-CE | 29 |
| Tabla 4: Parámetros base V2-CE | 31 |
| Tabla 5: Parámetros base V1-SE | 33 |
| Tabla 6: Parámetros base V2-SE | 35 |
| Tabla 7: Resultados de tratamiento de aguas residuales industriales | 38 |
| Tabla 8: Prueba paramétrica de normalidad para STS | 39 |
| Tabla 9: Prueba paramétrica ANOVA para STS | 39 |
| Tabla 10: Prueba no paramétrica Kurskal-Wallis para STS | 40 |
| Tabla 11: Prueba paramétrica de normalidad para DQO | 41 |
| Tabla 12: Prueba paramétrica ANOVA para DQO | 41 |
| Tabla 13: Prueba no paramétrica Kurskal-Wallis para DQO | 42 |
| Tabla 14: Prueba paramétrica de normalidad para AyG | 43 |
| Tabla 15: Prueba paramétrica ANOVA para AyG | 44 |
| Tabla 16: Prueba no paramétrica Kurskal-Wallis para AyG | 44 |
| Tabla 17: Porcentaje de reducción de parámetros respecto a E1 | 45 |

Índice de figuras

| | |
|--|----|
| Figura 1: Empresa GMIngesac (Google Earth) | 19 |
| Figura 2: Extracción de muestra | 20 |
| Figura 3: Empresa Magros SAC (Google Earth) | 21 |
| Figura 4: Toma de pH, sólidos totales disueltos y temperatura - GRUPO 1 | 22 |
| Figura 5: Almacenamiento para laboratorio - GRUPO 1 | 22 |
| Figura 6: Filtrado de muestra - GRUPO 1 | 22 |
| Figura 7: Muestra a tratar - GRUPO 1 | 23 |
| Figura 8: Toma de datos durante el tratamiento - GRUPO 1 | 23 |
| Figura 9: Niveles de Alcalinidad - basicidad (pH) | 27 |
| Figura 10: Niveles de Sólidos Totales Disueltos - TDS (ppm) | 27 |
| Figura 11: Niveles de temperatura (°C) | 28 |
| Figura 12: Presión vs Tiempo V1-CE | 29 |
| Figura 13: Temperatura vs Tiempo V1-CE | 30 |
| Figura 14: Caudal vs Tiempo V1-CE | 30 |
| Figura 15: Presión vs Tiempo V2-CE | 31 |
| Figura 16: Temperatura vs Tiempo V2-CE | 32 |
| Figura 17: Caudal vs Tiempo V2-CE | 32 |
| Figura 18: Presión vs Tiempo V1-SE | 34 |
| Figura 19: Temperatura vs Tiempo V1-SE | 34 |
| Figura 20: Caudal vs Tiempo VI-SE | 35 |
| Figura 21: Presión vs Tiempo V2-SE | 36 |
| Figura 22: Temperatura vs Tiempo V2-SE | 36 |
| Figura 23: Caudal vs Tiempo V2-SE | 37 |
| Figura 24: Eficiencia de tratamiento por cavitación hidrodinámica para STS | 40 |
| Figura 25: Eficiencia de tratamiento por cavitación hidrodinámica para DQO | 42 |
| Figura 26: Eficiencia de tratamiento por cavitación hidrodinámica para AyG | 44 |

RESUMEN

La presente tesis tiene como objeto analizar la eficiencia del tratamiento de aguas industriales derivados de agregados de construcción (UNICOM) mediante el método de cavitación hidrodinámica bajo dos enfoques: con sistema de enfriamiento y sin sistema de enfriamiento, a fin de conocer con cual método es más eficaz. Se empleó una muestra de 160 litros, la cual fue separada en dos grupos para la experiencia, a ello se usó una concentración de 2 g/L del catalizador de Dióxido de Titano (TiO_2) que fue añadido al segundo grupo para mejorar la eficiencia del tratamiento. Con ambas experiencias desarrolladas, se obtuvo que existe una mayor eficiencia del método de cavitación hidrodinámica cuando se trabaja sin enfriamiento para reducir los parámetros de Sólidos Totales Suspendidos (STS) y Demanda Química de Oxígeno (DQO) sin aplicar Dióxido de Titanio mientras que para Aceite y Grasas (AyG) hubo una mayor eficiencia cuando el método de cavitación hidrodinámica se aplica sistema de enfriamiento junto con el Dióxido de Titanio (TiO_2).

Palabras clave: Cavitación hidrodinámica, sistema de enfriamiento, dióxido de titanio, agua industrial, sólidos totales suspendidos, Demanda Química de Oxígeno, Aceites y Grasas

ABSTRACT

This thesis aims to analyze the efficiency of industrial water treatment derived from construction aggregates (UNICOM) through the hydrodynamic cavitation method under two approaches: with cooling system and without cooling system, in order to know which method is more effective. A sample of 160 liters was used, which was separated into two groups for the experience, a concentration of 2 g / L of the Titanium Dioxide (TiO₂) catalyst was added in the second group to improve the efficiency of the treatment. With both experiences, it was obtained that there is a greater efficiency of the hydrodynamic cavitation method when working without cooling to reduce the parameters of Total Suspended Solids (TSS) and Chemical Oxygen Demand (COD) without applying Titanium Dioxide; in contrast, Oil and Grease (O&G) there was a higher efficiency when the hydrodynamic cavitation method was applied to cooling system together with Titanium Dioxide (TiO₂).

Keywords: Hydrodynamic cavitation, cooling system, titanium dioxide, industrial water, total suspended solids, chemical oxygen demand, oils and fats.

I. INTRODUCCIÓN

El **trabajo de investigación** presente lleva como título “Tratamiento de aguas industriales derivados de agregados de construcción (UNICOM) mediante el método de cavitación hidrodinámica 2020”, el cual está enfocado en una temática la cual está presente en las últimas décadas generando un problema ambiental de gran importancia como es la contaminación del agua por efluentes industriales.

El agua es un factor crucial para el desarrollo de un ecosistema; ya que este compuesto permite que se produzca el ciclo hidrológico, proceso esencial e imprescindible para la supervivencia de la gran mayoría de las formas de vida conocidas y constituye cerca del 71% de la superficie terrestre, distribuido en océanos con un 96,5%, glaciares y casquetas polares con un 1.74%, depósitos subterráneos, permafost y glaciares continentales en un 1.72% y el 0.04% en lagos, humedales, atmosfera, ríos y seres vivos. No obstante, tras el desarrollo de la industria, el consumo de agua dulce ha aumentado y tras ello la generación de aguas industriales que contienen contaminantes los cuales ocasionan un impacto en el medio ambiente y en la salud humana.

Ante esta **problemática**, se desarrollan diversas propuestas para tratar este tipo de contaminante en el agua, siendo el método de cavitación hidrodinámica una alternativa para tratar esos tipos de contaminantes presentes en las aguas industriales antes de su eliminación por medio del sistema de alcantarillado.

Sobre el tratamiento de agua residual el Banco Mundial en su informe “From Waste to Resource: Shifting paradigms for smarter wastewater interventions in Latin America and the Caribbean” (2020), expresa que debido al crecimiento poblacional ha surgido un aumento de la demanda de recursos hídricos donde se estima que un 36% de la población en el mundo tiene problemas de escasez de agua, dándose esto en países de renta baja a media. En América Latina y el Caribe, solo un 60% de personas gozan de un sistema de alcantarillado; mientras que solo unos 30% y 40% de las aguas residuales son captadas para su tratamiento, el cual busca la reutilización del agua con el fin de cubrir los problemas de escasez y contaminación.

Una alternativa para el tratamiento de aguas residuales Juan Domínguez (2018), manifiesta que esta problemática ha motivado a que se desarrollen nuevas tecnologías, las cuales permitirán mejorar la calidad de los sistemas con fluido, siendo una de ellas la cavitación hidrodinámica. Que al ser un proceso que no genera subproductos tóxicos, lo vuelve en un tratamiento energéticamente eficiente y viable, permitiéndole desarrollarse como un método potencial a gran escala, además de ello es mayor la letalidad de microorganismo contaminantes presentes en aguas altamente contaminadas.

Por lo expuesto, la **interrogante** que da base al estudio fue: ¿Cuál es la eficacia del tratamiento de aguas industriales derivados de agregados de construcción (UNICOM) mediante el método de cavitación hidrodinámica 2020? Teniendo en cuenta la eficacia del tratamiento se ha considerado como **problemas específicos** ¿Cuál es la eficacia del tratamiento de aguas industriales mediante el método de cavitación hidrodinámica con sistema de enfriamiento? Posterior a ello, ¿Cuál es la eficacia del tratamiento de aguas industriales mediante el método de cavitación hidrodinámica con sistema de enfriamiento? Para finalizar, ¿Qué parámetro ha tenido una mayor variación en su concentración en el tratamiento de aguas industriales mediante el método de cavitación hidrodinámica?

La investigación formulada, enfocada en la línea de investigación de calidad y gestión de los recursos naturales, se **justifica** porque busca contribuir como medida, a resolver una problemática que sigue creciendo en el sector industrial y tendrá un impacto significativo a largo plazo no sólo en el ambiente sino también en la salud humana. Por medio de este proyecto, se enfatiza como una alternativa de tratamiento contra contaminantes presentes en aguas industriales la aplicación del método de cavitación hidrodinámica, lo que a su vez permitirá reducir costos en la construcción de plantas de tratamiento de agua residuales (PTAR) complejas y generará una opción para la reutilización de estas aguas en algún punto de sus procesos, lo que brindara una mejor eficacia en su sistema productivo y un menor impacto al ambiente.

Por ello, se determina como **principal objetivo** analizar la eficiencia del tratamiento de aguas industriales derivados de agregados de construcción (UNICOM) mediante el método de cavitación hidrodinámica; de igual forma, como **objetivos**

específicos determinar la eficacia de tratamiento de aguas industriales mediante el método de cavitación hidrodinámica con sistema de enfriamiento. Luego de ello, determinar la eficacia de tratamiento de aguas industriales mediante el método de cavitación hidrodinámica sin sistema de enfriamiento. Por último, determinar que parámetro ha tenido una mayor variación en su concentración.

II. MARCO TEÓRICO

SAXENA S. *et al.* (2018) en su artículo de investigación titulado “Enhanced synergistic degradation efficiency using hybrid hydrodynamic cavitation for treatment of tannery waste effluent”, donde claramente describe la representación esquemática de la Set-Raector HC, este consta de un bucle cerrado con bomba de presión de potencia de 1,1 kW, así también está equipado con una ranura Venturi dispositivo de cavitación, un tanque de 20 L de capacidad y fue provista de la camisa de refrigeración con el fin de mantener un rango de temperatura (30 ± 2).

MACASSI ALLASI, GIULIANA CECILIA, (2017). Mencionan que la Planta de Tratamiento de aguas Residuales PTAR “Doris Mendoza Paredes” ubicada en la provincia de concepción aplica el método de lodos activados para la anulación de la carga orgánica en las aguas residuales. Lo que comprende que cuando esto llega al tanque sedimentador, se hace uso de difusores de burbujas con la finalidad de incrementar los organismos biológicos los cuales pueden remover la materia orgánica, concluyendo el proceso con la comprobación que se encuentren debajo de los Límites Máximos Permisibles (LMP) para la DQO, DBO y solidos totales, siendo el principal indicador la contaminación. Después de ello, se aplica una alternativa viable como el empleo de nano-burbujas con el fin de suministrar oxígeno al sistema, para ello se toma muestras del tanque sedimentador, antes de su paso al sistema de aireación, donde se duelen superar los LMP para la DQO, DBO y solidos totales en 88, 59 y 138 mg/L. Desde este proceso, se brinda tratamientos alternativos con nano-burbujas y se observa su comportamiento en el sistema de tratamiento de aguas residuales para la eliminación de los contaminantes. Por ello, se opta valorar el comportamiento del sistema de nano-burbujas en el tratamiento para reducir los niveles de contaminantes en aguas residuales. Se obtuvo como resultado que las características del agua residual de PTAR “Doris Mendoza” tenían un pH de 7,8 manteniéndose en los estándares en el tanque sedimentador, por el otro lado los indicadores DQO, DBO y solidos totales superaron los LMP en 88, 59 y 138 mg/L, lo cual muestra la necesidad de seguir con el proceso de fermentación, sucesivamente con el proceso de lodos activos para mejorar su calidad.

GIRATA, GUEVARA & MACHUCA (2011), se dedicaron al estudio sobre el comportamiento del tratamiento de un reactor solar de película descendente a escala piloto en donde consideraron los siguiente parámetros concentración de catalizador, pH inicial y el factor de dilución de vinaza. La degradación mediante fotocatalisis heterogénea en el proyecto de vinaza se cuantificó a partir del carbono orgánico total, los sólidos totales y la turbidez. Se obtuvo una disminución del 12,33% de carbono orgánico; un incremento de la turbidez y sólidos totales de 16,50% y 12,93% respectivamente. Los resultados obtenidos mostraron un pH ácido, concentrado inicial de dióxido de titanio de 0.08 g/L y la concentración de vinaza del 10%. En contraste, se pudo apreciar el fenómeno de floculación por el pH básico, en estas condiciones se nota la formación de hidróxidos metálicos.

SILVIA ISABEL NIETO ZAPATA (2019); da a conocer con respecto a Sólidos Suspendidos Totales se obtuvo una reducción máxima de 82.82% para efluentes de la industria textil y una reducción máxima de 63.29% para efluentes de la industria de curtiembre, que comparados con Saxena, S. et al (2018), que claramente describe la representación esquemática de la Set-Raector HC, que consta de un bucle cerrado circulatorio con bomba de presión de potencia de 1,1 kW, equipado con un dispositivo de cavitación en un tanque de 20 L de capacidad y con 500 kPa de presión empleando 120 min de tratamiento, obtuvieron una reducción de 34.82% en sólidos suspendidos totales, demostrando que las técnicas aplicadas es ampliamente superior en eficiencia de reducción para éste parámetro. Con lo que respecta a Sólidos Suspendidos Totales se obtuvo una reducción máxima de 82.82% para efluentes de la industria textil y una reducción máxima de 63.29% para efluentes de la industria de curtiembre, que comparados con Saxena, S. et al (2018), que claramente describe la representación esquemática de la Set-Raector HC, que consta de un bucle cerrado circulatorio con bomba de presión de potencia de 1,1 kW, equipado con un dispositivo de cavitación en un tanque de 20 L de capacidad y con 500 kPa de presión empleando 120 min de tratamiento, obtuvieron una reducción de 34.82% en sólidos suspendidos totales, demostrando que las técnicas aplicadas es ampliamente superior en eficiencia de reducción para éste parámetro. También menciona que cuando las aguas residuales de la curtiduría se sometieron a tratamiento con HC solo a la presión óptima de 500 kPa

durante 120 minutos, se obtuvo una reducción máxima de 14.46% de DQO y 12.6% de TOC junto con una reducción en TDS y TSS, y un aumento en el valor de BI de 0.33 a 0,43 debido a la descomposición de las moléculas orgánicas más recalcitrantes en compuestos biológicamente degradables.

THALÍA ALEXANDRA, NUÑEZ ÁLVARO, (2017). El presente trabajo titulado “Tratamiento de aguas residuales de un Embotellamiento de Bebidas Carbonatadas aplicando nano-burbujas de aire”, tenía como objetivo general mostrar el tratamiento de aguas residuales de una embotelladora de bebidas carbonatas con la influencia de la aplicación de nano-burbujas de aire, con lo que se buscaba la disminución de parámetros de DBO5 y DQO respetando los parámetros de campo los cuales disponen la calidad de pH, temperatura, conductividad eléctrica y turbidez, el cual demostraría en estado se encuentra el agua residual. Esta investigación tuvo una metodología pre-experimental y de tipo aplicada. Se realizaron 3 muestra de 20 litros de agua residual, de las cuales se tomó 2 muestras una a los 45 min y otra a los 90 min después del tratamiento de nano-burbujas de aire. Los resultados indicaron que este tipo de tratamiento logra reducir de manera significativa la concentración de conductividad de un 8.4% de 2500 mS/cm a 2290 mS/cm, la concentración de DBO5 en un 99.89% de 1892.7 mg/L a 1.9 mg/L y por último la concentración de DQO en un 99.13% de 3681 mg/L a 32 mg/L

OSCAR YAEL BARRON GARCIA (Oct-2016). Menciona que el maíz es un cereal importante en la alimentación de mexicanos, siendo su cultivo en mayor presencia constituyendo un insumo para la ganadería y para obtención de numerosos productos industriales, por lo que, desde el punto de vista alimentario, económico, político y social, es el cultivo agrícola más importante (Galindo et al., 2012). Según el INEGI en el 2012 este producto agropecuario fue consumido alrededor de 26896 miles de toneladas. Debido a esto da como resultado una serie muy amplia de subproductos o residuos, ocasionando problemas de contaminación. Aborda el desarrollo y aplicación de un nuevo proceso para liberación de AXs a partir de pericarpio de maíz, obteniendo productos de alto valor agregado de un desecho agroindustrial. De los extractos enzimáticos evaluadas, dos resultaron viables para el propósito del estudio, la hemicelulasa y la xinelasa, siendo la primera con mayor

efectividad en la hidrólisis del pericarpio de maíz. La segunda resulto ser un extracto enzimático de gran interés debido a su pureza y especificidad sobre el xilano y el arabinoxilano. Luego se desarrolló un nuevo método para la cuantificación de zeína, utilizando una Endo proteasa para hidrolizar la proteína y obtener un estándar de zeína, que puede ser analizado por el método de genipina para cuantificación de grupos amino libres. Este método puede ser una alternativa a los métodos de cuantificación por turbidimetría. La cavitación hidrodinámica resulto favorable para la extracción de proteínas presentes en el pericarpio de maíz, además se observó efectos positivos cuando se trabajó a tiempos cortos, al incrementar el tiempo aumento la temperatura teniendo efectos negativos sobre el material con el que se esté trabajando, también es posible generar arabinoxilanos a partir de la combinación de la cavitación hidrodinámica con tratamientos enzimáticos, tratándose de un método alternativo y ecológico.

ALEJANDRO ZULUAGA MEZA (2019). Menciona que el ascenso de la población en la edad moderna ha llevado a un incremento en la producción de bienes, consumidos para suplir ciertas necesidades de la sociedad. Dado esto se aumentó la generación de residuos sólidos, resultado de estas actividades antropogénicas, los residuos tienen una disposición final en los rellenos sanitarios, en los cuales se ocasiona una acumulación de residuos donde inciden precipitaciones de lluvias, ocasionadas por los lixiviados generados por percolación y arrastre de compuestos orgánicos e inorgánicos. El proceso de Cavitación Hidrodinámica se lleva a cabo en un reactor conocido como Cavitador Hidrodinámico, en lo general cuenta con una sección forzada que varía según su diseño, añadiéndole una válvula de estrangulación, placas de orificios o el más común un tubo Venturi, en esta se conduce el líquido generando un 16 aumento en su energía cinética debido a la reducción del área de flujo y por consiguiente disminución de presión, generando microburbujas las cuales colapsa e implotan, alcanzando temperaturas y presiones muy altas en cuestión de microsegundos.

ESTEBAN LAFUENTE, HÉCTOR LÓPEZ (2018). En las últimas décadas, se han hecho esfuerzos concentrados por investigadores alrededor del mundo para provechar los espectaculares efectos de la cavitación hidrodinámica en transformaciones físico/químicas. Jyoti y Pandit (2001) investigaron la aplicación de

la cavitación para la desinfección de agua de pozo en diferentes reactores de cavitación utilizando una placa orificio y compararon su eficacia con el tipo de reactor ultrasónico, obteniendo como resultado que la cavitación hidrodinámica se puede utilizar para un mayor desarrollo frente a la cavitación ultrasónica que requiere más energía y por lo tanto un costo más elevado al momento de utilizarlo [2]. Arrojo et al. (2005) a investigado el efecto de la cavitación hidrodinámica como un proceso de oxidación avanzada utilizando diferentes diseños de cámara de cavitación como placas orificio, tubos Venturi y placas de impacto, llegando a determinar que, debido a las condiciones de presión y temperatura extremas dentro de las burbujas, el agua se disocia en radicales H y OH, provocando un desinfectante muy fuerte que actúa de manera irremediable en los componentes celulares. La cavitación parece ser una técnica prometedora para la desinfección del agua. Al ser un método no químico, su uso no permite la formación de subproductos tóxicos, como es el caso de los tratamientos químicos que utilizan cloro. Es un proceso energéticamente eficiente y viable, por lo tanto, puede considerarse como una técnica potencial para un esquema de tratamiento de agua a gran escala. Se comprobó la aplicabilidad del fenómeno de cavitación hidrodinámica como un proceso bactericida, al tomar muestras del río Santa Clara y someterlas al tratamiento durante 65 minutos a distintas presiones. Adicionalmente se identificó que para una mayor presión de descarga el proceso mejora su eficiencia; así, para una presión de descarga de 2 bar se alcanzó una desinfección del 72.8%, mientras que para una presión de 3 bar se alcanzó el 99.5% de desinfección. Por otro lado, cabe recalcar que la cavitación no provee una protección residual, por lo que una mínima cantidad de bacterias viables pueden producir un rebrote de población.

LUZ VIRLENICE PEREA ROMERO (2016). Menciona que uno de los problemas fundamentales son generados por el vertimiento de lixiviados en una fuente hídrica natural, debido a que ocasiona una disminución en el Oxígeno Disuelto (OD) lo que afecta directamente la vida vegetal y animal en el ecosistema, ya que la disposición de la materia orgánica representada como COT ejerce una alta demanda de OD en el cuerpo hídrico durante el proceso de mineralización de la materia prima. Esta base busca como objetivo, evaluar la Cavitación Hidrodinámica como técnica de oxidación avanzada para el tratamiento de remoción del COT presente en los

lixiviados del relleno sanitario Doña Juana en la ciudad de Bogotá D.C. A lo largo de la disposición final de los residuos sólidos hacia el relleno sanitario, se genera los lixiviados los cuales requieren y demandan una atención por sus grandes cantidades de materia orgánica, nitrógeno amoniacal, metales pesados y sales. A consecuencia de esto se buscó evaluar un reactor de cavitación hidrodinámica a escala de laboratorio para la eliminación del Carbono Orgánico Total, el cual estaba presente en los lixiviados generados en el relleno sanitario Doña Juan, como resultado del proceso, en el cual se aplicó el ANOVA para resultados experimentales, se concluyó que tenía un grado de 99.9% de significancia, el cual nos muestra que existe una diferencia significativa sobre el porcentaje de eliminación promedio de COT en los diversos ensayos realizados, en otras palabras, con respecto al ANOVA, la forma de los orificios de las placas de cavitación y el pH inicial del lixiviado tienen relación con el porcentaje de la remoción promedio lograda en las distintas condiciones experimentales analizadas.

JUAN ALBERTO DOMÍNGUEZ MARTÍNEZ (2018) El fenómeno hidrodinámico, el cual no presenta cambio de temperatura, se produce cuando el agua o cualquier otro líquido se transporta a gran velocidad a una región donde su presión local sufre una disminución de su valor, la cual será menor a la tensión de sus vapores, como resultado sus moléculas cambiarán inmediatamente a un estado de vapor dando lugar al surgimiento de cavidades (burbujas) de vapor en su seno, constituyendo una estructura bifásica (líquido-vapor) y seguido de una condensación y colapso de las burbujas, a consecuencia de ser arrastradas con el fluido a regiones de presión más altas, el vapor regresará a su estado original de manera natural, “aplastando” bruscamente las burbujas (colapso) impresionan en este tiempo se caracteriza por la intensidad de la turbulencia, formación de vórtices y pulsaciones de velocidad , presión y temperatura.

BR. SILVIA ISABEL NIETO ZAPATA (2019), da a conocer que en lo concerniente al parámetro químico de aceites y grasas, en efluentes de la industria textil se logró una reducción máxima de 93% de este parámetro aplicando 133.33 recirculaciones en 60 minutos y en efluentes de la industria de curtiembre se logró una reducción máxima de 80.56% de este parámetro aplicando 133.33 recirculaciones en 60 minutos, donde claramente se puede apreciar grandes valores de porcentaje de

reducción cumpliendo lo establecido en el Decreto Supremo N° 010-2019-VIVIENDA para efluentes de textil y en el Decreto Supremo N° 003-2002-PRODUCE para efluentes de curtiembre respectivamente.

WUN (2006) las aguas residuales industriales (incluyendo las aguas procedentes por actividades agroindustriales) son efluentes dados por actividades humanas, las cuales están asociadas a procesos y operaciones para la fabricación de materia prima. Estos son originador por lavados, cocciones, enfriamientos, calentamientos, extracciones, subproductos de reacción, separaciones, transportes y controles de calidad que ocasionan el rechazo del producto.

OEFA (2014) el resultado proviene del desarrollo de un proceso u operación para la producción de un producto, abarcando también las aguas residuales provenientes de otras actividades como agrícolas, agroindustriales, mineras, energéticas, entre otras.

DISEPROSA (2014) Constituido por un conjunto de operaciones unitarias que pueden ser físicos, químicos o biológicos, las cuales tiene como objetivo reducir las concentraciones de contaminantes o componentes indeseables en una sustancia en este caso “el agua”, ya se dé providencia natural, de abasto, de un proceso o como residual.

Aplicando la ecuación de Young-Laplace, la presión en una burbuja cuyo diámetro es “d” aumenta la presión circundante debido a la tensión superficial σ .

$$\Delta P = \frac{4\sigma}{d}$$
$$P = P_I + \frac{4\sigma}{dB} \dots\dots\dots (1)$$

TSUGE (2014) con el tamaño de burbuja decreciente, la presión en la burbuja aumenta. Con el tamaño de la burbuja decreciente, la presión parcial del componente de gas disuelto, en otras palabras, la fuerza motriz de la disolución, aumenta y el gas se disuelve fácilmente.

Cabe mencionar que el P_I es la presión del líquido.

Velocidad de ascenso; ascendente de un Micro y Nanoburbujas depende de las propiedades físicas de los líquidos. Por lo que se aplica la ecuación de Stokes:

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

A continuación, se mencionaran las características del agua:

BUREAU (2008) la temperatura consta de tres escalas representativas, las cuales son la escala Kelvin °K, la escala Celsius °C y la escala Fahrenheit °F. Se menciona que el punto de enfriamiento del agua en escala Fahrenheit es 32 °F y el punto de hervor del agua es de 212 °F; en contraste, el punto de enfriamiento del agua en la escala Celsius es de 0 °C y el punto de hervor del agua es 100 °C y finalmente el punto en la escala Kelvin, el 0°K representa el cero absoluto, esta es la temperatura más baja, por ello el punto de enfriamiento del líquido es de 273 k 15°K y el punto de hervor del líquido es del 373.15 °K (Moeller, 1980, p. 11). Este es un componente que participa en la regulación de procesos naturales en medios marítimos, por lo cual se determina el desarrollo de las propiedades físicas, químicas y biológicas.

BUREAU (2008) El termino pH fue originalmente nominado como un valor numérico del exponente, el cual no tenía un signo definido, de la concentración de iones de hidrogeno en la base 10. El pH es la potencia de [H+] 10. En la actualidad el término es expresado como logaritmo negativo a la base 10 del movimiento dado por los iones de hidrogeno presentes en la solución. Se expresa su definición por medio de una ecuación: pH= -log aH+ (Davenport, 1974, p.17). Esta expresión da a conocer una condición básica o acida de un sistema acuoso, la variación podría afectar a especies aledañas, adicionalmente los valores del pH que se encuentran en las aguas superficiales pueden presentar variaciones entre 6,5 y 7,9.

RIGOLA (1990) Es la medición sobre la capacidad de conductividad que posee el agua para conducir electricidad mediante ella (Rigola, 1990, p. 28)

RIGOLA (1990) Es la limitación que tiene el agua para emitir una fuente de iluminación como resultado de elementos inseparables en el estado de suspensión, coloidal o muy fino, que se presentan en aguas superficiales.

IDEAM (2007) Los sólidos coloidales incluyen el lino fino, bacterias, partículas que causan color, virus, etc., los cuales no sedimentan en un largo periodo, y su resultado se interpreta por el color y turbiedad de aguas sedimentadas sin coagulación. En contraste, los sólidos disueltos conformados por materia orgánica e inorgánica son invisibles por separado, no son sedimentados y generalmente causan problemas de olor, sabor, color y salud, a menos que estos sean precipitados y removidos por métodos físicos y químicos.

ANA ARCE (2000) Las grasas y aceites son compuestos orgánicos formados principalmente por los ácidos grasos procedentes de animales y vegetales, como también de hidrocarburos de petróleo, tiene como características principales su baja densidad, poca solubilidad en el agua y una baja o nula biodegradabilidad.

JIMÉNEZ (2005) la oxidación química de la materia orgánica e inorgánica requiere una cierta cantidad de oxígeno, la cual se representa en mg/L donde se empleara un oxidante (dicromato potásico) que se evalúa en aproximadamente tres horas. (Jiménez, 2005, p.135)

JIMENEZ (2005) la Demanda Química de Oxígeno (DQO) es la cantidad de concentración de componentes las cuales podrán ser atacadas por un oxidante fuerte ($K_2Cr_2O_7$) mediante agua a temperaturas altas ($350\text{ }^{\circ}C$). Generalmente, la DQO suele ser mayor a la DBO5. Dado un ejemplo, en las industrias papeleras los valores de DQO pueden ser altos, ya que sus vertimientos poseen celulosa, la cual es un compuesto orgánico poco biodegradable.

MARA (2004) la demanda química de oxígeno se da como resultado del agua residual el cual tiene una solución de dicromato de ácido hirviendo. Este proceso consta de oxidar todos los compuestos orgánicos para obtener dióxido de carbono y agua.

DOMÈNECH (2006) forma parte de una oxidación química de unas sustancias oxidables que contiene la muestra, esta es determinada mediante la valoración redox de la muestra con la ayuda de un oxidante químicamente fuerte.

SEDAPAL (2009) son concentraciones de las sustancias físicas y químicas que establecen los parámetros en un agua residual no doméstica, las cuales serán destinadas hacia la red de alcantarillado sanitario, pero si estas presentan un

excedente sobre estándares aprobados podrían causar algún deterioro para la infraestructura, instalación sanitaria, tratamiento de efluente, etc.

A continuación, se mencionará el tipo de refrigeración que veremos:

FRIONLINE.NET (2015) los refrigerantes empleados en los años de 1980 hasta 1929 fueron los gases altamente tóxicos como el amoníaco (NH₃), cloruro de metilo (CH₃Cl) y dióxido de sulfuro (SO₂), los cuales ocasionaban accidentes fatales en la década de 1920, como fueron las fugas del cloruro de metilo (CH₃Cl), como consecuencia de estos desastres tres corporaciones Americanas, comenzaron la búsqueda de algún método menos peligroso. En 1989, surgieron dos nuevos refrigerantes conocidos como CFC y HCFC, los cuales son una mezcla orgánica, conformada por elementos de carbono y flúor, y mayormente compuestos por otros halógenos (generalmente el cloro) e hidrogeno. Los CFC Y HCFC mayormente son incoloros, sin aroma, no flamantes y no corrosivos, ya que estos poseen poca toxicidad la cual elimina la posibilidad de muerte por su fuga en un refrigerador. Unos años después, los compresores que contenían el CFC se transformaron en tamaño estándar por lo cual podrían ser utilizadas en las cocinas hogareñas. Luego de ello, esto fue introducido en una serie de productos de refrigerantes como R11, R13, R114 y R22, las cuales se propagaron en las industrias de refrigeración y aire acondicionado. Con la llegada del Protocolo de Montreal, los refrigerantes HFC se produjeron entre los años 1980 y 1990 como alternativa para los CFC Y HCFC.

HFCs:

R- 23, R- 134a, R- 404A , R- 407A , R- 407C , R- 410A , R- 422B , R- 422C , R- 422D , R- 507, R- 508B.

OROZCO CERROS, S.L, BARRERA-ANDRADE, J.M., VALDERRAMA AGUILAR, G., GARCIA MACEDO, J. A., RIO ENRIQUEZ, M. A, DURAN DE BAZUA, M. C. (2010) el foto-catalizador de óxido de titanio (TiO₂) dopado con iones de hierro fue soportado por una matriz de sílice (Fe/TiO₂/SiO₂), el cual fue preparado por la técnica sol-gel con una relación molar de 0.01:0.02:1 con relación al sílice. El soporte de sílice pirogénica poseía un tamaño de partícula de 0.007 µm y su área superficial era de 390 ± 40 m² g⁻¹.

ISABEL GIL ALONSO (2014) los iones son átomos o moléculas, las cuales poseen una carga positiva o negativa, por ello se dice que tienen carga eléctrica. En su mayoría estas pueden considerarse como impureza las cuales deben eliminarse, debido que en estas circunstancias el agua se usaría para la limpieza o como ingrediente. Los iones que poseen carga positiva son denominados como “cationes”, en contraste, los que poseen una carga negativa llenan el nombre de “aniones”. La eliminación de los cationes y aniones se realiza por medio de la resina de intercambio iónico, el cual cambia a estos por el hidrogeno (H^+) e hidróxido (OH^-), respectivamente, lo que trae como consecuencia un agua libre de carga eléctrica.

TP - LABORATORIO QUÍMICO (2020) un pH metro, también conocido como medidor de pH, es aquel instrumento el cual tiene la capacidad de medir la actividad de iones de hidrogeno en soluciones acuosas, este indicara su grado de acidez y la alcalinidad en pH. Este instrumentó científico cuenta la diferencia del potencial eléctrico de un electrodo de pH y un electrodo de referencia, esta distinción de potencial eléctrico será vinculado con la acidez de del pH de la sustancia. El pH metro suele ser de gran utilidad en la experimentación a nivel de laboratorio hasta control de calidad.

MIGUEL RIGOLA LAPEÑA (1990) *MIGUEL RIGOLA LAPEÑA (1990)* Todo proceso industrial necesita alguna características especial del agua, las cuales deben estar libres de contaminantes. Por ello el agua es sujeta a tratamientos de purificación para la eliminación de estos contaminantes. Sin embargo, durante los procesos industriales igualmente se adquieren nuevos contaminantes al agua.

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

3.1.1. Tipo de investigación:

La investigación aplicada es aquella que tiene como enfoque establecer los medios como métodos, protocolos y tecnologías, los cuales podrán solucionar una necesidad específica y reconocida, mediante la aplicación de los conocimientos adquiridos (CONCYTEC, 2018, p. 1).

Por lo tanto, nuestra investigación, se encontró dentro de una investigación aplicada puesto que se pretendió dar a conocer el método de cavitación hidrodinámica como una alternativa de proceso avanzado de oxidación, para tratar de manera más eficiente los contaminantes presentes en un efluente líquido proveniente de agregados de la industria de construcción.

3.1.2. Diseño de investigación:

El diseño de la investigación establecerá los lineamientos que se aplicarán para obtener información (resultados) que permita responder a la pregunta de la investigación. El diseño experimental, por medio de la manipulación de una o varias variables independientes analizará sus consecuencias sobre una o varias variables dependientes bajo condiciones controladas por el investigador (HERNANDEZ, 2010, p. 121).

Bajo ese enfoque se desarrolló nuestra investigación; debido a que estableció una relación de causa y efecto de un fenómeno por medio de la observación y análisis, es decir que la razón (método de cavitación hidrodinámica) ocasionará un impacto (tratamiento de aguas industriales) ya sea negativo o positivo y está será determinada a través del análisis de su proceso.

3.2. Variables y operacionalización

Las variables que se determinaron para el estudio, se clasificaron en las siguientes categorías:

3.2.1. Variable Independiente: Método de cavitación hidrodinámica.

Se determinó como variable independiente, puesto que estableció los cambios en la variable dependiente.

3.2.2. Variable Dependiente: Tratamiento de aguas industriales.

Se determinó como variable dependiente, debido a que fue afectada por la presencia de la variable independiente.

Para la operacionalización de las variables, se elaboró una matriz ubicada en **Anexos**.

3.3. Población, muestra y muestreo

3.3.1. Población:

Para la investigación de estudio, la población estuvo constituida por el total de 15 m^3 aguas industriales derivadas de agregados de construcción de la empresa UNICOM, almacenadas en su centro de acopio de efluentes y la muestra fue sustraída bajo los protocolos correspondientes.

3.3.2. Muestra:

La muestra que se utilizó, fue de 160 litros para todo el experimento la cual fue por cada experiencia, este volumen fue determinado en función a la capacidad del motor empleado en el sistema de cavitación hidrodinámico.

La experiencia estuvo determinada en 8 tratamientos, ya que se realizó con el método de cavitación hidrodinámica 4 tratamientos con sistema de enfriamiento y 4 tratamientos sin sistema de enfriamiento.

3.3.3. Muestreo:

Se aplicó un muestreo no probabilístico; ya que la unidad muestra a ser estudiada fue elegida bajo los criterios del investigador (agua industrial derivada de agregados de construcción) y obtenida de una sola fuente (centro de acopio de efluentes)

3.3.4. Unidad de análisis:

La unidad de análisis estuvo sujeta a la evaluación de las muestras tomadas para los siguientes parámetros: 10000 ml para Sólidos Suspendidos Totales “SST” (mgSTS/L), 100 ml para Demanda Química de Oxígeno “DQO” (mgO₂/L), y 500 ml para Aceites y Grasas (mg/L).

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.4.1. Técnica de recolección:

La técnica de observación consiste en observar atentamente el fenómeno, hecho o caso, tomar información y registrarla para su posterior análisis; en ella se apoya el investigador para obtener el mayor número de datos (HUAMAN, 2005, p. 13)

La técnica que se usó para la recolección de datos estuvo en base a la observación experimental; ya que la variable independiente fue manipulada para obtener el mejor resultado que afectó de forma directa a la variable dependiente. De igual forma, se realizó una medición directa a las muestras obtenidas para evaluar parámetros en campo como: ph y sólidos totales disueltos, antes de su análisis en el laboratorio.

Por lo tanto, nuestra investigación, se encontró dentro de una investigación aplicada puesto que se pretendió dar a conocer el método de cavitación hidrodinámica como una alternativa de proceso avanzado de oxidación, para tratar de manera más eficiente los contaminantes presentes en un efluente líquido proveniente de agregados de la industria de construcción.

3.4.2. Instrumento de recolección:

Los instrumentos de recolección que se emplearon para esta investigación fueron los siguientes:

- Ficha de recolección de datos en campo: Empleada para el levantamiento de información inicial durante la etapa de tratamiento de aguas industriales por cavitación hidrodinámica.
- Formatos de análisis de los parámetros STS, DQO y aceites y grasas: Empleada para el levantamiento de información final después de la etapa de tratamiento de aguas industriales por cavitación hidrodinámica.
- Formatos de cadena de custodia para análisis de muestras: Empleada para la entrega de las muestras al Laboratorio para su etapa de análisis.

3.5. Procedimientos

3.5.1. Ubicación e identificación de la zona para toma de muestra:

A efectos de estudio se coordinó con la empresa GMIngesac, encargada de recolectar y almacenar las aguas industriales de UNICOM, para la extracción de muestra. Se georreferenció las coordenadas Sur: 11°58'39", Este: 77°01'02" de la zona ubicada en el Distrito de San Juan de Lurigancho, Lima. Como se observa en la **Figura 1**.



Figura 1: Empresa GMIngesac (Google Earth 2020)

3.5.2. Recolección de la muestra:

Se extrajo la muestra de agua industrial requerida (160 litros) para ser tratada a través del método de cavitación hidrodinámica y se almacenó en los envases correspondientes, **Figura 2**. La toma de muestra de agua se realizó bajo los lineamientos del Protocolo Nacional de Monitoreo de Calidad del Agua (2016)



Figura 2: Extracción de muestra (Autor propio)

3.5.3. Tratamiento de agua industrial:

Con la finalidad de brindar un mayor aporte al trabajo de investigación, la muestra obtenida fue dividida en dos partes, en ambos casos el tratamiento realizado fue por cavitación hidrodinámica con enfriamiento y por cavitación hidrodinámica sin enfriamiento; no obstante, para el segundo grupo se le adicionó al proceso Dióxido de Titanio (TiO_2) y se trabajó a diferencia de un mes con el primer grupo. A continuación se detalla el proceso experimental:

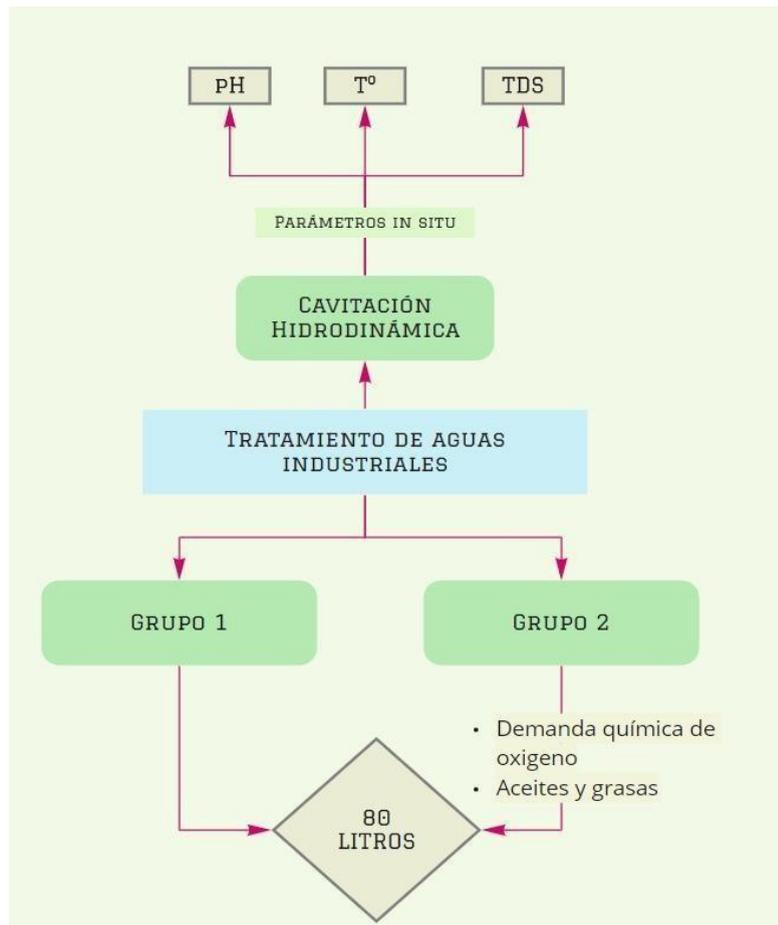


Figura 3: Diagrama de Flujo, Procedimiento de Tratamiento de Aguas Industriales

GRUPO 1 (02-10-2020):

En la primera etapa se tomó los parámetros de pH, sólidos totales disueltos (TDS) y temperatura de la muestra del primer grupo (80 litros, sin tratamiento); como se observa en la **Figura 4** y **Figura 5**; y se almacenó las siguientes cantidades para su análisis en laboratorio:

Tabla 1: Muestra para laboratorio

| Parámetro | Envase | Cantidad | Preservación |
|-----------------------------|-------------------------|----------|---|
| Aceites y grasas | Frasco vidrio de 500 ml | 500 ml | Adicionar aprox. 2.5 ml (50 gotas) H ₂ SO ₄ |
| Demanda Química de Oxígeno | Frasco PVC de 120 ml | 100 ml | Adicionar 0.5 ml (10 gotas) H ₂ SO ₄ |
| Sólidos Suspendidos Totales | Frasco PVC de 1 L. | 1000 ml | Almacenar de >0°C a <=4°C |

Fuente: Autor propio



Figura 4: Toma de pH, STS y T°C – GRUPO 1 (Autor propio)



Figura 5: Almacenamiento para laboratorio – GRUPO 1 (Autor propio)

Como segunda etapa, **Figura 6**, se realizó un pre filtrado de la muestra en un balde de 20 litros y luego fue almacenado en un recipiente de mayor capacidad (80 litros).



Figura 6: Filtrado de muestra – GRUPO 1 (Autor propio)

Luego en la tercera etapa de tratamiento se trabajó con 20 litros de la muestra, tal como se aprecia en la **Figura 7** y **Figura 8**. Se programó 4 tratamientos: 2 con sistema de enfriamiento y 2 sin sistema de enfriamiento, en donde se tomaron datos de presión, temperatura y caudal, establecidas por controladores de presión y flujo instaladas en el sistema.



Figura 7: Muestra a tratar – GRUPO 1 (Autor propio)



Figura 8: Toma de datos durante el tratamiento – GRUPO 1 (Autor propio)

Como última etapa se tomaron los parámetros de pH y sólidos disueltos de las muestras y se almacenó las cantidades indicadas en la **Tabla 1** para su análisis en laboratorio, para los 4 tratamientos correspondientes. Adicional a ello, se tomó 3 muestras después de cada tratamiento para evaluar los siguientes parámetros: sólidos totales suspendidos “STS”

(mgSTS/L), Demanda Química de Oxígeno “DQO” (mgO₂/L), y aceites y grasas (mg/L).

GRUPO 2 (11-11-2020):

La metodología experimental fue similar al primer grupo y se trabajó con los 80 litros restantes. El punto donde se realizó una variación en el procedimiento, fue en la segunda etapa donde se realizaron tres pre-filtrados en un balde de 20 litros y posteriormente almacenado en un recipiente de mayor capacidad (80 litros), luego se trasladó en el tanque de almacenamiento del sistema cerrado, para su recirculación mediante el soporte de una bomba con capacidad de movimiento de 20 litros. Para el monitoreo de flujo y presión, el sistema contaba con controladores de medición, **Figura8**, para la toma de data in situ.

Adicional a ello, se agregó una solución de Dióxido de Titanio (TiO₂) a la muestra, se trabajó con 160 gr de TiO₂ (2 gr por litro) disueltos en 500 mililitros de agua destilada que fue añadido a la muestra.

3.6. Método de análisis de datos

El procesamiento de información se realizó mediante un análisis estadístico descriptivo, para ello se utilizará la herramienta informática Microsoft Excel que nos permitirá elaborar cuadros comparativos y ordenar los datos para su correcta interpretación. Asimismo, se realizó una prueba de normalidad de los datos obtenidos para luego realizar una prueba estadística de diferencias de grupo por medio del programa SPS.

3.7. Aspectos éticos

Esta investigación se basó bajo los principios estipulados en el Código de Ética del Colegio de Ingenieros del Perú. Se respetó la propiedad intelectual que refuerza la investigación, mediante el sistema ISO y en base a los lineamientos fijados por la

Universidad César Vallejo se usó el aplicativo TURNITIN a fin de validar la autenticidad del trabajo.

De igual forma toda data que se expresé es verídica, ya que fue obtenida a través de los mecanismos descritos y contará con validación profesional. Asimismo, la confiabilidad de los equipos que se emplearon se validó mediante los certificados de calibración, lo que garantiza la precisión de los resultados.

Por ello la información presentada no tendrá data o texto manipulado, que incurra en una falta para la ética.

IV. RESULTADOS

4.1 Análisis inicial de tratamiento.

En campo se determinó la codificación de cada tratamiento de la muestra de agua como se observa en la **Tabla 2**.

Posterior a ello, se optó con anticipación llevar antes de tratamiento muestras al laboratorio para el análisis de STS (Sólidos Totales Suspendidos), DQO (Demanda Química de Oxígeno), y Aceites y grasas, con el propósito de determinar dichos parámetros como referencia inicial. Además, se adicióno la medición en campo de pH, TDS (Sólidos Totales Disueltos) y temperatura; como figura en la **Tabla 2**. Una vez iniciado el tratamiento de cavitación hidrodinámica por método Venturi, en paralelo se hizo mediciones de intervalos de 10 minutos, tomando la data de Temperatura (°C), Presión (Bar) y Caudal (L/min) como se puede apreciar en la **Tabla 3, Tabla 4, Tabla 5 y Tabla 6**.

4.2. Medición de parámetros de pH, sólidos totales disueltos (TDS) y temperatura en muestra inicial y muestras trabajadas

Tabla 2: Parámetros de pH, sólidos totales disueltos (TDS) y temperatura

| | Grupo 1 (02-10-2020) | | | Grupo 2 (11-11-2020) | | |
|--------------|----------------------|-----------|------------|----------------------|-----------|------------|
| | pH | TDS (ppm) | Temp. (°C) | pH | TDS (ppm) | Temp. (°C) |
| E1 | 4.50 | 1230 | 19.4 | 4.30 | 247 | 20.3 |
| V1-CE | 4.46 | 1280 | 22.8 | 4.45 | 287 | 35.6 |
| V1-SE | 4.25 | 1420 | 23.5 | 4.40 | 249 | 36.7 |
| V2-CE | 4.29 | 1390 | 20.3 | 4.51 | 248 | 28.6 |
| V2-SE | 4.23 | 1450 | 21.6 | 4.55 | 246 | 36.3 |

Fuente: Autor propio

- CE: Con Enfriamiento
- SE: Sin enfriamiento

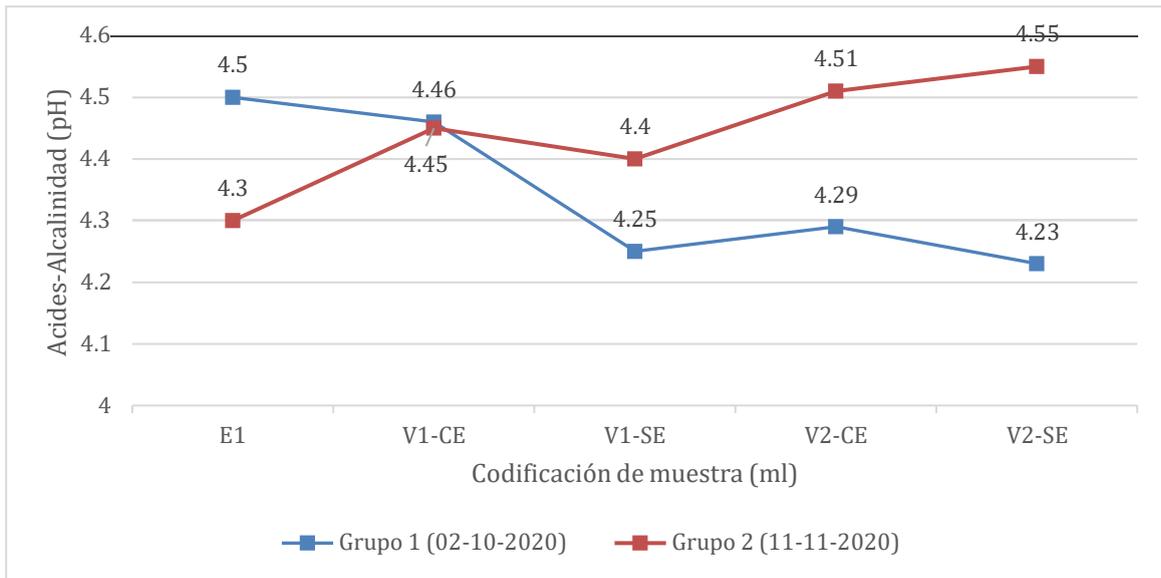


Figura 9: Niveles de Alcalinidad – basicidad (pH) (Autor propio)

En la **Figura 9**, se pudo observar en el grupo 1 un declive del pH, ocasionando un aumento de acidez en cada tratamiento, siendo su mayor descenso cuando no se utiliza el sistema enfriamiento (SE) como se observó en el V2 – SE con pH: 4.23. Mientras que en el grupo 2 se manifiesta un ascenso del ph, lo que generó una disminución de acidez, bajo las mismas condiciones del sistema sin enfriamiento en el V2-SE con pH: 4.55, debido a la adición de Dióxido de Titanio (TiO₂).

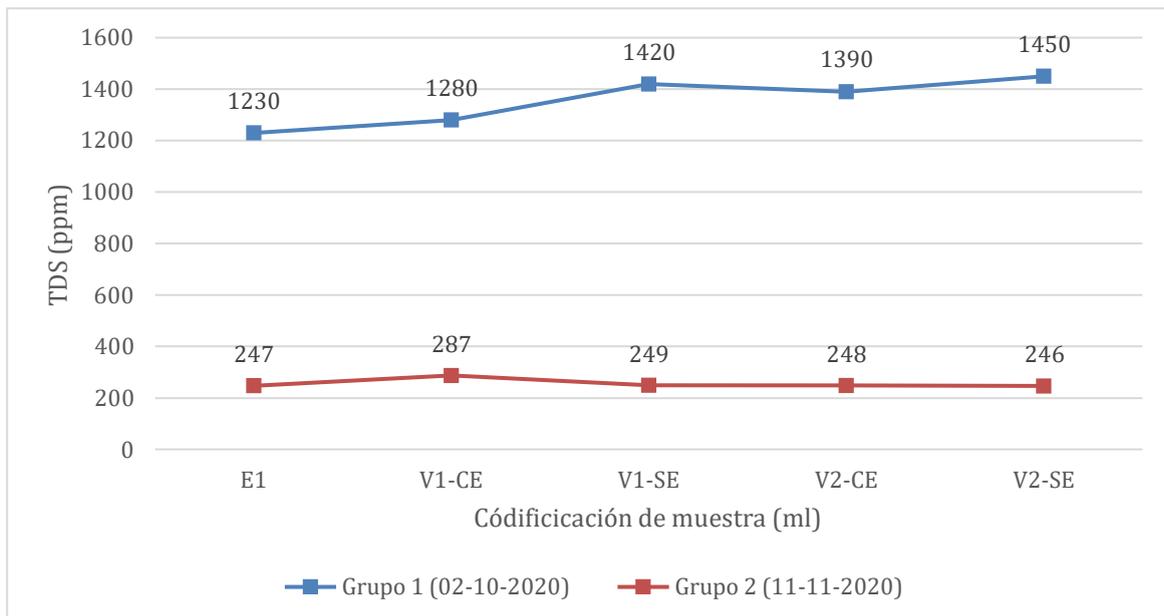


Figura 10: Niveles de Sólidos Totales Disueltos - TDS (ppm) (Autor propio)

En el **Figura 10**, en el grupo 1, se obtuvo un ascenso en la cantidad de Sólidos Totales Disueltos (TDS) en el agua tratada, ya que se encuentra mayor ppm cuando no se utilizó el sistema de enfriamiento (SE), tal como se muestran en el V2-SE con 1450 ppm. Para el caso del grupo 2 el cual contenía Dióxido de Titanio (TiO₂), se muestran un alza cuando se empleó el sistema de enfriamiento (CE), como se observó en el V1-CE con 287 ppm.

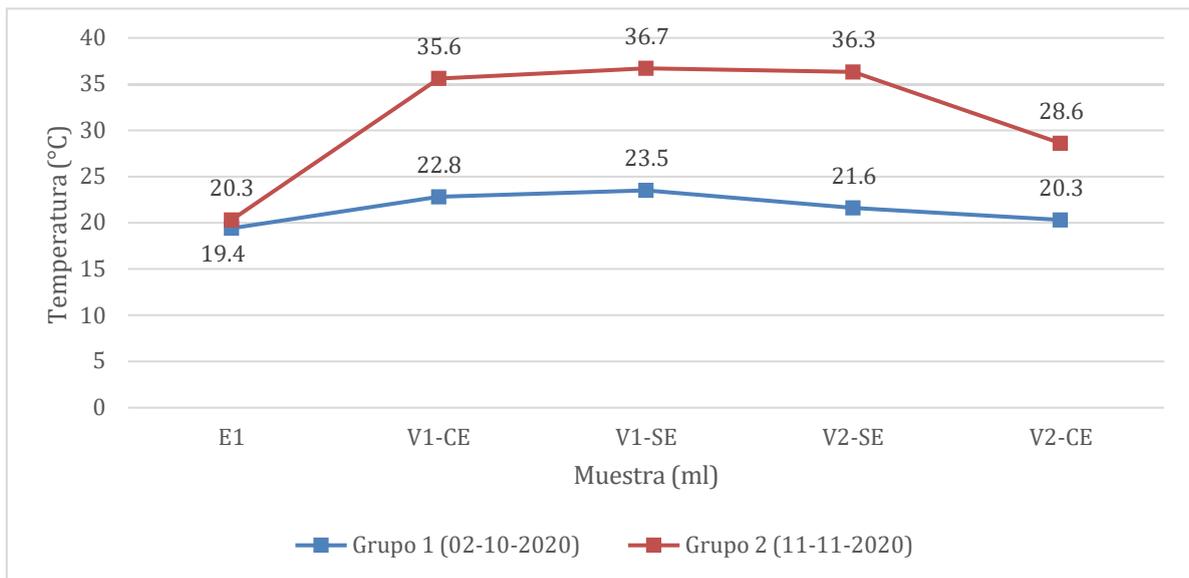


Figura 11: Niveles de temperatura (°C) (Autor propio)

En el **Figura 11**, grupo 1, se observó una elevación en la temperatura (°C) en la muestra tratada, cuando no se utilizó el sistema de enfriamiento (SE), tal como se muestran en el V1-SE con 36.7°C y un ligero descenso en el V2-SE con 36.3. En el grupo 2 se manifiesta la misma dinámica en los puntos mencionados pero con una mayor diferenciación en las temperaturas.

4.3. Medición de parámetros con sistema de enfriamiento durante el proceso de cavitación hidrodinámica

En base a la experimentación desarrollada en campo, bajo tratamiento de cavitación hidrodinámica con sistema de enfriamiento, se obtuvieron los siguientes resultados en intervalos de 10 minutos, para el V1-CE (**Tabla 3**) y para el V2-CE (**Tabla 4**):

Tabla 3: Parámetros base V1-CE

| Tiempo (minutos) | Grupo 1 (02-10-2020) | | | Grupo 2 (11-11-2020) | | |
|------------------|----------------------|------------------|--------------|----------------------|------------------|--------------|
| | Presión (Bar) | Temperatura (°C) | Caudal (L/s) | Presión (Bar) | Temperatura (°C) | Caudal (L/s) |
| 09:41 | 4.2 | 19 | 40 | 3.8 | 31 | 35 |
| 09:51 | 4.2 | 22 | 40 | 3.8 | 33 | 35 |
| 10:01 | 4 | 25 | 40 | 3.7 | 34 | 35 |
| 10:11 | 4 | 27 | 40 | 3.7 | 35 | 35 |
| 10:21 | 4 | 29 | 40 | 3.7 | 37 | 35 |
| 10:31 | 4 | 30 | 40 | 3.7 | 37 | 35 |
| 10:41 | 4 | 31 | 40 | 3.7 | 38 | 35 |
| 10:51 | 4 | 33 | 40 | 3.7 | 38 | 35 |
| 11:01 | 4 | 34 | 40 | 3.7 | 39 | 35 |
| 11:11 | 4 | 35 | 40 | 3.7 | 39 | 35 |

Fuente: Autor propio

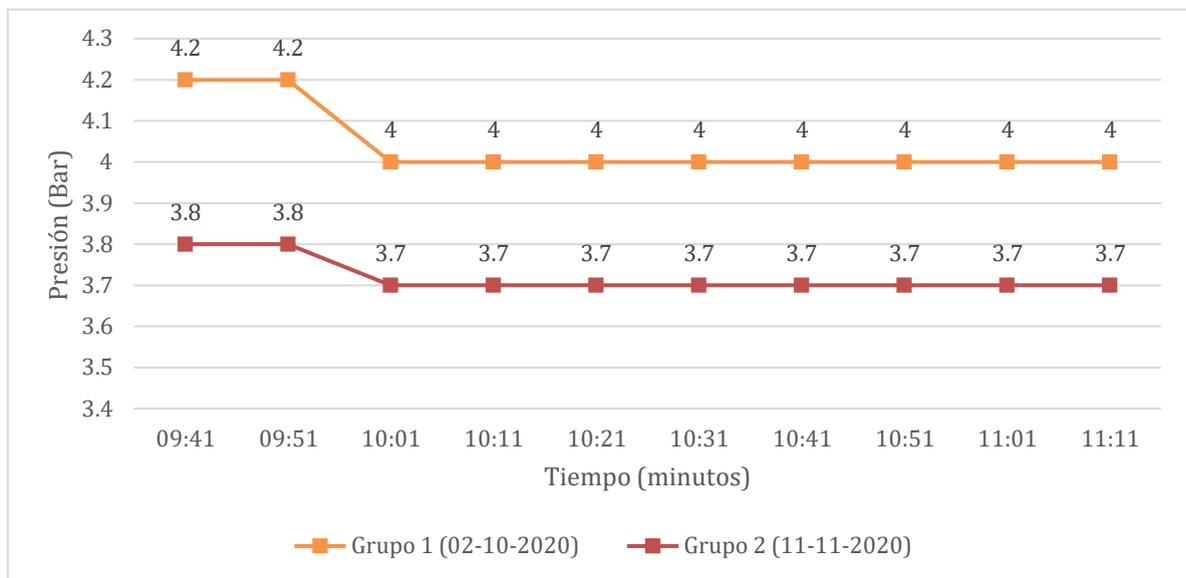


Figura 12: Presión vs Tiempo V1-CE (Autor propio)

La **Figura 12**, mostró que no hubo un cambio de presión en gran medida teniendo una variación 0,2 Bar en el inicio (09:41 hrs) hasta el minuto 20 (10:01 hrs) en el grupo 1 y una variación 0,1 Bar en el grupo 2 en el mismo tiempo, de igual forma a partir de las 10:01 hrs la presión se mantuvo constante hasta el final (11:11 hrs) del muestreo en ambos casos.

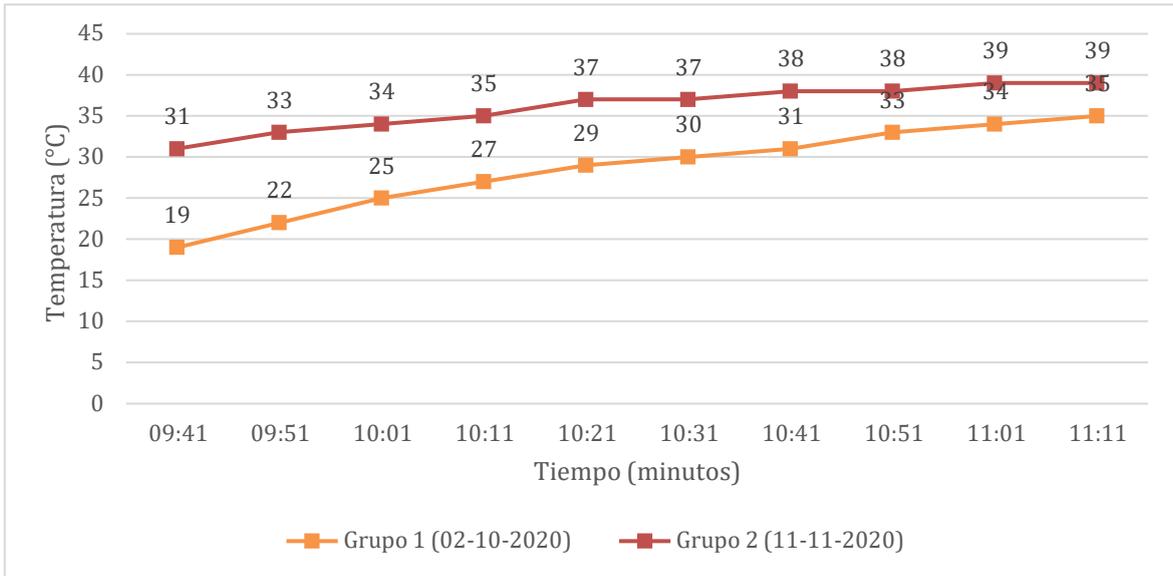


Figura 13: Temperatura vs Tiempo V1-CE (Autor propio)

La **Figura 13** presentó, tanto para el grupo 1 y el grupo 2, un ascenso de temperatura a medida que transcurre el tiempo, manteniendo una constancia durante la 1 hora y media de tratamiento. Del punto inicial al punto final del grupo 1 existió una variación de 16°C mientras que para el grupo 2 fue de 8°C.

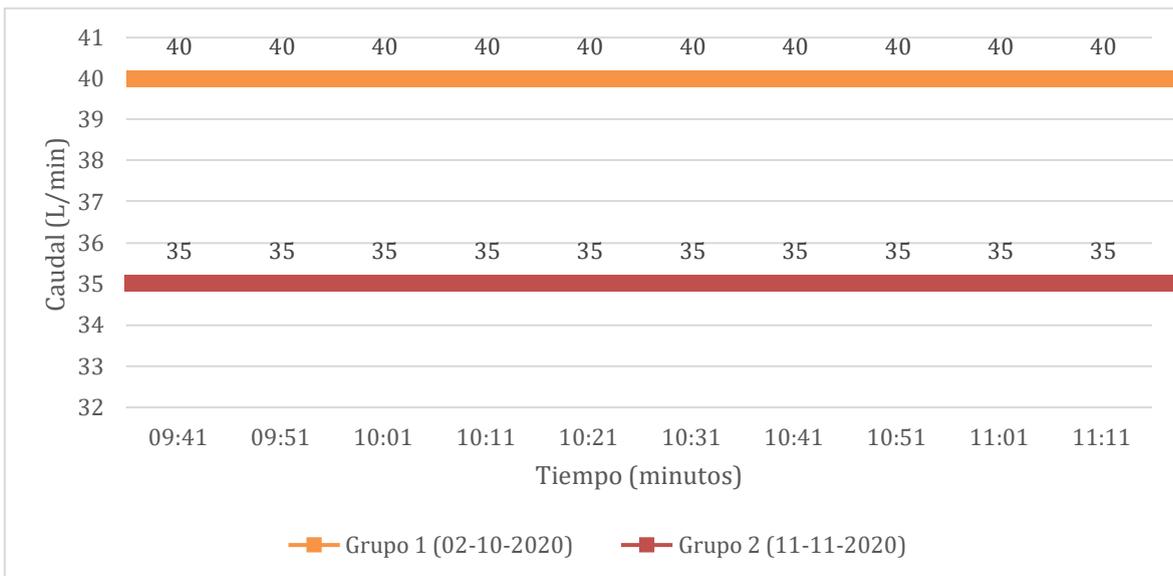


Figura 14: Caudal vs Tiempo V1-CE (Autor propio)

La **Figura 14**, mostró que el caudal se mantuvo constante del tiempo de inicio (09:41 hrs) hasta el tiempo final (11:11 hrs) en ambos grupos. No obstante, se puede observar que existe una variación del caudal entre ambos grupos de 5 L/min.

Tabla 4: Parámetros base V2-CE

| Tiempo (minutos) | Grupo 1 (02-10-2020) | | | Grupo 2 (11-11-2020) | | |
|------------------|----------------------|------------------|--------------|----------------------|------------------|--------------|
| | Presión (Bar) | Temperatura (°C) | Caudal (L/s) | Presión (Bar) | Temperatura (°C) | Caudal (L/s) |
| 15:16 | 3.9 | 25 | 40 | 3.7 | 31 | 35 |
| 15:26 | 3.9 | 28 | 40 | 3.7 | 33 | 35 |
| 15:36 | 3.9 | 30 | 40 | 3.7 | 34 | 35 |
| 15:46 | 3.9 | 31 | 40 | 3.6 | 35 | 35 |
| 15:56 | 3.9 | 32 | 40 | 3.6 | 36 | 35 |
| 16:06 | 3.8 | 33 | 35 | 3.6 | 37 | 35 |
| 16:16 | 3.8 | 34 | 35 | 3.6 | 37 | 35 |
| 16:26 | 3.8 | 34 | 35 | 3.6 | 38 | 35 |
| 16:36 | 3.8 | 34 | 35 | 3.6 | 39 | 35 |
| 16:46 | 3.8 | 35 | 35 | 3.6 | 39 | 35 |

Fuente: Autor propio

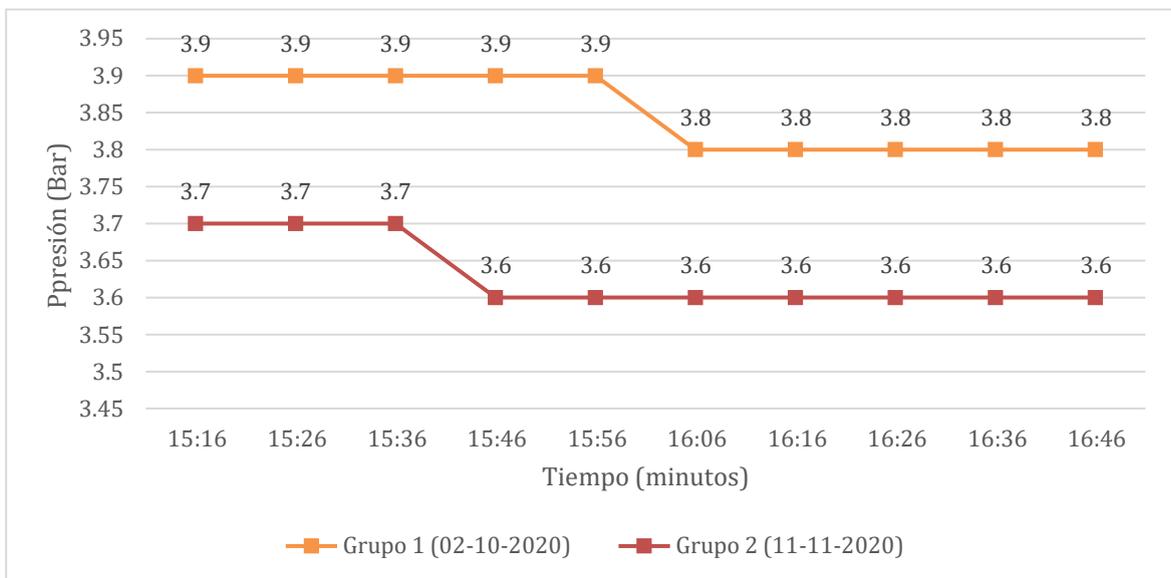


Figura 15: Presión vs Tiempo V2-CE (Autor propio)

La **Figura 15** se observó que durante el período de tratamiento se produjo un descenso de 0,1 Bar en el intervalo de 15:56 hrs a 16:06 hrs en el grupo 1, donde a partir de este punto la presión se mantuvo constante hasta finalizar el procedimiento. Para el caso del grupo 2 la variación de 0,1 Bar estuvo en el intervalo de 15:36 hrs a 15:46 hrs, y posterior a ello se mantuvo constante.

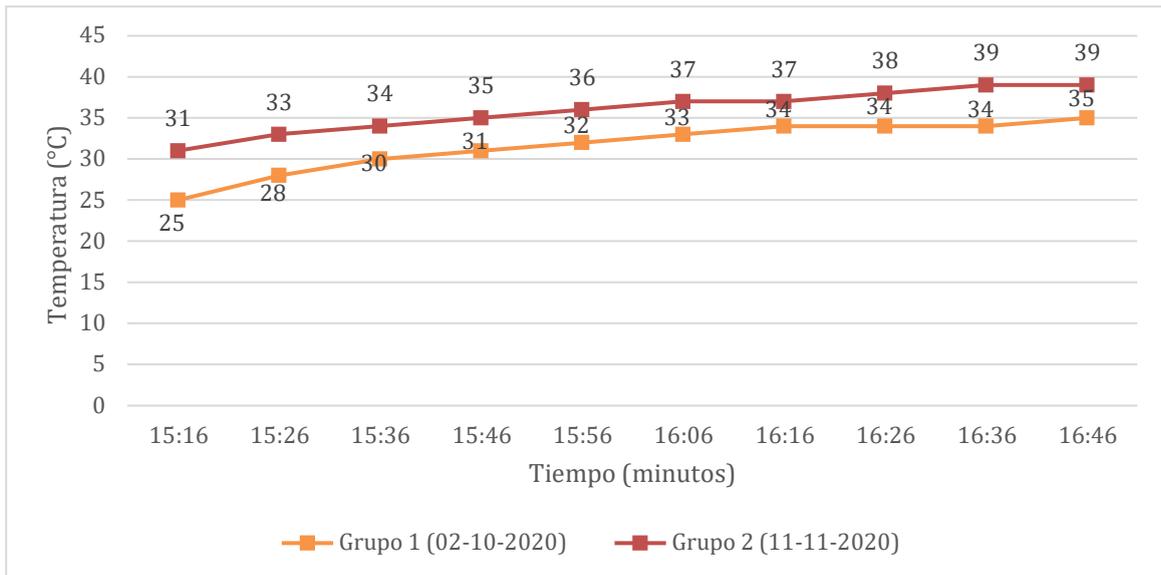


Figura 16: Temperatura vs Tiempo V2-CE (Autor propio)

La **Figura 16** mostró que tanto para el grupo 1 como el grupo 2 hubo una constante creciente de temperatura, siendo el intervalo general de 25°C a 39°C. Para el grupo 1 se presentó una variación de 10°C de 15:16 hrs a 16:46 hrs, mientras que para el grupo 2, la variación fue de 8°C en el mismo tiempo y la temperatura de inicio de tratamiento fue mayor (31°C) a comparación del grupo 1 (25°C).

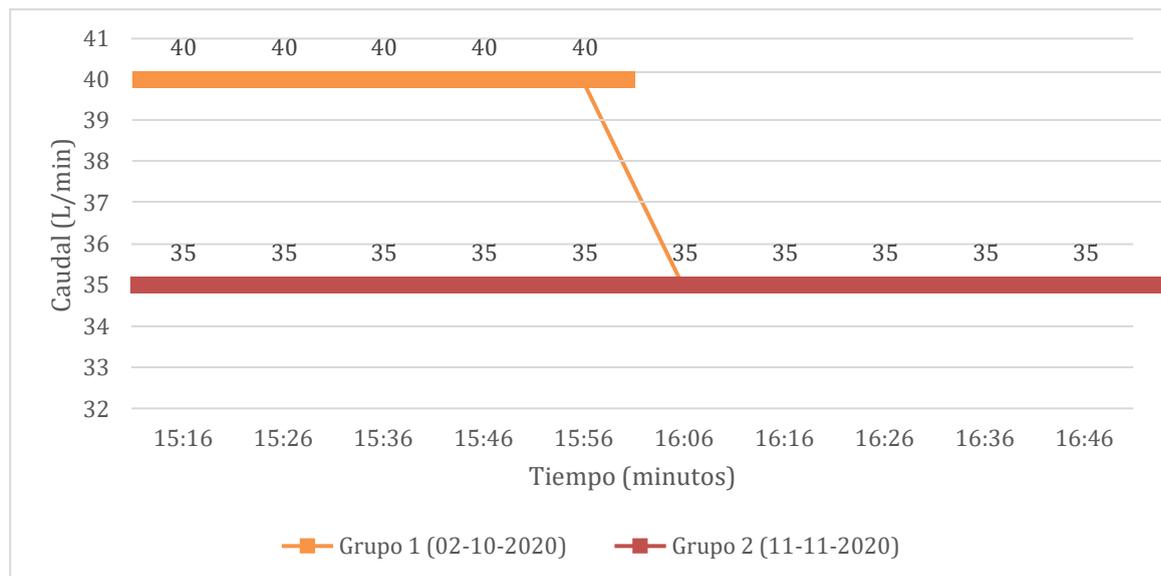


Figura 17: Caudal vs Tiempo V2-CE (Autor propio)

La **Figura 17**, para el grupo 1, se observó una caída abrupta del caudal entre las 15:56 hrs y las 16:06 hrs, durante el intervalo de 10 min, poseyendo una variación

de caudal de 5 L/min, siendo constante a partir de tal suceso. Para el grupo 2, se mantuvo constante el caudal a 35 L/min hasta finalizar el tratamiento.

4.4. Medición de parámetros sin sistema de enfriamiento durante el proceso de cavitación hidrodinámica

En base a la experimentación desarrollada en campo, bajo tratamiento de cavitación hidrodinámica sin sistema de enfriamiento, se obtuvo los siguientes resultados, en intervalos de 10 minutos, para el V1-SE (**Tabla 5**) y para el V2-SE (**Tabla 6**):

Tabla 5: Parámetros base V1-SE

| Tiempo (minutos) | Grupo 1 (02-10-2020) | | | Grupo 2 (11-11-2020) | | |
|------------------|----------------------|------------------|--------------|----------------------|------------------|--------------|
| | Presión (Bar) | Temperatura (°C) | Caudal (L/s) | Presión (Bar) | Temperatura (°C) | Caudal (L/s) |
| 11:24 | 4 | 24 | 40 | 4 | 23 | 35 |
| 11:34 | 4 | 27 | 40 | 4 | 27 | 35 |
| 11:44 | 4 | 32 | 40 | 4 | 30 | 35 |
| 11:54 | 4 | 34 | 40 | 4 | 35 | 35 |
| 12:04 | 4 | 37 | 40 | 4 | 38 | 35 |
| 12:14 | 4 | 40 | 40 | 3.8 | 41 | 35 |
| 12:24 | 4 | 42 | 40 | 3.8 | 45 | 35 |
| 12:34 | 3.9 | 44 | 40 | 3.8 | 47 | 35 |
| 12:44 | 3.9 | 47 | 40 | 3.8 | 48 | 35 |
| 12:54 | 3.9 | 48 | 40 | 3.8 | 50 | 35 |

Fuente: Autor propio

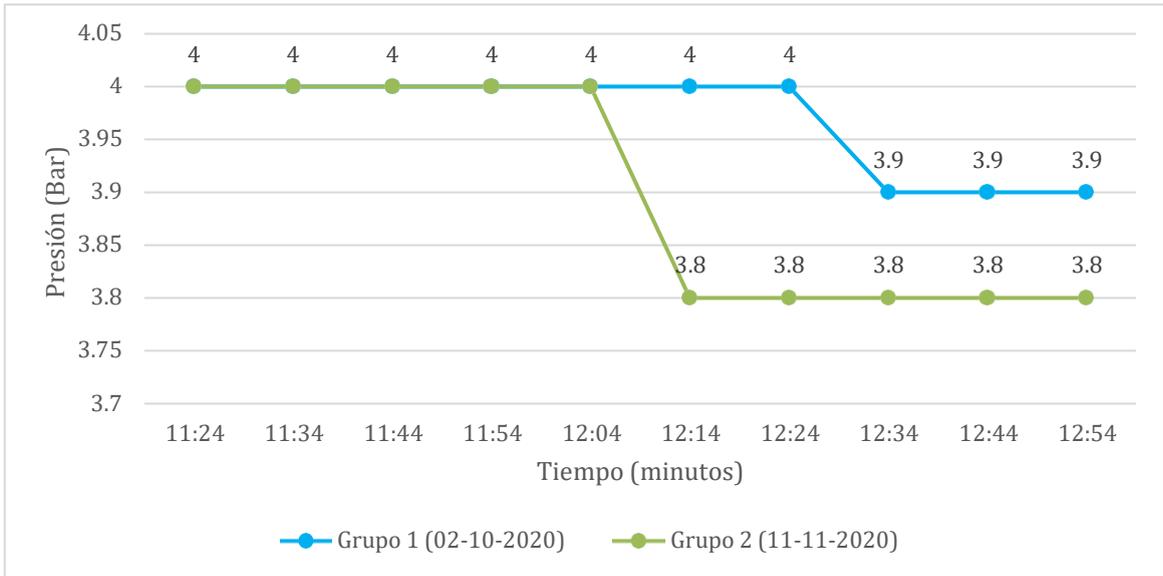


Figura 18: Presión vs Tiempo V1-SE (Autor propio)

La **Figura 18** mostró un descenso abrupto a las 12:24 hrs hasta las 12:34 hrs, en un intervalo de 10min, poseyendo una variación de 0.1 Bar, para el grupo 1, mientras que para el grupo 2 el descenso se presentó a las 12:04 hrs hasta las 12:14 hrs, siendo la variación de 0,2 Bar y posterior a ese tiempo se mantuvo constante.

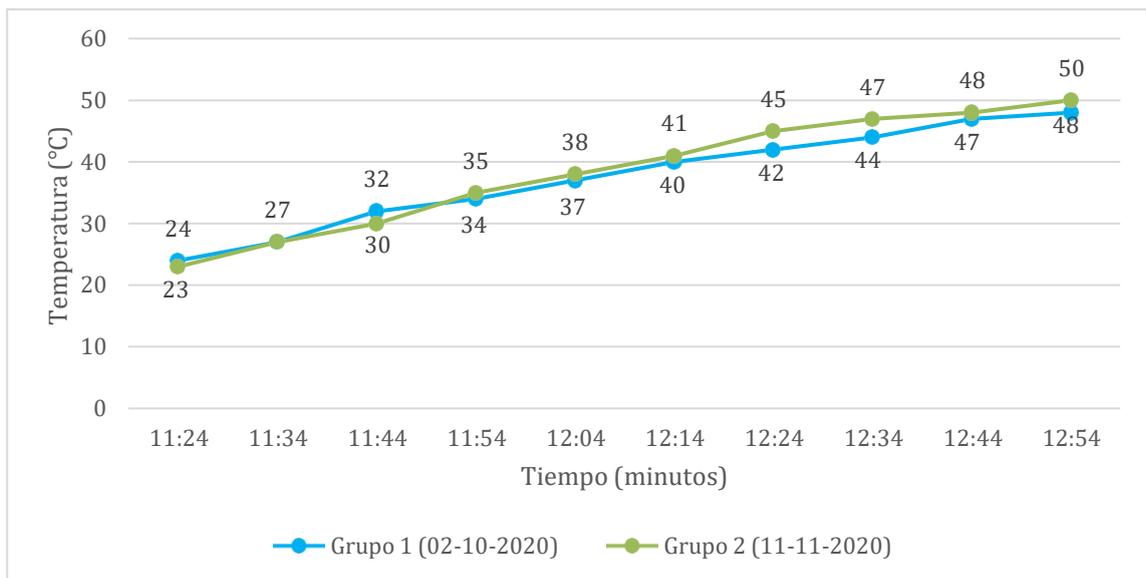


Figura 19: Temperatura vs Tiempo V1-SE (Autor propio)

La **Figura 19**, señaló una variación constante en la temperatura sin cambios excesivos tanto en el grupo 1 como en el grupo 2. La variación más resaltante fue

a las 12:54 hrs cuyo valor para el grupo 1 fue de 48°C y para el grupo 2 fue de 50°C.

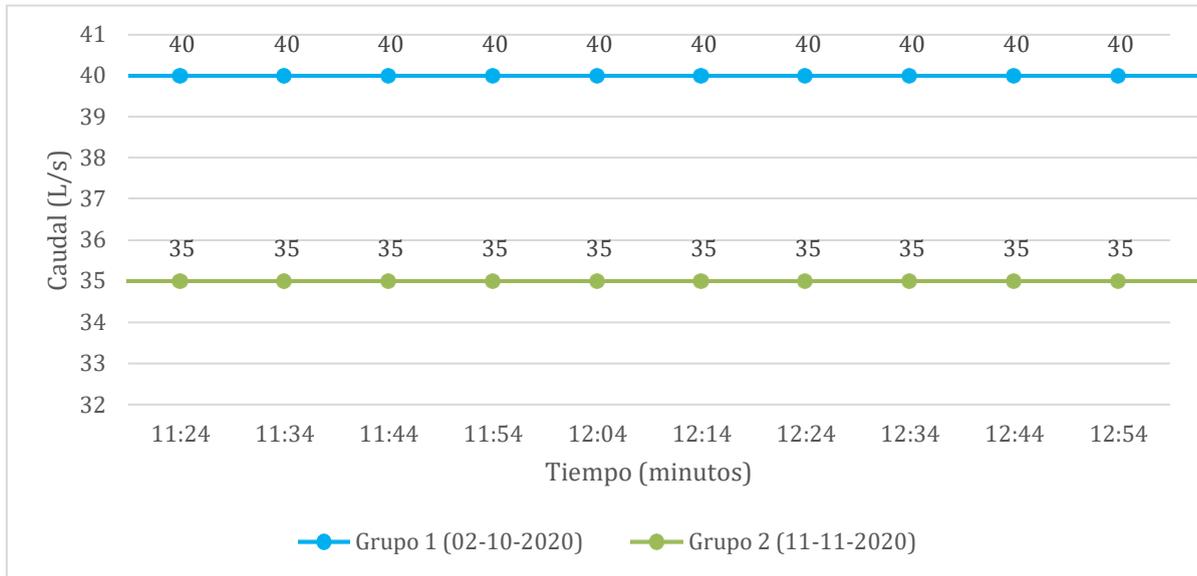


Figura 20: Caudal vs Tiempo V1-SE (Autor propio)

La **Figura 20**, mostró un caudal constante desde el inicio (09:41 hrs) hasta el final (11:11 hrs) el final del tratamiento en los dos grupos. No obstante, se puede observar que existe una variación del caudal entre ambos grupos de 5 L/min.

Tabla 6: Parámetros base V2-SE

| Tiempo (minutos) | Grupo 1 (02-10-2020) | | | Grupo 2 (11-11-2020) | | |
|------------------|----------------------|------------------|--------------|----------------------|------------------|--------------|
| | Presión (Bar) | Temperatura (°C) | Caudal (L/s) | Presión (Bar) | Temperatura (°C) | Caudal (L/s) |
| 13:20 | 4 | 25 | 40 | 3.6 | 30 | 35 |
| 13:30 | 3.9 | 27 | 40 | 3.6 | 34 | 35 |
| 13:40 | 3.9 | 33 | 40 | 3.6 | 37 | 35 |
| 13:50 | 3.9 | 36 | 40 | 3.6 | 40 | 35 |
| 14:00 | 3.9 | 38 | 40 | 3.6 | 41 | 35 |
| 14:10 | 3.9 | 41 | 40 | 3.6 | 43 | 35 |
| 14:20 | 3.8 | 42 | 35 | 3.6 | 45 | 35 |
| 14:30 | 3.8 | 45 | 35 | 3.6 | 46 | 35 |
| 14:40 | 3.8 | 47 | 35 | 3.6 | 48 | 35 |
| 14:50 | 3.8 | 48 | 35 | 3.6 | 48 | 35 |

Fuente: Autor propio

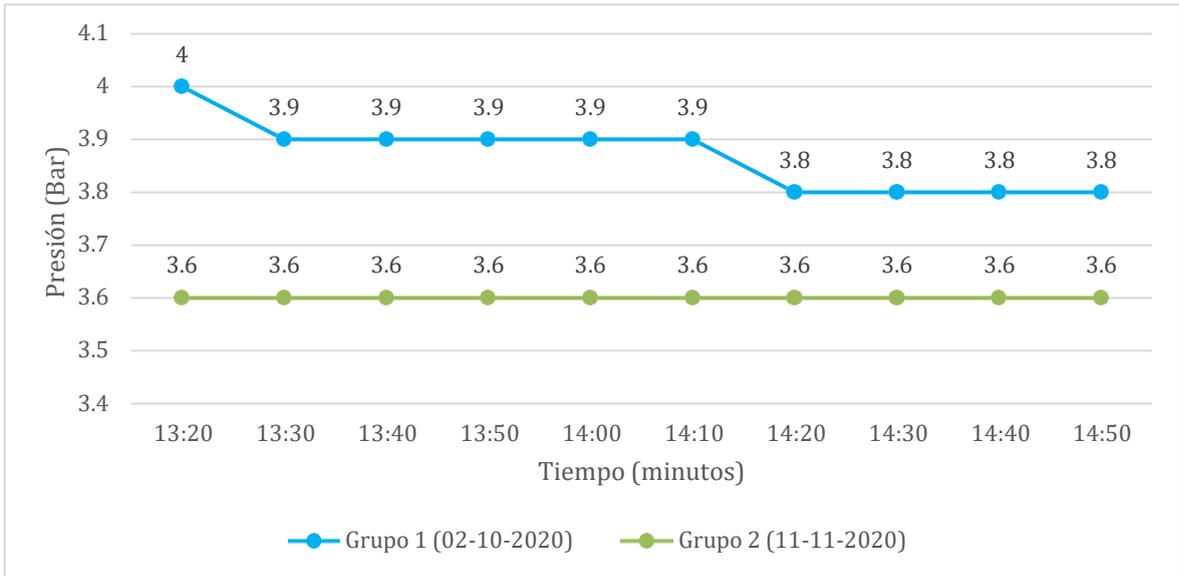


Figura 21: Presión vs Tiempo V2-SE (Autor propio)

La **Figura 21** señaló variaciones representativas de descenso para el grupo 1, siendo la más significativa a los 10 min con variación de 0.1 Bar y por ultimo a los 60 min con variación de 0.1 Bar. Mientras que la presión se mantuvo a una constante de 3.6 Bar durante todo el tratamiento para el grupo 2.

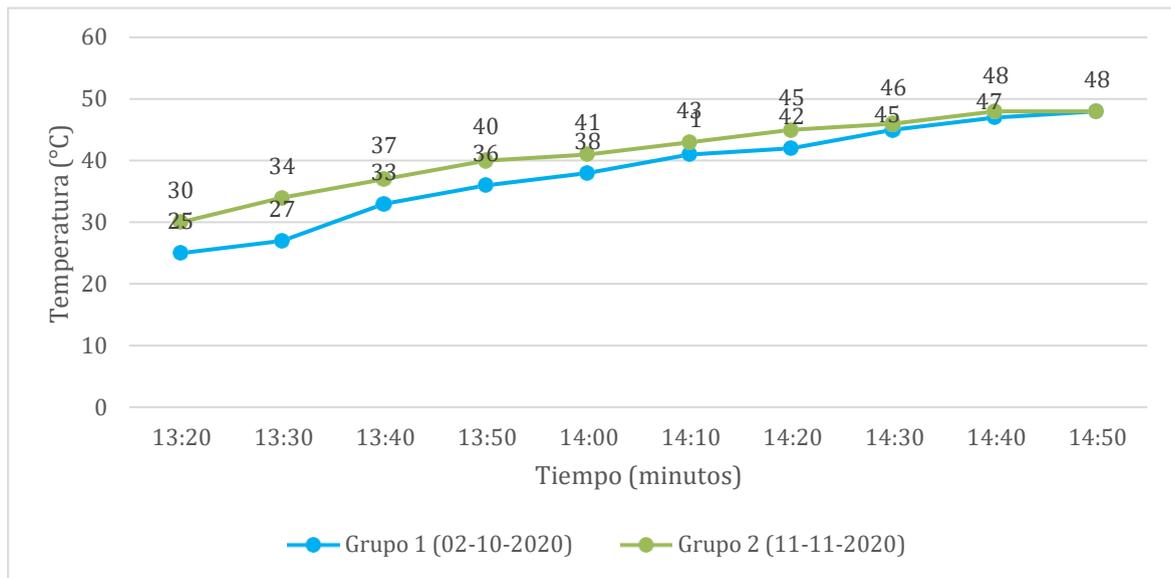


Figura 22: Temperatura vs Tiempo V2-SE (Autor propio)

La **Figura 22**, mostró un ascenso constante de temperatura para ambos grupos durante el tratamiento. Habiendo una variación de temperatura de 23°C en el intervalo de 13:29 hrs a 14:50 hrs para el grupo 1, y para el grupo 2 una variación de 18°C en el mismo tiempo.

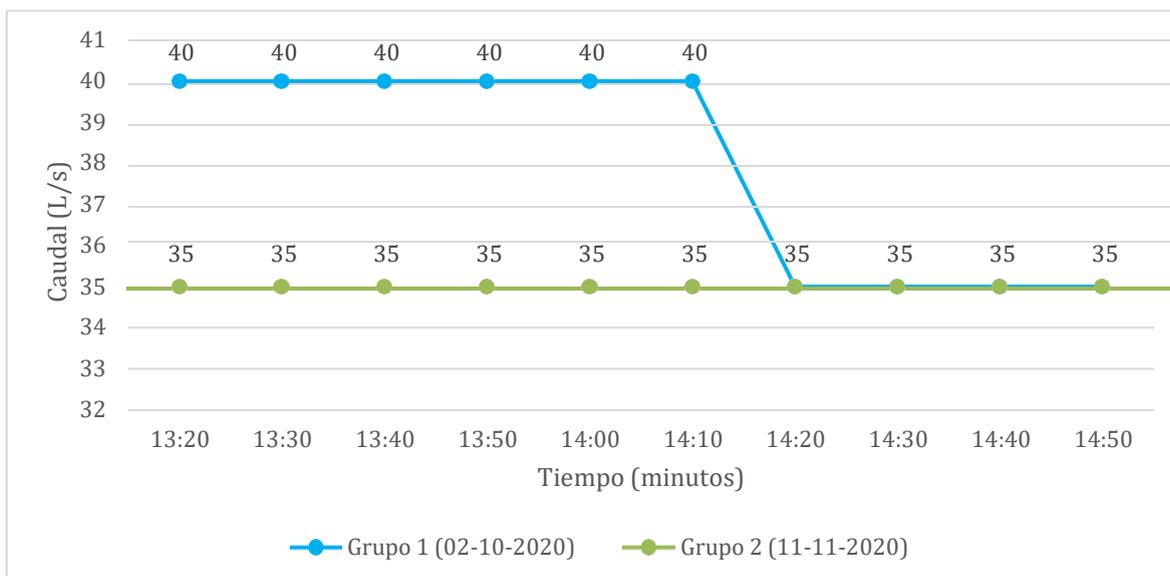


Figura 23: Caudal vs Tiempo V2-SE (Autor propio)

La **Figura 23**, en el grupo 1 mostró una variante significativa en el caudal, iniciando a las 14:10 hrs con 40 L/min y variando a las 14:20 hrs con 35 L/min. En referencia al grupo 2, mantuvo un caudal de 35 L/min durante todo el tratamiento.

4.5. Análisis inferencial del tratamiento

Luego de desarrollado las pruebas en campo y obtenido datos iniciales del proceso, por cada experiencia ejecutada con el método de cavitación hidrodinámica con sistema de enfriamiento y sin sistema de enfriamiento, tanto en el grupo 1 como el grupo 2, se obtuvieron muestras para ser analizadas y con ellas se pudo determinar bajo qué condiciones se pudo brindar el mejor tratamiento para reducir los valores de los parámetros determinados para las aguas industriales derivados de agregados de construcción (UNICOM).

Para ello, los datos fueron procesados a través d la técnica de inferencia estadística, el cual permitió analizar las varianzas de los resultados del laboratorio (**Tabla 7**), bajo la condición de tratamiento aplicado: tratamiento 1 para método de cavitación hidrodinámica con sistema de enfriamiento y tratamiento 2 para método de cavitación hidrodinámica sin sistema de enfriamiento; versus los parámetros de Sólidos Totales Suspendidos (STS), Demanda Química de Oxígeno (DQO); y

Aceites y Grasas (AyG). De esta manera se dio sustento a los objetivos establecidos a esta investigación.

Tabla 7: Resultado de tratamiento de aguas residuales industriales

| Muestra | Parámetro Unidad | Grupo 1 (02-10-2020) | | | Grupo 2 (11-11-2020) | | |
|-----------------|---------------------|----------------------|-----------------|------------------|----------------------|----------------|------------------|
| | | STS | DQO | Aceites y Grasas | STS | DQO | Aceites y Grasas |
| | | mgSTS/L | mgO2/L | mg/L | mgSTS/L | mgO2/L | mg/L |
| | LD | 1 | 1.8 | 0.2 | 1 | 1.8 | 0.2 |
| | LC | 3 | 4.5 | 0.4 | 3 | 4.5 | 0.4 |
| E-1 | | 377 | 58464.4 | 129.5 | 1180 | 7665.4 | 879 |
| V1-CE | | 253 | 48161.2 | 96.6 | 1040 | 7638.4 | 220.5 |
| V1-SE | | 210 | 50889.3 | 100.7 | 1020 | 6580.9 | 262.1 |
| V2-CE | | 307 | 50060.8 | 105.5 | 1520 | 7647.3 | 330.5 |
| V2-SE | | 230 | 51091.3 | 83.4 | 1740 | 7801.2 | 535.6 |
| Promedio | | 250 | 50050.65 | 96.55 | 1330 | 7416.95 | 337.175 |

Fuente: Autor propio

- CE: Con Enfriamiento
- SE: Sin enfriamiento
- STS: Sólidos Totales Suspendidos
- DQO: Demanda Bioquímica de Oxígeno
- TDS: Sólidos Totales Disueltos

4.5.1 Sólidos Totales Suspendidos (STS)

Por medio de la prueba de hipótesis de Shapiro-Wilk, se verificó si la data para el parámetro de Sólidos Totales Suspendidos (STS), siguió una distribución normal, se consideró los siguientes factores para determinar ello:

- Ho: Los datos siguen una distribución normal
- Ha: Los datos no siguen una distribución normal
- P-valor<0,05 (se rechaza la hipótesis nula)
- P-valor>0,05 (no se rechaza la hipótesis nula)

Tabla 8: Prueba paramétrica de normalidad para STS

| | Kolmogorov-Smirnov ^a | | | Shapiro-Wilk | | |
|---------|---------------------------------|----|------|--------------|----|------|
| | Estadístico | gl | Sig. | Estadístico | gl | Sig. |
| STS_FIN | ,281 | 8 | ,063 | ,840 | 8 | ,075 |

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: IBM SPSS Stactics 25

En la **Tabla 8**, se apreció que el P-valor 0.075 obtenido es mayor a 0.05, dando validez a la hipótesis nula (Ho) establecida, con ello se comprobó que los datos pertenecen a una distribución normal.

Por medio del análisis de varianza ANOVA, se verificó si la media para el parámetro de Sólidos Totales Suspendidos (STS), es la misma en los diferentes tratamientos, para determinar ello se consideró lo siguiente:

- Ho: las medias de todos los tratamientos son iguales
- Ha: las medias de todos los tratamientos son diferentes
- P-valor<0,05 (se rechaza la hipótesis nula)
- P-valor>0,05 (no se rechaza la hipótesis nula)

Tabla 9: Prueba paramétrica ANOVA para STS

| ANOVA | | | | | |
|------------------|-------------------|----|------------------|------|------|
| STS_FIN | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F | Sig. |
| Entre grupos | 800,000 | 1 | 800,000 | ,002 | ,968 |
| Dentro de grupos | 2721658,000 | 6 | 453609,667 | | |
| Total | 2722458,000 | 7 | | | |

Fuente: IBM SPSS Stactics 25

En la **Tabla 9**, se observó que el P-valor 0.968 obtenido es mayor a 0.05, por tanto se aceptó la hipótesis nula (Ho) establecida, sin embargo lo que se quiso determinar era que tratamiento tenía mayor eficiencia para el parámetro STS, por lo tanto se descartó la prueba paramétrica ANOVA y se ejecutó el análisis con la prueba paramétrica Kruskal-Wallis, tomando en cuenta los mismo valores para la hipótesis y el P-valor.

Tabla 10: Prueba no paramétrica Kruskal-Wallis para STS

| Rangos | | | |
|---------|--------------------|---|----------------|
| | Tratamiento | N | Rango promedio |
| STS_FIN | Tratamiento 1 (CE) | 4 | 5,00 |
| | Tratamiento 2 (SE) | 4 | 4,00 |
| | Total | 8 | |

Fuente: IBM SPSS Stactics 25

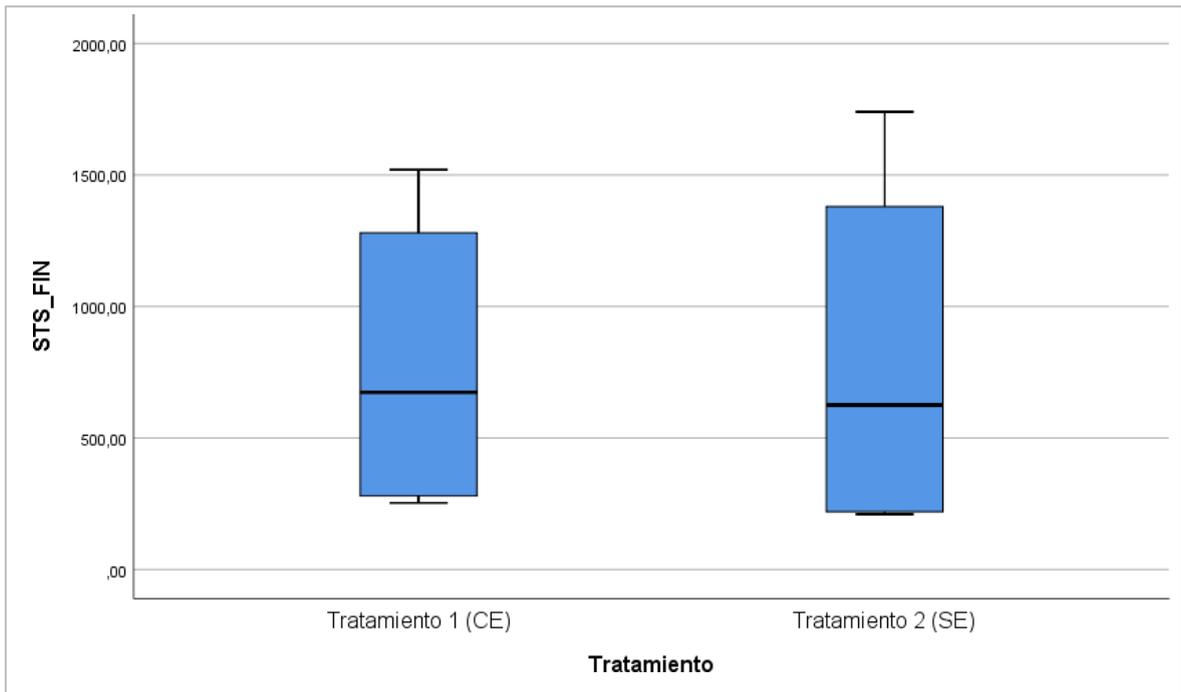


Figura 24: Eficiencia de tratamiento por cavitación hidrodinámica para STS

En la **Figura 24**, se comprobó que existe una mayor eficiencia en el tratamiento 2 puesto que reduce considerablemente los valores de Sólidos Totales Suspendidos (STS) y se refleja en el rango promedio de 4.00 mostrado en el gráfico, siendo el Sistema de enfriamiento (SE) un factor no indispensable en la reducción del parámetro STS, sobre todo cuando se trabaja el método de cavitación hidrodinámica.

4.5.2. Demanda Química de Oxígeno (DQO)

Por la prueba de hipótesis de Shapiro-Wilk, se verificó si la data para el parámetro de Demanda Química de Oxígeno (DQO), siguió una distribución normal, se consideró los siguientes factores para determinar ello:

- Ho: Los datos siguen una distribución normal
- Ha: Los datos no siguen una distribución normal
- P-valor<0,05 (se rechaza la hipótesis nula)
- P-valor>0,05 (no se rechaza la hipótesis nula)

Tabla 11: Prueba paramétrica de normalidad para DQO

| | Kolmogorov-Smirnov ^a | | | Shapiro-Wilk | | |
|---------|---------------------------------|----|------|--------------|----|------|
| | Estadístico | gl | Sig. | Estadístico | gl | Sig. |
| DQO_FIN | ,321 | 8 | ,015 | ,695 | 8 | ,002 |

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: IBM SPSS Stactics 25

En la **Tabla 11**, se apreció que el P-valor 0.02 obtenido es menor a 0.05, dando validez a la hipótesis alternativa (Ho) establecida, con ello se comprobó que los datos no pertenecen a una distribución normal.

Por medio de la prueba de análisis de varianza ANOVA, se verificó si la media para el parámetro de Demanda Química de Oxígeno (DQO), es la misma en los diferentes tratamientos, para determinar ello se consideró lo siguiente:

- Ho: las medias de todos los tratamientos son iguales
- Ha: las medias de todos los tratamientos son diferentes
- P-valor<0,05 (se rechaza la hipótesis nula)
- P-valor>0,05 (no se rechaza la hipótesis nula)

Tabla 12: Prueba paramétrica ANOVA para DQO

| ANOVA | | | | | |
|------------------|-------------------|----|------------------|------|------|
| DQO_FIN | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F | Sig. |
| Entre grupos | 1018878,125 | 1 | 1018878,125 | ,002 | ,969 |
| Dentro de grupos | 3640551012,715 | 6 | 606758502,119 | | |
| Total | 3641569890,840 | 7 | | | |

Fuente: IBM SPSS Stactics 25

En la **Tabla 12**, el P-valor que se obtuvo fue de 0.969 siendo mayor a 0.05, con ello se validó la hipótesis nula (H_0) determinada, no obstante el objeto de estudio establecido era determinar que tratamiento tenía mayor eficiencia para el parámetro DQO, por lo tanto se descartó la prueba paramétrica ANOVA y se ejecutó el análisis con la prueba no paramétrica Kruskal-Wallis, tomando en consideración los mismo valores para la hipótesis y el P-valor.

Tabla 13: Prueba no paramétrica Kruskal-Wallis para DQO

| Rangos | | | |
|---------|--------------------|---|----------------|
| | Tratamiento | N | Rango promedio |
| DQO_FIN | Tratamiento 1 (CE) | 4 | 4,00 |
| | Tratamiento 2 (SE) | 4 | 5,00 |
| | Total | 8 | |

Fuente: IBM SPSS Stactics 25

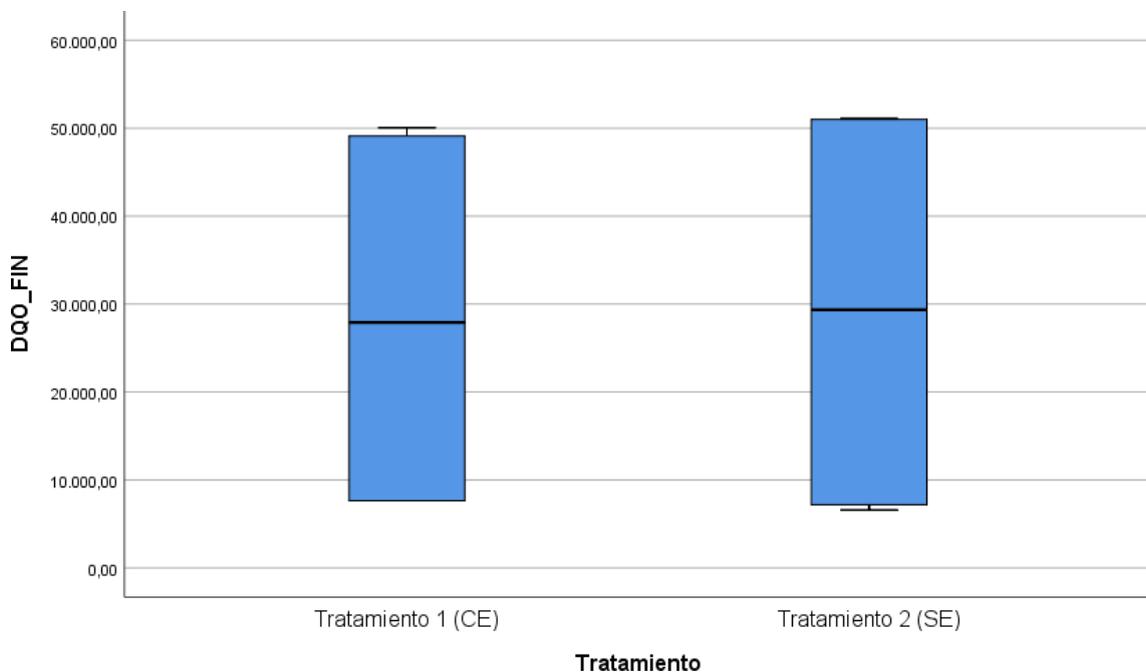


Figura 25: Eficiencia de tratamiento por cavitación hidrodinámica para DQO

En la **Figura 25**, se observó que cuando la muestra es tratada con método de cavitación hidrodinámica con sistema de enfriamiento (CE), se presentó en el tratamiento 1 una reducción de los valores reflejada en el rango promedio de 4.00 siendo más eficiente utilizando el Sistema de enfriamiento para la

reducción de Demanda Química de Oxígeno (DQO), lo que indico mejor uso del tratamiento de cavitación hidrodinámica.

4.5.3. Aceites y Grasas (AyG)

Por medio de la prueba de hipótesis de Shapiro-Wilk, se verificó si la data para el parámetro de Aceites y Grasas (AyG), siguió una distribución normal, se consideró los siguientes factores para determinar ello:

- Ho: Los datos siguen una distribución normal
- Ha: Los datos no siguen una distribución normal
- P-valor<0,05 (se rechaza la hipótesis nula)
- P-valor>0,05 (no se rechaza la hipótesis nula)

Tabla 14: Prueba paramétrica de normalidad para AyG

| | Kolmogorov-Smirnov ^a | | | Shapiro-Wilk | | |
|---------|---------------------------------|----|------|--------------|----|------|
| | Estadístico | gl | Sig. | Estadístico | gl | Sig. |
| AYG_FIN | ,260 | 8 | ,120 | ,837 | 8 | ,070 |

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: IBM SPSS Stactics 25

En la **Tabla 14**, el P-valor obtenido fue de 0.070 siendo mayor a 0.05, dando validez a la hipótesis nula (Ho) establecida, con ello se comprobó que los datos pertenecen a una distribución normal.

Por medio de la prueba de análisis de varianza ANOVA, se verificó si la media para el parámetro de Aceites y Grasas (AyG), es la misma en los diferentes tratamientos, para determinar ello se consideró lo siguiente:

- Ho: las medias de todos los tratamientos son iguales
- Ha: las medias de todos los tratamientos son diferentes
- P-valor<0,05 (se rechaza la hipótesis nula)
- P-valor>0,05 (no se rechaza la hipótesis nula)

Tabla 15: Prueba paramétrica ANOVA para AyG

ANOVA

AYG_FIN

| | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F | Sig. |
|------------------|-------------------|----|------------------|------|------|
| Entre grupos | 6537,961 | 1 | 6537,961 | ,233 | ,646 |
| Dentro de grupos | 168199,418 | 6 | 28033,236 | | |
| Total | 174737,379 | 7 | | | |

Fuente: IBM SPSS Stactics 25

En la **Tabla 15**, se obtuvo un P-valor de 0.646 mayor a 0.05, por lo cual se validó la hipótesis nula (Ho) determinada, pero dado el objeto de estudio establecido era determinar que tratamiento tenía mayor eficiencia para el parámetro AyG, se descartó la prueba paramétrica ANOVA y se hizo el análisis con la prueba no paramétrica Kruskal-Wallis, tomando en cuenta los mismos valores para la hipótesis y el P-valor.

Tabla 16: Prueba no paramétrica Kruskai-Wallis para AyG

Rangos

| | Tratamiento | N | Rango promedio |
|---------|--------------------|---|----------------|
| AYG_FIN | Tratamiento 1 (CE) | 4 | 4,50 |
| | Tratamiento 2 (SE) | 4 | 4,50 |
| | Total | 8 | |

Fuente: IBM SPSS Stactics 25

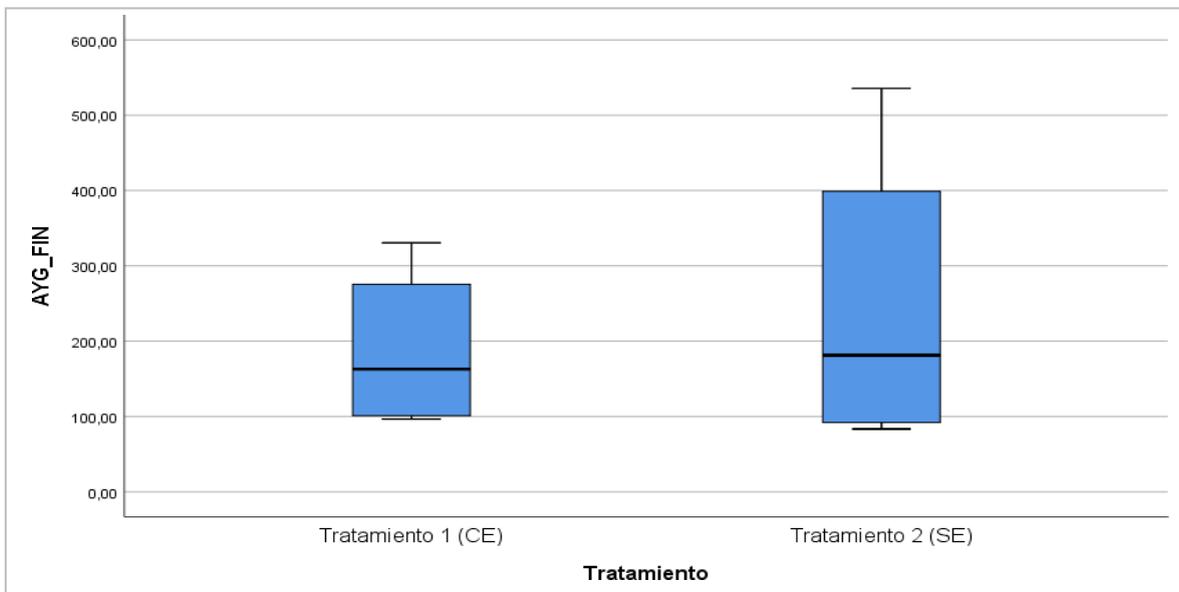


Figura 26: Eficiencia de tratamiento por cavitación hidrodinámica para AyG

En la **Figura 26**, se mostró que hay una reducción del parámetro de Aceites y Grasas (AyG), reflejada en el rango promedio de 4.50, que la muestra es tratada con método de cavitación hidrodinámica con sistema de enfriamiento (CE), obtienen mayor eficiencia de tratamiento.

Tabla 17: Porcentaje de reducción de parámetros respecto a E1

| Muestra | Parámetro Unidad | Grupo 1 (02-10-2020) | | | Grupo 2 (11-11-2020) | | |
|---------|---------------------|----------------------|--------|------------------|----------------------|--------|------------------|
| | | STS | DQO | Aceites y Grasas | STS | DQO | Aceites y Grasas |
| | | mgSTS/L | mgO2/L | mg/L | mgSTS/L | mgO2/L | mg/L |
| V1-CE | | 32.89% | 17.62% | 25.41% | 11.86% | 0.35% | 74.91% |
| V1-SE | | 44.29% | 12.96% | 22.24% | 13.56% | 14.15% | 70.18% |
| V2-CE | | 18.57% | 14.37% | 18.53% | -28.81% | 0.24% | 62.40% |
| V2-SE | | 38.99% | 12.61% | 35.60% | -47.46% | -1.77% | 39.07% |

Fuente: Autor propio

En la **Tabla 17** se mostró los porcentajes de reducción a los cuales fueron sometidas las muestras bajo las condiciones establecidas y los parámetros de estudio para el grupo 1 y grupo 2, comparándolo con la muestra inicial (E1).

Para el parámetro de Sólidos Totales Suspendidos (STS) con tratamiento 2, hubo un mayor porcentaje de reducción en el V1-SE con 44.29% y en el V2-SE con 38.99%, mientras que para el grupo 2 el V1-SE tuvo un descenso de 11.86% y el V2-SE tuvo un ascenso de -47.46%.

Para la Demanda Química de Oxígeno (DQO) mostró reducciones bajo las condiciones establecidas para los dos grupos; no obstante el V2-SE (tratamiento sin enfriamiento) fue el único valor con una variación, ya que señaló un descenso de 12.61% en el grupo 1 mientras que en el grupo 2 mostro un ascenso de -1.77%.

Para el caso de Aceites y Grasas se observó un mayor porcentaje de reducción en el V1-CE con 74.91% y en el V2-CE con 62.40% para el grupo 2 con el tratamiento

1, mientras que para el grupo 1 los puntos de mayor reducción fueron en el V1-CE 25.41% con el tratamiento 1 y el V2-SE con 35.60% con el tratamiento 2.

V. DISCUSIÓN

En la **Tabla 17** podemos observar porcentajes de reducción y aumento de los parámetros luego del sistema de tratamiento “Cavitación Hidrodinámica”, esta diferenciación de porcentajes en cada Tratamiento (T1 y T2) es por el uso del catalizador “Dióxido de Titanio” o TiO_2 siendo la relación de 0,8 g/L utilizada (GIRATÁ, GUEVARA & MACHUCA, pág. 17, parf. 2), puesto que se optó por el insumo externo para incentivar la reducción de los parámetros contaminantes y así afianzar la efectividad del catalizador con el sistema de cavitación hidrodinámica que analizamos en el presente trabajo; llevada de la mano con los parámetros fisicoquímicos que podemos observar en las tablas 2, 3, 4, 5 y 6.

De acuerdo a los resultados en la **Tabla 17** obtenidos por el sistema de cavitación hidrodinámica, se obtuvo como resultado en la prueba V1-CE con 74.91% de reducción en Aceites y Grasas (AyG) con un pH de 4.45 y una temperatura de 35.6° C, en el segundo tratamiento (T2) superando a la prueba V2-SE primer tratamiento (T1) con 35.60% como máximo, un pH de 4.23 y una temperatura de 21.6°C, cabe resaltar que en el segundo tratamiento se utilizó el dióxido de titanio (TiO_2) como catalizador de reducción, ya que se buscó un factor de incentivación de reducción del parámetro, pero aun así podemos ver que llegó a cumplir con lo referido en los resultados obtenidos de la reducción de los aceites y grasas, en el sistema de cavitación hidrodinámica (SILVIA ISABEL, NIETO ZAPATA, 2019, pág. 84, parr. 1), donde claramente se puede apreciar grandes valores de porcentaje de reducción.

De acuerdo a los resultados en la **Tabla 17** obtenidos por el sistema de cavitación hidrodinámica, se da a conocer una reducción máxima en la prueba V1-CE con 17.62% de Demanda Química de Oxígeno (DQO) con un pH de 4.46 y una temperatura de 22.8°C en el primer Tratamiento y un aumento en la prueba V2-SE con 1.77% con un pH de 4.55 y una temperatura de 36.3°C en el segundo tratamiento, cabe resaltar que en el segundo tratamiento se utilizó el dióxido de titanio (TiO_2) como catalizador de reducción, dando un resultado no favorable en este tipo de parámetro (THALÍA ALEXANDRA, NUÑEZ ÁLVARO, pág. 63, parr. 1, 2017).

De acuerdo a los resultados del porcentaje de reducción de parámetros respecto a E1 obtenidos por el sistema de cavitación hidrodinámica, se obtuvo como resultado en la prueba V1-SE con 44.29% de reducción en Sólidos Totales Suspendedos (STS), con un pH de 4.25 y una temperatura de 23.5°C, comparado con en el primer tratamiento (T1) cual aumento en la prueba V2-SE con 47.46%, pH 4.55 y una temperatura de 36.3°C del segundo tratamiento (T2), dando como resultado un alarmante aumento del parámetro para el sistema utilizado, ya que en esta prueba no utilizamos el sistema de enfriamiento, comenzando con una temperatura de 30 °C, una presión constante de 3.6 Bar y un caudal de 35 L/s, cabe resaltar que en el segundo tratamiento se utilizó el dióxido de titanio (TiO₂) como catalizador de reducción, siendo negativa la respuesta del segundo tratamiento (T2) para los Sólidos totales suspendedos (SILVIA ISABEL NIETO ZAPATA, pág. 83, par. 3, 2019)

En el parámetro de pH, Sólidos totales disueltos (TDS) y temperatura podemos observar que la diferenciación del tratamiento uno (T1) con el tratamiento dos (T2) respecto al TDS es debido a que en el tratamiento 1 la muestra estaba recirculada por rejillas que retenían los sólidos y posteriormente llevadas a un pozo de trampas de grasas dando como resultado poca presencia de sólidos en el agua residual industrial como se refleja en el tratamiento uno siendo mayor a TDS>1000ppm, pero en la toma de muestra para el tratamiento 2 se encontró aun en la fase de retención de sólidos optando por hacer un filtrado manual para reducir la cantidad de sólidos flotantes; esto se refleja en los sólidos disueltos siendo el mayor de estos de 287 ppm en la prueba V1-CE siendo mayor a la muestra inicial de 247 ppm (SILVIA ISABEL NIETO ZAPATA, pág. 11, par. 2, 2019)

Los parámetros base V1-CE, V1-CE y V2-SE observamos una gran diferencia en los tratamiento uno y dos respecto a la temperatura, presión y caudal estando dentro del rango de los estado requeridos para un correcto funcionamiento del sistema de tratamiento (, estando la presión desde 3.8 a 4.0 Bar, en la temperatura desde 23 a 50 °C (S. SAXENA, S. RAJORIYA, VK SUBSAHARIANA, S. GEORGE, 2018),y el caudal desde 35 a 40 L/s; siendo la temperatura el mayor factor resaltante e importante, ya que usamos dos pruebas con el sistema de enfriamiento

y dos pruebas sin enfriamiento, repercutiendo en los análisis posteriores que realizamos en el presente trabajo.

VI. CONCLUSIONES

Es claro que la eficiencia con más denotación en el análisis del presente trabajo es la reducción de los Aceites y grasas ya que se logró reducir en gran medida en el segundo tratamiento, y en el primer tratamiento tenemos una reducción con mayor eficiencia en los sólidos totales suspendidos.

Podemos ver que el sistema de cavitación hidrodinámica con sistema de enfriamiento tubo una mayor eficiencia en la reducción de aceites y grasas, pero también se obtuvo una pésima eficiencia para la reducción de solidos totales suspendidos, debido a que se usó dióxido de titanio como catalizador de reducción, repercutiendo en los resultados con sistema de enfriamiento.

Se observó que el sistema de cavitación hidrodinámica sin sistema de enfriamiento tubo también una mayor eficiencia en la reducción de aceites y grasas, pero también se obtuvo una pésima eficiencia en la reducción de solidos totales suspendidos y en la demanda química de oxígeno, ya que se usó el dióxido de titanio como catalizador de reducción, repercutiendo en los resultados.

Dado los resultados de laboratorios se obtiene que el parámetro con mayor variación de reducción fue aceites y grasas en el segundo tratamiento y de aumento desfavorable obtuvimos solidos totales en suspensión en el segundo tratamiento.

VII. RECOMENDACIONES

Utilizar el sistema de cavitación por 10min más cada prueba para obtener un resultado de reducción más favorable.

Agregar mayor cantidad de disolvente al catalizador granulado para una mayor disolución en el agua residual.

No utilizar dióxido de titanio para la reducción de solidos suspendidos totales cuando se use el sistema de enfriamiento.

VIII. REFERENCIA

BARRÓN García, Oscar. Producción de arabinosilanos de pericarpio de maíz mediante el uso de solventes, cavitación hidrodinámica y tratamiento enzimático [en línea]. Tesis (Maestro en Ingeniería de Calidad y Productividad). México: Universidad Autónoma de Querétaro, Facultad de Ingeniería, 2016. [fecha de consulta: 15 de junio del 2020]

Disponible en <http://ri-ng.uaq.mx/bitstream/123456789/499/1/RI004280.pdf>

DÍAZ Contreras, Jessica y ROMERO Garavito, Brayan. Optimización y arranque del sistema primario de una planta de agua residual industrial proveniente de una empresa de alimentos mediante la técnica de cavitación hidrodinámica [en línea]. Tesis (Pre-grado). Bogotá: Universidad de la Salle, Facultad de Ingeniería Ambiental y Sanitaria, 2015. [Fecha de consulta: 15 de junio del 2020]

Disponible en https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_ambiental_sanitaria/151/

DOMÍNGUEZ Martínez, Juan. La cavitación hidrodinámica. Revista UNAH [en línea]. Vol.16, n° 1. Enero-diciembre 2018. [fecha de consulta: 01 de octubre del 2020].

Disponible en <https://revistas.unah.edu.cu/index.php/ACUNAH/article/view/1008>

Reglamento de calificación, clasificación y registro de los investigadores del sistema Nacional de ciencia, tecnología e innovación tecnológica – Reglamento RENACYT. [fecha de consulta: 01 de octubre del 2020]. Disponible en

https://portal.concytec.gob.pe/images/renacyt/reglamento_renacyt_version_final.pdf

Frionline.net. (2015). Tipos de gases refrigerantes en refrigeración y aire acondicionado. Recuperado el 21 de noviembre de 2015. [en línea] [fecha de consulta: 14 de septiembre del 2020]. Disponible en

<http://frionline.net/articulos-tecnicos/205-tipos-de-gases-refrigerantes-en-refrigeracion-y-aireacondicionando.html>

From Waste to Resource: Shifting paradigms for smarter wastewater interventions in Latin America and the Caribbean [en línea] [fecha de consulta: 01 de octubre del 2020]. Disponible en <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/33436>

LAFUENTES Flores, Esteban. Desinfección bacteriana de aguas residuales utilizando cavitación hidrodinámica a través de un tubo Venturi. *Revista Congreso de Ciencia y Tecnología ESPE 13* [en línea]. Junio 2018, Vol.13, n° 1. [fecha de consulta: 15 de junio del 2020].

Disponible en <https://journal.espe.edu.ec/ojs/index.php/cienciaytecnologia/article/view/808/606>

MACASSI Allasi, Giuliana. Comportamiento del sistema de nanoburbujeo en el tratamiento para reducir los niveles de contaminación de aguas residuales domésticas de la provincia de Concepción [en línea]. Tesis (Pre-grado). Perú: Universidad Nacional del Centro del Perú, Facultad de Ingeniería Química, 2017. [fecha de consulta: 14 de septiembre del 2020]

Disponible en <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/3777>

OEFA. Fiscalización Ambiental de Aguas Residuales [en línea]. Lima: Ministerio del Ambiente, 2014, 3 p. [Fecha de consulta: 15 de Junio del 2020]. Disponible en: https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=7827

Progresos en el tratamiento de las aguas residuales: Prueba piloto de la metodología de monitoreo y primeras constataciones sobre el indicador 6.3.1 de los ODS [en línea]. Suiza: Organismo Mundial de la Salud, 2018. [fecha de consulta: 01 de octubre del 2020].

Disponible en <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/275972/9789243514895-spa.pdf>

ISBN: 979-92-4-351489-5

TSUGE, Hideki. Micro- and Nanobubbles. USA: Pan Stanford Publishing, 2014, 3-307 p. ISBN: 978-981-4463-10-2

ZULUAGA Meza, Alejandro. Evaluación del tratamiento de lixiviados de rellenos sanitarios mediante cavitación hidrodinámica [en línea]. Tesis (Magister en Ingeniería Ambiental). Colombia: Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, 2019. [fecha de consulta: 15 de junio del 2020]

Disponible en https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/76583?locale-attribute=pt_BR

IX. ANEXOS

ANEXO 1: MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

| PROBLEMAS | OBJETIVOS | VARIABLES | DEFINICION CONCEPTUAL | DEFINICION OPERACIONAL | DIMENSIONES | INDICADORES | UNIDADES / ESCALA |
|---|---|-------------------------------------|--|---|---|--|---------------------|
| GENERAL | | | | | | | |
| ¿Cuál es la eficacia del tratamiento de aguas industriales derivados de agregados de construcción (UNICOM) mediante el método de cavitación hidrodinámica 2020? | Analizar la eficiencia del tratamiento de aguas industriales derivados de agregados de construcción (UNICOM) mediante el método de cavitación hidrodinámica | Método de cavitación hidrodinámica. | El fenómeno hidrodinámico que se produce cuando, sin cambio de temperatura, el agua o cualquier otro fluido pasa a gran velocidad a una región donde, su presión local se reduce a un valor que es menor que la tensión de sus vapores | La cavitación hidrodinámica se evaluará según el tiempo y uso del sistema de enfriamiento del sistema. | Tiempo de tratamiento utilizado en el sistema | Tratamiento 1 (4 turnos de 90) Tratamiento 2 (4 turnos de 90) | Minutos |
| | | | | | Utilización de Sistema de enfriamiento | Encendido 1er turno | |
| | | | | | | Apagado 2do turno | |
| | | | | | | Encendido 3er turno Apagado 4to turno | |
| ESPECIFICO | | | | | | | |
| ¿Cuál es la eficacia del tratamiento de aguas industriales mediante el método de cavitación hidrodinámica con sistema de enfriamiento? | Determinar la eficacia de tratamiento de aguas industriales mediante el método de cavitación hidrodinámica con sistema de enfriamiento | Tratamiento de aguas industriales. | Mecanismo y proceso usado para tratar aguas residuales que han sido contaminadas por algún medio por actividades de origen antropogénico | El tratamiento de aguas industriales se evaluará mediante la cantidad de sustancias susceptibles de ser oxidadas, cantidad de sustancias susceptibles de ser oxidadas, la cantidad de solidos en el agua y los parámetros físicos | Concentración de Hidrocarburos en el Agua. | Aceites y grasas | mg/L |
| ¿Cuál es la eficacia del tratamiento de aguas industriales mediante el método de cavitación hidrodinámica sin sistema de enfriamiento? | Determinar la eficacia de tratamiento de aguas industriales mediante el método de cavitación hidrodinámica sin sistema de enfriamiento | | | | Cantidad de sustancias susceptibles de ser oxidadas | Demanda Química de Oxígeno (DQO) | mgO ₂ /L |
| ¿Qué parámetro ha tenido una mayor variación en su concentración en el tratamiento de aguas industriales mediante el método de cavitación hidrodinámica? | Determinar que parámetro ha tenido una mayor variación en su concentración | | | | Cantidad de solidos granulados en el agua | Solidos Totales Suspendidos | mg STS/L |
| | | | | | Parámetros Físicos | pH | 0 - 14 |
| | | | Temperatura | °C | | | |

ANEXO 2: EVALUACIÓN DEL TURNITIN

Feedback Studio - Google Chrome
ev.turnitin.com/app/carta/es/?student_user=1&lang=es&u=1108184013&BDS=1&s=&o=1460899472

feedback studio Luis Alberto VARGAS PADILLA AVANCE FINAL BORRADOR



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

¹ FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA
AMBIENTAL

Tratamiento de aguas industriales derivados de agregados de
construcción (UNICOM) mediante el método de cavitación
hidrodinámica 2020

Resumen de coincidencias

20 %

Se están viendo fuentes estándar

Ver fuentes en inglés (Beta)

| Coincidencias | | |
|---------------|---|-------|
| 1 | repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet | 5 % > |
| 2 | Entregado a Universida... Trabajo del estudiante | 2 % > |
| 3 | ri-ng.uaq.mx Fuente de Internet | 2 % > |
| 4 | Entregado a Universida... Trabajo del estudiante | 1 % > |
| 5 | bdigital.unal.edu.co Fuente de Internet | 1 % > |
| 6 | repository.unilibre.edu... | 1 % > |

Página: 1 de 52 Número de palabras: 11344 Text-only Report | High Resolution Activado

11:59 p.m. 06/12/2020

ANEXO 4: FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS EN CAMPO

| | | |
|---|---|-------------|
|  UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO | TRATAMIENTO DE AGUAS INDUSTRIALES DERIVADOS DE AGREGADOS DE CONSTRUCCIÓN (UNICOM) MEDIANTE EL MÉTODO DE CAVITACIÓN HIDRODINÁMICA 2020 | FICHA N° 01 |
| | FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS EN CAMPO | |

| DATOS PERSONALES | |
|------------------------|--|
| NOMBRES Y APELLIDOS | FRANCIS ELIZABETH CASTAÑEDA CHÁVEZ / LUIS ALBERTO VARGAS PADILLA |
| FACULTAD | INGENIERÍA AMBIENTAL |
| LÍNEA DE INVESTIGACIÓN | CALIDAD Y GESTIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES |

| Fecha | | Muestra | | |
|---------------------------------------|------------------|---------------|------------------|----------------|
| Ácido - base (pH) | | | | |
| Temperatura final (°C) | | | | |
| Sólidos Totales Disueltos - TDS (ppm) | | | | |
| N° | Tiempo (minutos) | Presión (Bar) | Temperatura (°C) | Caudal (L/min) |
| 1 | | | | |
| 2 | | | | |
| 3 | | | | |
| 4 | | | | |
| 5 | | | | |
| 6 | | | | |
| 7 | | | | |
| 8 | | | | |
| 9 | | | | |
| 10 | | | | |

ANEXO 5: RESULTADOS DE ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS STS, DQO Y ACEITES Y GRASAS

| | | |
|--|--|-------------|
|  UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO | TRATAMIENTO DE AGUAS INDUSTRIALES DERIVADOS DE AGREGADOS DE CONSTRUCCIÓN (UNICOM) MEDIANTE EL MÉTODO DE CAVITACIÓN HIDRODINÁMICA 2020 | FICHA N° 02 |
| | RESULTADOS DE ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS STS, DQO Y ACEITES Y GRASAS | |

| DATOS PERSONALES | |
|------------------------|--|
| NOMBRES Y APELLIDOS | FRANCIS ELIZABETH CASTAÑEDA CHÁVEZ / LUIS ALBERTO VARGAS PADILLA |
| FACULTAD | INGENIERÍA AMBIENTAL |
| LÍNEA DE INVESTIGACIÓN | CALIDAD Y GESTIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES |

Fecha

| Muestra | Parámetros | STS | DQO | Aceites y Grasas |
|---------|------------|---------|---------------------|------------------|
| | Unidades | mgSTS/L | mgO ₂ /l | mg/L |
| | LD | 1 | 1.8 | 0.2 |
| | LC | 3 | 4.5 | 0.4 |
| E1 | | | | |
| V1-CE | | | | |
| V1-SE | | | | |
| V2-CE | | | | |
| V2-SE | | | | |

E1: MUESTRA BASE
 CE: MUESTRA CON ENFRIAMIENTO
 SE: MUESTRA SIN ENFRIAMIENTO
 STS: SOLIDOS TOTALES SUSPENDIDOS
 DQO: DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO
 TDS: SOLIDOS TOTALES DISUELTOS



ANEXO 8: VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS FICHA N°1 Y FICHA N°2

| | | | | |
|---|--|----------------------|-------------------------|-----------------------|
|  UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO | TRATAMIENTO DE AGUAS INDUSTRIALES DERIVADOS DE AGREGADOS DE CONSTRUCCIÓN (UNICOM) MEDIANTE EL MÉTODO DE CAVITACIÓN HIDRODINÁMICA 2020 | FICHA N° 01 | | |
| FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS EN CAMPO | | | | |
| DATOS PERSONALES | | | | |
| NOMBRES Y APELLIDOS | FRANCIS ELIZABETH CASTAÑEDA CHÁVEZ / LUIS ALBERTO VARGAS PADILLA | | | |
| FACULTAD | INGENIERÍA AMBIENTAL | | | |
| LÍNEA DE INVESTIGACIÓN | CALIDAD Y GESTIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES | | | |
| Fecha | | Muestra | | |
| Ácido - base (pH) | | | | |
| Temperatura final (°C) | | | | |
| Sólidos Totales Disueltos - TDS (ppm) | | | | |
| N° | Tiempo (minutos) | Presión (Bar) | Temperatura (°C) | Caudal (L/min) |
| 1 | | | | |
| 2 | | | | |
| 3 | | | | |
| 4 | | | | |
| 5 | | | | |
| 6 | | | | |
| 7 | | | | |
| 8 | | | | |
| 9 | | | | |
| 10 | | | | |

Atentamente,



José Julio Ordoñez Galvez
DNI: 08447308

| | | |
|---|---|-------------|
|  UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO | TRATAMIENTO DE AGUAS INDUSTRIALES DERIVADOS DE AGREGADOS DE CONSTRUCCIÓN (UNICOM) MEDIANTE EL MÉTODO DE CAVITACIÓN HIDRODINÁMICA 2020 | FICHA N° 02 |
| | RESULTADOS DE ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS STS, DQO Y ACEITES Y GRASAS | |

| DATOS PERSONALES | |
|------------------------|--|
| NOMBRES Y APELLIDOS | FRANCIS ELIZABETH CASTAÑEDA CHÁVEZ / LUIS ALBERTO VARGAS PADILLA |
| FACULTAD | INGENIERÍA AMBIENTAL |
| LÍNEA DE INVESTIGACIÓN | CALIDAD Y GESTIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES |

Fecha

| Muestra | Parámetros | STS | DQO | Aceites y Grasas |
|---------|------------|---------|---------------------|------------------|
| | Unidades | mgSTS/L | mgO ₂ /l | mg/L |
| | LD | 1 | 1.8 | 0.2 |
| | LC | 3 | 4.5 | 0.4 |
| E1 | | | | |
| V1-CE | | | | |
| V1-SE | | | | |
| V2-CE | | | | |
| V2-SE | | | | |

- E1: MUESTRA BASE
- CE: MUESTRA CON ENFRIAMIENTO
- SE: MUESTRA SIN ENFRIAMIENTO
- STS: SOLIDOS TOTALES SUSPENDIDOS
- DQO: DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO
- TDS: SOLIDOS TOTALES DISUELTOS

Atentamente

 José Julio Chirinos Galvez
 DNI: 08447308

**I. DATOS GENERALES**

- 1.1. Apellidos y Nombres: ORDOÑEZ GALVEZ, JUAN JULIO
 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente de la UCV
 1.3. Especialidad o línea de investigación: Calidad y gestión de los recursos naturales
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de recolección de datos en campo
 1.5. Autor(A) de Instrumento: Vargas Padilla, Luis Alberto y Castañeda Chávez, Francis Elizabeth

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

| CRITERIOS | INDICADORES | INACEPTABLE | | | | | | MEDIAMENTE 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 dicho 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% |
|-----|

Alcance
 Lima, 30 de noviembre de 2020
 Juan Julio Ordoñez Galvez
 DNI: 08447302



I. DATOS GENERALES

- 1.6. Apellidos y Nombres: **ORDOÑEZ GALVEZ, JUAN JULIO**
 1.7. Cargo e institución donde labora: **Docente de la UCV**
 1.8. Especialidad o línea de investigación: **Calidad y gestión de los recursos naturales**
 1.9. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Resultados de Análisis de los Parámetros STS, DQO y Aceites y grasas**
 1.10. Autor(A) de Instrumento: **Vargas Padilla, Luis Alberto y Castañeda Chávez, Francis Elizabeth**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

| CRITERIOS | INDICADORES | INACEPTABLE | | | | | | MEDIAMENTE 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% |
|-----|


 Llama, 30 de noviembre del 2020
 Juan Julio Ordoñez Galvez
 DNI: 08447308