



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**Uso de dos sistemas de tratamiento para mejorar la calidad de las  
aguas residuales de peletizado de plásticos, Huarochirí - 2020**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE :

Ingeniero Ambiental

**AUTORES:**

Fernandez Cahuaya, Joselyn Veronica (ORCID: 0000-0001-7625-163X)

Suca Condori, Javier Moises (ORCID: 0000-0002-7150-0497)

**ASESOR:**

Dr. Castañeda Olivera, Carlos Alberto (ORCID: 0000-0002-8683-5054)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

LIMA – PERÚ

2020

## **Dedicatoria**

Con bastante aprecio a mi madre, Victoria Condori y a mi hermana Rebeca Suca, por su apoyo incondicional que supieron guiarme por el buen camino y así lograr mis metas y objetivos trazados; y brindarme los medios para lograr una buena educación y formarme con principios y valores.

*Javier Suca*

Dedico con todo mi corazón a mi padre Manuel Fernandez por brindarme el apoyo y confianza, pues sin él no lo había logrado. Por eso te doy el trabajo en ofrenda por tu paciencia y apoyo que fueron vitales en esta etapa universitaria.

*Joselyn Fernandez*

## **Agradecimiento**

En primer lugar, agradecer a Dios por su amor infinito, fuerza y bendición que nos otorga para seguir encaminados hacia nuestros objetivos, y a nuestro asesor, el Dr. Carlos Alberto Castañeda Olivera por su ayuda y orientación en el desarrollo de la presente investigación. Además, un agradecimiento especial a nuestros padres y hermanos por apoyarnos en toda nuestra etapa universitaria.

## Índice de contenidos

I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	5
III. METODOLOGÍA .....	22
3.1 Tipo y diseño de la investigación .....	22
3.2 Variables y operacionalización.....	22
3.3 Población, muestra y muestreo.....	23
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	23
3.5 Procedimiento .....	25
3.6 Método de análisis de datos .....	31
3.7 Aspectos éticos.....	32
IV. RESULTADOS.....	33
V. DISCUSIÓN.....	84
VI. CONCLUSIONES.....	88
VII. RECOMENDACIONES .....	89
REFERENCIAS.....	90
ANEXOS.....	98

## Índice de tablas

Tabla 1. VMA - DS N° 010-2019-Vivienda – Anexo N°01 .....	9
Tabla 2. VMA - DS N° 010-2019-Vivienda – Anexo N°02 .....	9
Tabla 3. Promedio de validación de los instrumentos .....	24
Tabla 4. Instrumentos empleados en el área de estudio.....	27
Tabla 5. Características de las especies macrófitas .....	28
Tabla 6. Materiales para la elaboración de los biofiltros.....	29
Tabla 7. Resultados iniciales de los análisis fisicoquímicos .....	33
Tabla 8. Resultados de análisis fisicoquímicos después del tratamiento 1 .....	34
Tabla 9. Resultados de análisis fisicoquímicos después del tratamiento 2 .....	35
Tabla 10. Eficiencia de los parámetros fisicoquímicos después de aplicar los sistemas de tratamiento en diferentes días y tiempos de ozonización. ....	43
Tabla 11. Prueba de normalidad para el pH.....	45
Tabla 12. Prueba de homogeneidad de varianzas para el pH .....	46
Tabla 13. Prueba de ANOVA para el pH.....	46
Tabla 14. Prueba de Tukey para el pH.....	47
Tabla 15. Prueba de normalidad para la turbidez.....	50
Tabla 16. Prueba de homogeneidad de varianzas para la turbidez .....	51
Tabla 17. Prueba de ANOVA para la turbidez.....	51
Tabla 18. Prueba de Tukey para la turbidez.....	52
Tabla 19. Prueba de normalidad para los SST.....	54
Tabla 20. Prueba de homogeneidad de varianzas para los SST .....	55
Tabla 21. Prueba de ANOVA para los SST .....	56
Tabla 22. Prueba de Tukey para los SST .....	57
Tabla 23. Prueba de normalidad para la DBO <sub>5</sub> .....	59
Tabla 24. Prueba de homogeneidad de varianzas para la DBO <sub>5</sub> .....	60

Tabla 25. Prueba de ANOVA para la DBO <sub>5</sub> .....	61
Tabla 26. Prueba de Tukey para la DBO <sub>5</sub> .....	62
Tabla 27. Prueba de normalidad para la DQO .....	64
Tabla 28. Prueba de homogeneidad de varianzas para la DQO .....	65
Tabla 29. Prueba de ANOVA para la DQO .....	66
Tabla 30. Prueba de Tukey para la DQO .....	67
Tabla 31. Prueba de normalidad para el Mn .....	69
Tabla 32. Prueba de homogeneidad de varianzas para el Mn .....	70
Tabla 33. Prueba de ANOVA para el Mn .....	71
Tabla 34. Prueba de Tukey para el Mn .....	72
Tabla 35. Prueba de normalidad para el Pb.....	74
Tabla 36. Prueba de homogeneidad de varianzas para el Pb.....	75
Tabla 37. Prueba de Anova para el Pb .....	76
Tabla 38. Prueba de Tukey para el Plomo .....	76
Tabla 39. Prueba de normalidad para el Fe .....	79
Tabla 40. Prueba de homogeneidad de varianzas para el Fe .....	80
Tabla 41. Prueba de ANOVA para el Hierro.....	80
Tabla 42. Prueba de Tukey para el Fe .....	81
Tabla 43. Valores límites permisibles en Perú, Chile y Colombia (DS-010-2019, DECRETO 609 y Resolución 631).....	119

## Índice de figuras

Figura 1. Flujograma del sistema mecánico de producción de pellets .....	7
Figura 2. <i>Eichhornia crassipes</i> (Cenwei et al., 2020). .....	12
Figura 3. <i>Pistia stratiotes</i> (Charisma et al., 2015). .....	14
Figura 4. Flujograma del Sistema de tratamiento. ....	25
Figura 5. Mapa de estudio (Google earth, 2020). .....	26
Figura 6. Distribución de los tratamientos. ....	28
Figura 7. Concentración del pH en función de los días de tratamiento. ....	36
Tiempos de ozonización: día 4 = 15 min, día 8 = 30 min y día 12 = 45 min. ....	36
Figura 8. Concentración de la C.E en función de los días de tratamiento. ....	37
Tiempos de ozonización: día 4 = 15 min, día 8 = 30 min y día 12 = 45 min. ....	37
Figura 9. Concentración de la turbidez en función de los días de tratamiento. Tiempos de ozonización: día 4 = 15 min, día 8 = 30 min y día 12 = 45 min. ....	38
Figura 10. Concentración de los SST en función de los días de tratamiento. Tiempos de ozonización: día 4 = 15 min, día 8 = 30 min y día 12 = 45 min. ....	39
Figura 11. Concentración de la DBO <sub>5</sub> en función de los días de tratamiento. Tiempos de ozonización: día 4 = 15 min, día 8 = 30 min y día 12 = 45 min. ....	40
Figura 12. Concentración de la DQO en función de los días de tratamiento. Tiempos de ozonización: día 4 = 15 min, día 8 = 30 min y día 12 = 45 min. ....	41
Figura 13. Concentración del Mn en función de los días de tratamiento. Tiempos de ozonización: día 4 = 15 min, día 8 = 30 min y día 12 = 45 min. ....	41
Figura 14. Concentración del Pb en función de los días de tratamiento. Tiempos de ozonización: día 4 = 15 min, día 8 = 30 min y día 12 = 45 min. ....	42
Figura 15. Concentración del Fe en función de los días de tratamiento. Tiempos de ozonización: día 4 = 15 min, día 8 = 30 min, día 12 = 45 min. ....	43
Figura 16. Porcentaje de remoción de los parámetros estudiados después	

de aplicar los sistemas de tratamiento biofiltración seguida de ozonización.....	44
Figura 17. Tratamiento con especies vegetales: a) Tratamiento con <i>Eichhornia crassipes</i> , b) Tratamiento con <i>Pistia stratiotes</i> .....	117
Figura 19. Recolección de las muestras, después de los procesos de tratamientos.....	117
Figura 18. Tratamiento con ozonización. ....	117
Figura 20. Comparación de agua residual en el cuarto día de tratamiento, con 15 minutos de ozonización: a) muestra inicial, b) Muestra tratada después del tratamiento 1, c) Muestra tratada después del tratamiento 2. ....	118
Figura 21. Comparación de agua residual en el octavo día de tratamiento, con 30 minutos de ozonización: a) muestra inicial, b) Muestra tratada después del tratamiento 1, c) Muestra tratada después del tratamiento 2. ....	118
Figura 22. Comparación de agua residual en el doceavo día de tratamiento, con 45 minutos de ozonización: a) muestra inicial, b) Muestra tratada después del tratamiento 1, c) Muestra tratada después del tratamiento 2. ....	119



## Resumen

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar el mejoramiento de la calidad de las aguas residuales de peletizado de plásticos, utilizando dos sistemas de tratamiento con especies vegetales: Tratamiento 1, con *Eichhornia crassipes* y Tratamiento 2, con *Pistia stratiotes*. Para ambos tratamientos se empleó la biofiltración como pretratamiento y la ozonización como post tratamiento. Los tratamientos del efluente se llevaron a cabo a una temperatura ambiente de 23°C y expuestos a una dosis fija de ozono de 500 mg/h. Asimismo, los tratamientos se realizaron en períodos de 4, 8 y 12 días con 15, 30 y 45 minutos de exposición al ozono. Los porcentajes de remoción del primer sistema de tratamiento fueron 91.4%, 87%, 52.1%, 55.4%, 59.2% y 96.3% y 72.9% para Turbidez, SST, DBO<sub>5</sub>, DQO, Mn, Pb y Fe, respectivamente. Respecto al segundo tratamiento, se obtuvieron valores de remoción de 91.6%, 87.8%, 57.2%, 57.7%, 62.6%, 97.3% y 73.9%, para la Turbidez, SST, DBO<sub>5</sub>, DQO, Mn, Pb y Fe, respectivamente. Finalmente, se concluye que los sistemas empleados son eficientes para remover los contaminantes del efluente industrial, cumpliendo con los valores máximos admisibles (VMA) del D.S. N° 010-2019-VIVIENDA que establece la normativa peruana.

**Palabras claves:** biofiltración, ozonización, remoción, aguas residuales.

## Abstract

The objective of this research was to evaluate the improvement of the quality of wastewater from plastic pelletizing, using two treatment systems with plant species: Treatment 1, with *Eichhornia crassipes* and Treatment 2, with *Pistia stratiotes*. For both treatments, biofiltration was used as pretreatment and ozonation as post-treatment. The effluent treatments were carried out at an ambient temperature of 23°C and exposed to a fixed dose of ozone of 500 mg/h. The treatments were carried out in periods of 4, 8 and 12 days with 15, 30 and 45 minutes of ozone exposure. The removal percentages of the first treatment system were 91.4%, 87%, 52.1%, 55.4%, 59.2%, 96.3% and 72.9% for Turbidity, TSS, BOD5, COD, Mn, Pb and Fe, respectively. Regarding the second treatment, removal values of 91.6%, 87.8%, 57.2%, 57.7%, 62.6%, 97.3% and 73.9% were obtained for Turbidity, TSS, BOD5, COD, Mn, Pb and Fe, respectively. Finally, it is concluded that the systems used are efficient in removing pollutants from the industrial effluent, complying with the maximum allowable values (MAV) of the D.S. N° 010-2019-VIVIENDA established by Peruvian regulations.

**Keywords:** biofiltration, ozonization, removal, wastewater.

## I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el crecimiento industrial en diferentes países viene ocasionando usos excesivos de los recursos naturales. Las actividades antrópicas están consumiendo los bienes naturales a una velocidad mayor a la de su regeneración natural, provocando que muchos países tengan accesos cada vez más limitados a dichos recursos. Un ejemplo claro de ello es la utilización excesiva del recurso hídrico en el desarrollo de actividades industriales que al final del proceso es desechado sin tratamiento a los cuerpos de agua, afectando así la vida acuática, es por ello que para su correcta disposición final se deben crear, diseñar e implementar tecnologías limpias que permitan el tratamiento y reaprovechamiento de los recursos hídricos. La reutilización del agua se considera como una alternativa racional y eficaz desde el punto de vista económico y ambiental, que minimiza la generación de desechos líquidos, así como el consumo de agua.

La industria del peletizado de plásticos en el Perú, ha aumentado en los últimos años, pues estas industrias vienen creciendo considerablemente debido a la demanda de materia prima reciclada (pellets) que requieren las grandes empresas industriales para la fabricación de bienes que antes solo lo hacían con materia prima virgen (Adaptado de Casali, 2011). Para Toledo (2019), los plásticos son sustancias químicas sintéticas formadas por moléculas pequeñas llamadas monómeros que dependiendo de su estructura se clasifican en diferentes grupos: tereftalato de polietileno (PET), policloruro de vinilo (PVC), polietileno de alta densidad (PEAD), polipropileno (PP) y policarbonato (PC).

Las aguas residuales procedentes de la producción de peletizado LDPE (polietileno de baja densidad) y LLDPE (polietileno lineal de baja densidad), intervienen en el enfriamiento o refrigeración del plástico fundido. La transformación de plástico reciclado a pellets y a hojuelas de plásticos inicia en separación del plástico seleccionado, a su vez estos son sometidos a una bañera en las cuales se emplea abundante volumen de agua y sufren alteraciones en sus características fisicoquímicas por diferentes contaminantes orgánicos e inorgánicos que contienen residuos procedentes de la picadora y extrusora.

Lawrence (2000), sostiene que las aguas refrigerantes producen incrustaciones, natas, corrosión, hierro (Fe), manganeso (Mn) y compuestos organoclorados en la caldera o reservorio en el que están contenidas. Las características fisicoquímicas del agua también son alteradas, por ejemplo, el aumento excesivo de la dureza produce un incremento en las sales insolubles como el Fe, estroncio (Sr), calcio (Ca) y magnesio (Mg); la alta alcalinidad provoca el aumento de nutrientes en el agua, por ende, el desarrollo de materia orgánica; la alta concentración de fosfatos conduce a la eutrofización, es decir la proliferación de especies de algas en la superficie. Asimismo, Santhmayor et al. (2020) manifiesta que las aguas residuales de la industria del reciclaje de plásticos contienen contaminantes tóxicos nocivos como plomo (Pb), arsénico (As), cadmio (Cd), níquel (Ni), Mn, Fe, etc.

Las aguas residuales de la industria del peletizado de plásticos en el Perú no predisponen de tratamientos óptimos como los establecen las normas, en su mayoría estas aguas son vertidas a la red pública, teniendo como destino final al mar. En este sentido, el ANA (2000), indica que las descargas de los efluentes de las aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario pueden influenciar negativamente en los procesos de tratamiento del agua al exceder los Valores Máximos Admisibles (VMA) que se encuentran en los Anexos N° 1 y N° 2 del DS. 010-2019-VIVIENDA que es supervisado y fiscalizado por la Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (SUNASS).

En la empresa de peletizado de plásticos considerada en esta tesis, hay diversos contaminantes, en concordancia a la literatura y mediante análisis fisicoquímicos se supo que los principales contaminantes de las aguas residuales son los sólidos suspendidos totales (SST), turbidez, Demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>), Demanda química de oxígeno (DQO) y elementos tóxicos como el Fe, Mn y Pb, las cuales superan los valores límites a los efluentes no domésticos de la normativa peruana. Para minimizar las emisiones de la planta industrial se evalúa los sistemas de tratamiento mediante la biofiltración en diferentes periodos seguida de ozonización con tiempos de contacto de 15, 30 y 45 minutos respectivamente.

Frente a esta problemática, diferentes países como Canadá, Italia, Alemania entre otros, están empezando a cambiar sus métodos de tratamiento del agua por diferentes métodos que causen menores impactos ambientales, como la biofiltración y la ozonización como tratamiento secundario y terciario. Para López-Cepero (2011), la ozonización es uno de los métodos eficaces de desinfección, ya que el ozono al entrar en contacto con el agua residual se descompone en radicales libres de hidroxilos que oxidan a los compuestos orgánicos e inorgánicos presentes en aguas residuales sin dejar ningún residuo que impacte negativamente al medio ambiente.

Según la problemática anteriormente mencionada, se plantea como problema general: ¿de qué manera los sistemas de tratamiento mejoran la calidad de las aguas residuales de peletizado de plásticos, Huarochirí – 2020?, y como problemas específicos: ¿cuáles son los parámetros fisicoquímicos de las aguas residuales de peletizado de plásticos, tanto antes como después del tratamiento, ¿cuál es el porcentaje de remoción de los parámetros estudiados (Turbidez, SST, DBO<sub>5</sub>, DQO, Mn, Pb y Fe) de las aguas residuales de peletizado de plásticos utilizando los sistemas de tratamiento?

La justificación del proyecto de investigación toma en cuenta el aspecto ambiental, económico y social. En cuanto al aspecto ambiental, el tratamiento de las aguas residuales del peletizado de plásticos tiene efectos positivos al medio ambiente porque ayuda a la minimización de impactos ambientales, ya que dispuestas a los cuerpos de agua eliminan la diversidad biológica y vertidas al suelo afectan la capa freática, infiltrándose a los acuíferos. En el aspecto económico, los componentes integrados de los biofiltros son accesibles de encontrar y los costos no son altos para la elaboración; el proceso de ozonización también es factible puesto que se intercala con el proceso de biofiltración como pretratamiento, la aplicación de ozonización como post tratamiento es viable ya que el pretratamiento evita costos innecesarios de las altas concentraciones de ozono y el consumo de energía. Por último, en el aspecto social, la implementación de los sistemas de tratamiento (biofiltración y ozonización) son beneficiosos tanto para la empresa como las personas debido que después del utilizar los sistemas de tratamiento se obtiene aguas residuales que cumplen con los VMA y a su vez alcanzan los

Estándares de Calidad ambiental (ECA) para agua, y según su categoría estas aguas pueden ser reutilizadas en actividades no vitales como el abastecimiento en los servicios higiénicos, riego de parques públicos, áreas verdes, entre otros. Asimismo, mejora la imagen del sector productivo en la sociedad, con reconocimiento de empresa socialmente responsable.

Adicionalmente, respondiendo a las preguntas de investigación, se formula como objetivo general: evaluar el mejoramiento de la calidad de las aguas residuales de peletizado de plásticos utilizando los sistemas de tratamiento, Huarochirí – 2020, y como objetivos específicos tenemos: determinar los parámetros fisicoquímicos de las aguas residuales de peletizado de plásticos, tanto antes como después del tratamiento y determinar el porcentaje de remoción de los parámetros estudiados (Turbidez, SST, DBO<sub>5</sub>, DQO, Mn, Pb y Fe) de las aguas residuales de peletizado de plásticos utilizando los sistemas de tratamiento.

Además, para la contrastación de ideas en la investigación se plantea como hipótesis general: los sistemas de tratamiento logran mejorar la calidad de las aguas residuales de peletizado de plásticos, Huarochirí – 2020, y como hipótesis específicas tenemos: los sistemas de tratamiento tiene efectos positivos en los parámetros fisicoquímicos de las aguas residuales de peletizado de plásticos, los sistemas de tratamiento si disminuye el porcentaje de remoción de los parámetros estudiados (Turbidez, SST, DBO<sub>5</sub>, DQO, Mn, Pb y Fe) de las aguas residuales de peletizado de plásticos.

## II. MARCO TEÓRICO

**Tratamiento de aguas residuales**, consiste en una secuencia de procesos en el que el agua es sometida con el fin de remover residuos tóxicos. Estos están divididos en 3 procesos: físicos, químicos y biológicos, su aplicación varía según el grado de contaminación que presenta el agua residual, pueden incluir neutralización, precipitación, reducción, oxidación química, biológica, filtración entre otros, con el fin de producir efluentes reutilizables (Rey, 2014). Asimismo, Ayay (2019) manifiesta que para el tratamiento de aguas residuales se requiere un amplio conocimiento para poder determinar los procesos adecuados a partir de la caracterización inicial con el fin de lograr la remoción de los contaminantes presentes en un cuerpo de agua y que sean reaprovechables o vertidas de acuerdo a normativas vigentes.

**Aguas residuales**, son aguas cuyas características fisicoquímicas originales han sido alteradas por las actividades antrópicas y que por su grado de contaminación necesitan un tratamiento previo antes de su disposición final (OEFA, 2014). Las aguas residuales antes de ser dispuestas deben ser conducidas a plantas de tratamientos hídrico, donde se realiza el tratamiento más oportuno según sus características fisicoquímicas de procedencia, para que finalmente se den usos adecuados de acuerdo con la categoría que presenta el agua tratada (Ramón et al., 2015).

**Aguas residuales Industriales**, son aguas que se generan a partir de diversos procesos industriales, estas aguas presentan diferentes características que el agua residual doméstica y municipal, la principal característica del agua industrial es su contenido tóxico que pueden presentar dependiendo del sector industrial.

**Aguas residuales de la industria de peletizado de plásticos**, son aguas residuales que se generan por diversos procesos industriales. Bordonalli et al. (2005), menciona que los efluentes del lavado de plásticos contienen altos niveles de contaminación orgánica e inorgánica. Similarmente, Issakainen (2019) sostiene que los principales contaminantes son la materia orgánica (DQO), los sólidos en suspensión (SS), los aceites y los metales. Asimismo, Parteca, Beckmann y Onofre,

(2007) y Casali, (2011), señalan que los contaminantes que se encuentran en una industria de reciclaje de polietileno de baja densidad (LDPE), son los sólidos, el fósforo, los metales pesados, entre otros.

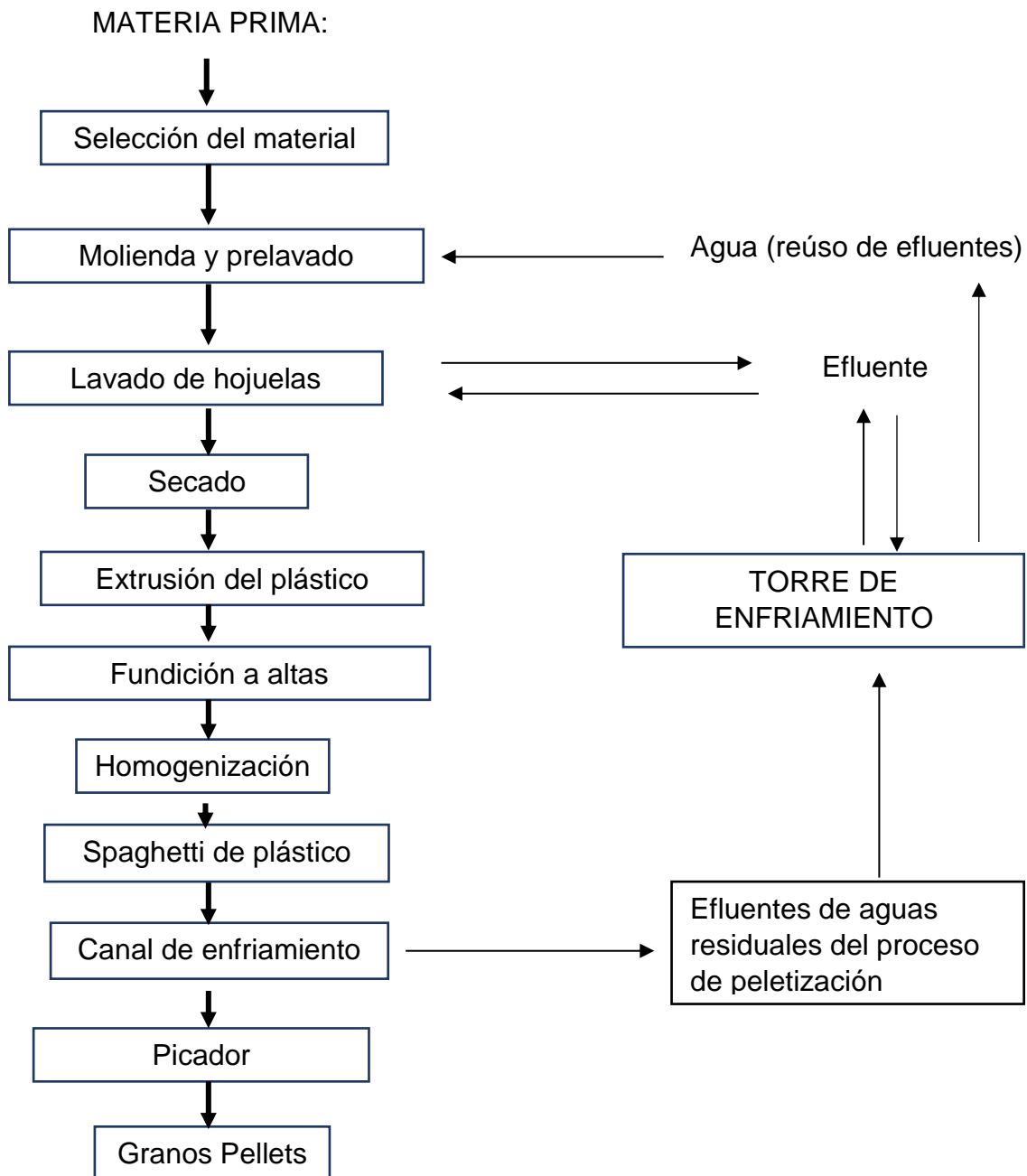
**La industria de peletizado de plásticos**, está conformada por 2 tipos de producción de plástico, el primero se obtiene a partir de la transformación de materias primas de origen petroquímico y la segunda se obtiene a partir del reciclaje de plásticos; en referencia a este último, Kipper (2005), consideran dentro de este tipo tres formas de clasificación: reciclaje energético, reciclaje químico y reciclaje mecánico, en cada uno de los cuales se producen aguas residuales con diferentes características físicas, químicas y biológicas. Para Bordonalli y Mendes (2009), el reciclaje mecánico se basa en la conversión de residuos plásticos en gránulos que son reutilizados en la fabricación de diversos productos, a su vez se divide en: proceso de molienda en la que se utiliza PET, PVC y PEAD, estos forman parte de la obtención de pellets de baja calidad, y en el proceso de peletización para la obtención de pellets de primera calidad se utilizan LDPE y LLDPE.

El autor Issakainen (2019), menciona que los principales contaminantes en las aguas residuales de plásticos son los sólidos suspendidos (SST) conformado por partículas de pellets y polvo polimérico de plásticos (<1mm), el aceite, la materia orgánica (DQO) y metales, el autor en su investigación estudió la remoción de los contaminantes de las aguas residuales durante doce días de una planta piloto en dos etapas: la primera etapa fue la filtración al vacío a partir de telas filtrantes de Outotec ARTOT20, ARTOS11 y MAROS21 y la segunda etapa consistió en la aplicación de ácido sulfúrico a las muestras a determinada temperatura y pH, dando como resultado que el 74% de los SST se separaron, lo cual estimaron que la mayoría de sólidos eran del suelo y la arena; la DQO solo alcanzó un 20% y el aceite no disminuyó.

En la investigación se estudia la industria de peletizado de plásticos, es una de las industrias que emplea como materia prima reciclada los polímeros PET, LDPE y LLDPE que se obtienen a partir del reciclado mecánico. Las aguas residuales de la industria del peletizado son generadas en los procesos como el prelavado, lavado y molienda, como también en los canales de enfriamiento, toda



el agua utilizada en los procesos es confinada en el tanque o torre de enfriamiento. A continuación, en la Figura 1 se presenta el flujograma para la obtención de pellets.



**Figura 1. Flujograma del sistema mecánico de producción de pellets (Adaptado de Bordonalli y Mendes, 2009).**

En el flujograma (Figura 1) se observó que existen diferentes procesos para obtención de la materia prima a partir del plástico reciclado. En la obtención de pellets es de vital importancia el proceso de **separación**, estos en el país se realizan

de forma manual, se separan teniendo en cuenta el tipo de plástico que se emplea en el proceso; **molienda y prelavado**, después del proceso de separación los materiales son transportados a un molino de cuchillos rotativos, donde los plásticos son molidos y fragmentados en pequeños trozos, para que posteriormente estos sean prelavados en un tanque que contiene agua y solución de detergente, con el fin de separar residuos orgánicos, inorgánicos y residuos que puedan contener los plásticos molidos; **lavado**, los plásticos molidos son lavados en una bañera (en forma de canal) que contiene agua alimentada por la torre de enfriamiento, los plásticos son transportados por el canal con el fin de sedimentar los materiales de mayor densidad, como la arena, el limo y los plásticos de resina termodinámicamente incompatibles unas a otras; **secado**, en este proceso se elimina el exceso de agua por parte de los materiales reciclados y se acondiciona en una centrifugadora que elimina el agua por completo y si es necesario se complementa con equipos térmicos; **extrusión**: el material reciclado limpio pasa por una extrusora a fin de minimizar y homogenizar el tamaño, luego es fundido a altas temperaturas y atraviesa un tubo delgado para tomar la forma de Spaguetti que pasa por el canal de enfriamiento, estos finalmente son picados en fragmentos pequeños (granos de pellets) (Mendes, Navarro y Guimarães, 2007; Noir et al., 2017)

**Calidad del agua**, es un término que describe las características físicas, químicas biológicas y microbiológicas en las que se encuentra el agua. La ANA (2019), menciona que la calidad de agua depende principalmente al uso final que se da al agua; es así que la calidad del agua se interpreta como la capacidad que tiene el agua para responder a los usos que se podrían obtener de ella.

#### **Normativa:**

Considerando que el Perú no cuenta con Límites Máximos permisibles (LMP) para efluentes de la industria del peletizado de plásticos, se tomó como referencia el Decreto Supremo N° 010-2019-Vivienda, lo cual establecen los VMA de las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario. En la Tabla 1 se muestran los parámetros límites de vertimiento para efluentes no domésticos, los usuarios no domésticos que sobrepasan los VMA deberán efectuar el pago adicional por exceso de concentración e incluso la

suspensión del servicio; en la Tabla 2 se muestran los VMA de los parámetros que no pueden ser sobrepasados por usuarios no domésticos, ya que, si infringen los VMA, estos están sujetos a la suspensión del servicio.

**Tabla 1. VMA - DS N° 010-2019-Vivienda – Anexo N°01**

Parámetro	Unidad	Simbología	VMA para descargas al sistema de alcantarillado
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mgO <sub>2</sub> /l	DBO <sub>5</sub>	500
Demanda Química de Oxígeno	mgO <sub>2</sub> /l	DQO	1000
Sólidos Suspendidos Totales	mg/l	SST	500
Aceites y Grasas	mg/l	A y G	100

**Tabla 2. VMA - DS N° 010-2019-Vivienda – Anexo N°02**

Parámetro	Unidad	Simbología	VMA para descargas al sistema de alcantarillado
Aluminio	mg/l	Al	10
Arsénico	mg/l	As	0.5
Boro	mg/l	B	4
Cadmio	mg/l	Cd	0.2
Cianuro	mg/l	CN-	1
Cobre	mg/l	Cu	3
Cromo Hexavalente	mg/l	Cr <sup>+5</sup>	0.5
Cromo Total	mg/l	Cr	10
Manganeso	mg/l	Mn	4
Mercurio	mg/l	Hg	0.02
Níquel	mg/l	Ni	4
Plomo	mg/l	Pb	0,5
Sulfatos	mg/l	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	1000
Sulfuros	mg/l	S <sup>-2</sup>	5
Zinc	mg/l	Zn	10
Nitrógeno amoniacal	mg/l	NH <sup>+4</sup>	80
Potencial Hidrógeno	unidad	pH	6-9
Sólidos Sedimentables	ml/l/h	S.S	8.5
Temperatura	°C	T	<35

Bordonalli y Mendes (2009), diseñaron e implementaron un sistema simplificado de tratamiento físico-químicos por coagulación, floculación, decantación y filtración en una estera geotextil, utilizando hidroxicloriguro de aluminio (PAC) como coagulante, sosa cáustica (50%) como alcalinizante y polielectrolito como coadyuvante, para aguas residuales de la industria del reciclaje de plásticos HDP. Los resultados que obtuvieron del Sistema de tratamiento de aguas residuales (STAR) propuesto, demostró un alto desempeño en la reducción de valores de turbidez, aceites y grasas, con eficiencias superiores al 90%, para DBO<sub>5</sub>, DQO y tensioactivos, las eficiencias obtenidas fueron cercanas al 60%, evitando la liberación de efluentes tratados a la red pública, además concluyeron que la calidad de los efluentes tratados está perfectamente adaptada para su reutilización, sin interferir en la eficacia de lavado de plásticos, ni en la calidad de pellets producidos.

Mendes, Navarro y Guimarães (2007) realizaron el tratamiento de aguas de una industria de reciclaje de plásticos mediante dos procesos: proceso biológico (proceso de fangos activado por lotes LAB) y proceso fisicoquímico (flotación por aire disuelto FAD). El proceso biológico aeróbico activado por lodos mostró la mejor eficiencia para reducir DQO, DBO<sub>5</sub> y turbidez alcanzando los valores de remoción iguales a 92,9, 97,1, 98,8%, respectivamente. El proceso FAD presentó resultados más eficientes, el punto óptimo resultó en reducciones de los valores de DQO, DBO<sub>5</sub>, O&G y turbidez de 90,2, 80,1, 99,0 y 99,6% respectivamente, concluyeron que el sistema FAD es la tecnología más apropiada para tratar efluentes industriales.

Casali (2011) estudió el tratamiento de los efluentes de la industria del reciclaje de plásticos empleando métodos tradicionales fisicoquímicos por medio de floculación, empleando coagulante de aluminio o hierro. Los floculantes que empleó para el tratamiento fueron "Tanfloc SL" y "Tanfloc SG, ambos basados en taninos vegetales como agente primario en la filtración rápida descendiente, polifulfato de aluminio y "Aquafil 110" basado en policloruro de aluminio, y "Acquafloc 18" un policloruro de aluminio; evaluó la eficiencia de la coagulación con tanino vegetal, los parámetros analizados fueron: DBO<sub>5</sub>, DQO, pH, color, turbidez, sólidos disueltos, sólidos en suspensión, sólidos sedimentales, nitrógeno total Kjeldahl, fósforo, aceites y grasas, conductividad eléctrica, metales pesados. Casali logro obtener

reducciones en la DQO de 2,689 mgO<sub>2</sub>/l a 582 mgO<sub>2</sub>/l; en la DBO<sub>5</sub> redujo de 958 mgO<sub>2</sub>/l a 336 mgO<sub>2</sub>/l; la turbidez también se dedujo de 630 NTU a 45,7 NTU; los sólidos suspendidos de 205 mg/l a 61 mg/l; y los metales pesados Aluminio de 13120 µg/L a 731 µg/L; para el Hierro de 29320 µg/L a 7684 µg/L. El porcentaje de remoción de la turbidez, DQO, DBO<sub>5</sub> fueron de 90%, 78,4% y 65% respectivamente. Los parámetros que cumplieron con la legislación después de aplicado el tratamiento fueron los sólidos suspendidos y los metales pesados como el aluminio (99,4%) y hierro (73.8%), plomo (>90%), estos valores se encontraron dentro de los requisitos de la legislación. A pesar que los valores promedio del efluente tratado fueron superiores a los permitidos por la ley, el autor recomendó que para los parámetros DQO y DBO<sub>5</sub> debe de realizarse un tratamiento complementario antes de su liberación al organismo receptor.

**Biofiltración**, es un proceso que implica dos tecnologías: la filtración física y la depuración biológica mediante biomasa en soporte físico. La biofiltración es muy empleada para el tratamiento de aguas para uso urbano, cuyo objetivo es la separación y/o retención de partículas y microorganismos objetables en el agua que no han sido retenidos en un proceso anterior. La biofiltración puede efectuarse en medios porosos como la arena, tierra de diatomeas, trozos de madera, piedra pómez, entre otros (Arango, 2004; Chamorro, 2019).

Arango (2004), afirma que se han realizado estudios con la finalidad de mejorar el proceso de biofiltración, lo cual se ha propuesto sustituir los materiales filtrantes por medios fibrosos.

### **Macrófitas flotantes en el tratamiento de aguas residuales**

Los tratamientos de aguas residuales con macrófitas flotantes, vienen demostrando ser eficientes en tratamientos secundarios y terciarios en aguas residuales domesticas e industriales, remueven sustancias orgánicas, inorgánicas y elementos tóxicos. Su importancia radica en el empleo y diseño de tratamientos de aguas residuales, debido a que son menos costosos y consumen menos energía que los tratamientos convencionales (Martelo y Lara, 2012).

Los sistemas de tratamiento con plantas acuáticas se basan principalmente en el mantenimiento de la cobertura vegetal sobre el agua, y se disponen a modo

de estanque debidamente aislados en lo que discurre el efluente. El diseño se contempla la remoción periódica de las plantas.

Para lograr mejor remoción de contaminantes, es vital emplear sistemas con aireación y circulación, es decir que operen bajo condiciones aeróbicas, ya que sistemas con condiciones anaeróbicas no hay paso de luz solar, ello restringe la transferencia de gases entre la atmósfera y el agua, ocasionando menor remoción de contaminantes (Martelo y Lara, 2012).

**Lirio acuático (*Eichhornia crassipes*)**, es una especie de macrófita flotante, tiene una altura entre 0.51-5 metros, el crecimiento de la *Eichhornia crassipes* o maleza acuática es más común en países de América y el Caribe con climas tropicales entre 20°C - 30°C (Kasno et al., 1999). El lirio acuático tiene un tallo ramificado, ancho y esponjoso que puede tener una longitud entre 15 cm-30 cm, los peciolos son de forma ovalada y ondeada de 15 cm, sus flores producen de 8 a 25 flores. En condiciones adecuadas, la reproducción de la macrófita es rápida y se da por la extensión vegetativa de los estolones que forman plantas hijas en cogollos axilares que pueden duplicarse entre 1 y 3 semanas (Parsons y Cuthbertson, 2001; Tham, 2012). En la Figura 2 se muestra la especie macrófita.



**Figura 2. *Eichhornia crassipes* (Cenwei et al., 2020).**

Mudavanhu, Ndeketeya y Masaya (2014) evaluaron el potencial de remediación de dos plantas macrófitas *T. capensis* y *E. Crassipes*, y para determinar su capacidad de eliminar sólidos disueltos totales (STD) del efluente industrial de reciclaje de plásticos, el experimento consistió en 8 tratamientos con replicas. Los STD, la CE y el pH se midieron durante 15 días. Los resultados que obtuvieron fue la reducción significativa de STD de 1591 mg/l a 493 mg/l con la especie 1, y con

especie 2 logro reducir a 609mg/l, la CE se redujo de 1280  $\mu\text{S}/\text{cm}$  a 480  $\mu\text{S}/\text{cm}$  con la especie 1 y con la especie 2 a 540  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , el pH de 5.46, se obtuvo como resultado final 7.44 con la especie 1, y con la especie 2 a 7.53; concluyeron que la reducción de contaminantes se debe principalmente a la reducción significativa de STD en ambas plantas.

Noir et al. (2017), realizaron el diseño de un biofiltro y decantador empleando microorganismos (biomasa) como sistema de tratamiento de aguas, estudio la eficiencia de reducción de la carga orgánica del líquido a tratar, expresado en  $\text{DBO}_5$ . Las características físicas iniciales del agua fueron pH: 8,00, temperatura: 18.5°C, sólidos sedimentales en 10 min: 0.1 ml/l, sólidos sedimentales en dos horas: 0,6ml/l; transcurridas las 24 horas de tratamiento los resultados fueron pH: 8,40, Temperatura: 19.4°C, sólidos sedimentales en 10 minutos: 0,03 ml/l, sólidos sedimentales en 2 horas: 0,01 ml/l. Respecto al OD de 3.56 mg OD paso a 5,52 mg OD, respecto al  $\text{DBO}_5$  inicial fue de 279 mg/l transcurrido las 24 horas de funcionamiento del sistema el resultado que se obtuvo fue de 166 mg/l; concluyeron que el sistema redujo la carga orgánica en un 41,5 %, es decir que el resultado que se obtuvieron no se encuentra dentro de los límites de vertimiento permitido a cuerpos receptores, por lo que es necesario que el agua residual permanezca mas horas dentro del sistema.

**Lechuga de agua (*Pistia stratiotes*)**, es una macrófita flotante que posee una estructura compuesta por tallos, hojas y flores, sus hojas son alargadas y anchas con bordes ondulados, en conjunto tiene la forma de una rosa. *La Pistia stratiotes* al igual que otras macrófitas es conocida por ser un excelente bioindicador de la calidad del agua, puesto que son muy sensibles a los cambios hidrológicos, es por ello es usada para el tratamiento de aguas residuales. Para Charisma et al. (2015), el tratamiento de aguas residuales con *Pistia Stratiotes* se tienen excelentes resultados ya que esta planta absorbe metales como Cr, Pb y Cd además que captura algunos sólidos suspendidos presentes en el agua. En la Figura 3 se muestra la especie macrófita *Pistia stratiotes*.



**Figura 3. *Pistia stratiotes* (Charisma et al., 2015).**

**La Ozonización**, es un método perteneciente al grupo de procesos de oxidación avanzada (POA) utilizado para el tratamiento de las aguas, tanto potables como residuales, los POA implican la generación de radicales hidroxilos en cantidad suficiente para interactuar en las reacciones químicas con sustancias orgánicas e inorgánicas del medio. (Cubides y Martínez, 2018; Remtavares, 2008).

El ozono ( $O_3$ ) en el tratamiento de aguas es un poderoso agente oxidante muy enérgico, con un alto potencial de oxidación (2,07 V) mayor que el oxígeno (1,23 V) y que el cloro (1,36), siendo el ozono el oxidante con mayor poder enérgico. El ozono en el tratamiento de aguas potables es empleado como pre - desinfección para el control de algas e inactivación de virus y bacterias, y como pre – oxidación de la materia orgánica e inorgánica en la eliminación de compuestos que alteran el color, sabor y olor del agua, y en el tratamiento de aguas residuales industriales se emplea en la desinfección (reutilización), oxidación de compuestos inorgánicos (sustancias tóxicas como los metales) y la eliminación de partículas (Ikhlaj, 2012; Remtavares, 2008).

Respecto a sus características físico-químicas, el  $O_3$  es más soluble en agua que el oxígeno, el grado de solubilidad del ozono está influenciado por la temperatura del agua, ya que a una temperatura menor la solubilidad del ozono aumenta, y por tanto aumenta la eficiencia de purificación (Egbuikwem, Mierzwa y Saroj, 2020; López y Vásconez, 2013).

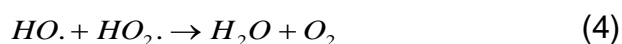
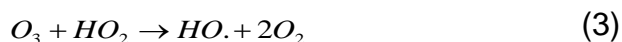
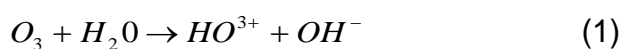
López y Vásconez (2013) manifiestan que el ozono puede generarse a partir de diferentes fuentes de energías: por descargas eléctricas, radiación ultravioleta, electrólisis y radioquímica; De igual importancia mencionan que el método de



descarga eléctrica es la fuente de energía mas usada para la producción de ozono. Además, sostiene que para producir una descarga eléctrica es fundamental aplicar alto voltaje a dos electrodos de tal modo que estos se aceleran e incrementan su energía cinética causando choques que rompen los enlaces que mantienen unidos a los átomos de oxígeno para dejar dos átomos libres que buscan asociarse a moléculas de oxígeno que no se hayan dividido, formando así la molécula de O<sub>3</sub>.

La oxidación de los contaminantes presentes en agua se da mediante las siguientes dos vías principales de oxidación:

- **Oxidación directa:** en este mecanismo se da la reacción de la molécula de O<sub>3</sub> que se fijan o atacan a los dobles o triples enlaces orgánicos y algunos grupos funcionales. La reacción directa consiste en la verdadera ruptura de estas moléculas que se descomponen muy rápido debido a su inestabilidad.
- **Oxidación vía radical:** el ozono se descompone según las condiciones de pH que presenta el agua, la descomposición se da mediante el siguiente mecanismo:



En el mecanismo por oxidación vía radical, los radicales que se forman indirectamente son los oxidantes secundarios como el HO<sub>2</sub> (Peróxido de Hidrogeno) y el OH (Hidroxilo), dichos radicales resultantes son responsables del gran poder oxidante del ozono, esta acción oxidante es mucho mayor a la del ozono molecular. (López-Cepero, 2011; Egbuikwem, Mierzwa y Saroj, 2020; Remtavares, 2008).

La eficiencia del proceso de ozonización en las aguas residuales depende del pH del medio, la temperatura del agua, la transferencia de masa de ozono, la dosis fija de ozono y el tiempo de contacto con el gas ozono (Egbuikwem, Mierzwa y Saroj, 2020). Asimismo, Yasar et al. (2007) recomienda que, para una óptima

eficiencia de ozonización, la temperatura del agua se encuentre en un rango de 5 – 20°C.

Pilatin (2001) estudió las aguas residuales de la industria del papel y la pulpa; y el proceso de tintura de la industria plástica, mediante el efecto oxidante del ozono en el parámetro DQO. Los resultados que obtuvo después de los estudios experimentales fue la reducción del parámetro DQO, se redujo de 2350 mg / L a 900 mg / L con una ozonización óptima de 90 minutos para la industria de papel y pulpa, y de 2850 mg / L a 1850 mg / L con una ozonización ideal de 30 minutos para la industria del plástico. Concluyendo que el proceso de ozonización para la eliminación de DQO es viable, además recomendó un tratamiento químico o biológico previo a la ozonización.

Morali, Uzal, Yetis (2016) estudiaron los efluentes industriales textiles, con el propósito de mejorar la calidad del efluente en los parámetros color y la DQO, aplicaron la ozonización como postratamiento para aguas tratadas biológicamente, para lo cual utilizaron cuatro tasas de aplicación de ozono de 216, 420, 960 y 1320 mg/h, al finalizar el tratamiento los resultados que obtuvieron fueron favorables puesto que hubo mejoras en los parámetros estudiados que, logrando eliminar en el rango de 44 a 56% de la DQO y en un 93% a 98% del color; concluyeron que remoción del color fue casi el 90% a las tasas de aplicación de ozono de 420, 960 y 1320mg/h después de 20 min de ozonización.

Forouzesh, Irani y Khoshfetrat (2020) estudiaron las aguas residuales municipales, para el cual emplearon procesos simultáneos de pre y post ozonización combinadas con reactor de crecimiento biológico en la eliminación de la DQO, el amonio y coliformes totales, la tasa de aireación fue de 6 litros y un tiempo de retención hidráulica de 5 horas, el proceso de ozonización fue realizado simultáneamente en reactores de pre y post ozonización con flujo másico de ozono de 1g/h en un plazo de 30 minutos cada 8 horas, culminado el tratamiento lograron la eliminación completa del amonio y el 94% de la DQO, y concluyeron que la combinación del biorreactor de lecho fijo y el proceso de ozonización mostraron una tecnología prometedora para el tratamiento de aguas residuales.

Mainardis et al. (2020) estudiaron aguas residuales de la pulpa y el papel, cuyo objetivo fue lograr la reducción del parámetro DQO mediante la ozonización, emplearon ozono antes y después del tratamiento biológico secundario con el fin de evaluar las mejores condiciones de ozonización. Asimismo, evaluaron la viabilidad de sustituir el tratamiento terciario físico-químico por una unidad de ozonización, los resultados que obtuvieron fue la reducción en un 46% de la DQO con solo aplicar ozono, y después del tratamiento biológico obtuvieron una eficacia mayor logrando hasta en un 81% de eliminación de la DQO.

Chávez et al. (2019) estudiaron la remoción de la carga orgánica, la DQO y DBO<sub>5</sub>, en aguas residuales industriales mediante la biodegradación aeróbica en un reactor de lotes secuenciales (SBR) seguida de ozonización. La combinación secuencial de biodegradación aeróbica y la ozonización fotocatalítica solar con un catalizador basado en Óxido de titanio (TiO<sub>2</sub>) lograron tratar mejor el efluente convirtiendo el agua en apto para su descarga en el sistema de alcantarillado municipal; asimismo, obtuvieron un buen porcentaje de remoción por encima del 90%, cuyos valores fueron 96.6 % del COT, 98.9% de la DQO, y 98.7% de la DBO.

Yang et al. (2020) estudiaron el proceso híbrido que consiste en la ozonización y biodegradación catalítica del concentrado de osmosis inversa de base industrial cuyas características presentan altos niveles de sólidos suspendidos totales y contaminantes refractarios. Los resultados que obtuvieron fueron un 49% de remoción de la DQO empleando el catalizador heterogéneo basado en Fe. Asimismo, concluyeron que la ozonización y biodegradación catalíticas híbridas redujeron la concentración de DQO a 40mg / L con 10 minutos de reacción de ozono, cumpliendo con el estándar de descarga (GB, 18918-2002).

Liu et al. (2018) estudiaron las aguas residuales químicas mediante la combinación de ozonización catalítica con microburbujas y proceso biológico, cuyo objetivo fue degradar los contaminantes presentes en el agua, los resultados que obtuvo fue una eficiencia en la eliminación de la DQO con 32.16% con solo aplicar la ozonización catalítica con microburbujas; y para el tratamiento biológico tuvo una eficiencia de 41.93% de la DQO. Asimismo, para el sistema combinado, la eficiencia total de la eliminación de la DQO fue de 60.82%, concluyeron que la combinación

catalítica de microburbujas y proceso biológico es una solución eficaz para el tratamiento de las aguas residuales.

Ponziak et al. (2010) estudiaron el tratamiento de las aguas residuales industriales reales mediante la combinación de electrocoagulación y ozonización, los resultados que obtuvieron después de la experimentación lograron disminuir el color y la turbidez de las aguas residuales en más del 90% y la DQO en más del 60%, concluyeron que utilizar el tratamiento propuesto de electrocoagulación y ozono logran disminuir la carga contaminante de las aguas residuales, a su vez comprobaron que los procesos simultáneos completos es útil para descarga de efluentes industriales e las alcantarillas municipales.

Cieza y Zegarra (2019) estudiaron las aguas contaminadas por metales pesados mediante el proceso de la ozonización, las muestras que emplearon fue de 2500 ml a una dosis fija de ozono de 20gr/h, durante la experimentación, los autores ajustaron el pH entre los valores de 6,7 y 8; entre los resultados más relevantes que obtuvieron fueron que lograron reducir los metales en un medio de pH valor a 8, la reducción que alcanzaron fue de 0.107mg/l en el manganeso durante un tiempo de ozonización de 12 minutos, el hierro alcanzó la reducción de 0.011mg/L en un tiempo óptimo de 20 minutos, y el Pb se logró reducir a 0.000 mg/L en un tiempo óptimo de 20 minutos, concluyeron que la aplicación del ozono en aguas con concentración de metales fue efectiva ya que se logró disminuir la concentración de metales disueltos en el agua del río Hualgayoc.

Valenzuela (2017) estudió las aguas residuales de lavado de gases empleando micronanoburbujas de aire-ozono con la finalidad de mejorar el efluente de la empresa contaminado de Pb y el silicio (Si), el efluente fue sometido a diferentes concentraciones de pH 6, 8 y 10, y en diferentes tiempos de exposición de 8, 16 y 24 minutos, los resultados mostraron una reducción considerable del plomo de 32.26mg/l a 0.088mg/l y el silicio de 70.49mg/l se redujo hasta 12.97mg/l logrando eficiencia de remoción de 99.7% y 81.6% del Pb y el Si respectivamente; como conclusión, Valenzuela recomienda emplear el generador para tratar aguas residuales industriales contaminadas por metales pesados.

Hernández. et al. (2018) evaluaron la efectividad del tratamiento de ozonización catalítica heterogénea (POCH) en aguas residuales procedentes de una estación de servicio para la degradación de compuestos orgánicos (COD), evaluaron la cantidad de catalizador, la influencia del pH y el tiempo de reacción. El tratamiento obtuvo una reducción de COD (60.92%) y de DQO (74.76%) a un pH 10 y un tiempo de reacción de 40 minutos, como conclusión ratifican que la ozonización catalítica heterogénea es un método eficiente para el tratamiento de agua residual procedente de estaciones de servicio.

### **Parámetros fisicoquímicos y biológicos de aguas residuales**

**pH**, es un parámetro que tiene un rango establecido internacionalmente que va desde 0 a 14, donde 0 es el límite más ácido y 14 menos ácido (Buck et al. 2002). El pH indica la cantidad de iones hidrogeno presente en el agua, la cantidad presente de pH ayuda a definir la posición de este mismo dentro de la escala de pH (Parayannilam, 2005).

**Conductividad eléctrica**, es el parámetro que expresa la capacidad que tiene el agua para dejar traspasar la corriente eléctrica a través de ella. La C.E se relaciona con la cantidad, movilidad y valencia de los iones en el agua, así como también la temperatura en la que se encuentra. Los iones también se pueden referir como electrolitos, que cuando mayor es la cantidad en el agua, mayor será la conductividad electrolítica del agua, estos electrolitos son:  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  (Zimmerman y Kaleita, 2017).

**Turbidez**, es el nivel de transparencia que tiene el agua, se miden en unidades nefelométricas de turbidez (NTU), la transparencia está sujeta a la carga de sólidos suspendidos y residuos tóxicos que están presentes en el agua.

**Sólidos totales suspendidos (SST)**, son partículas que quedan retenidas en los filtros, están comprendidos por tres tipos: sólidos sedimentables son aquellos que tienen mayor densidad a la del agua y por acción de la gravedad se separan del agua, sólidos no sedimentables que está compuesto por materia orgánica e inorgánica y los sólidos coloidales que está conformado por limo, partículas causantes de color, virus y bacterias.

**Demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>)**, es la medida de oxígeno disuelto absorbido por microorganismos aerobios para llevar a cabo la oxidación de elementos orgánicos biodegradables en aguas residuales. Este parámetro biológico es mayormente usado para medir las condiciones de las aguas residuales y superficiales (Olasehinde y Siyanbola, 2016).

**Demanda química de oxígeno (DQO)**, parámetro analítico útil que mide la cantidad de oxígeno que se consume durante la descomposición (oxidación) de materia orgánica que se encuentra en las aguas residuales para que sean convertidas en agua y dióxido de carbono, con el valor del DQO también se puede medir el grado de contaminación en que se encuentran las aguas residuales.

**Hierro (Fe)**, es un metal de color gris azulado, maleable y con estado de oxidación 0 por ende fácil de oxidar; el hierro se halla en el agua en tres formas: partículas, disuelto, y coloidal. Según Hernández et al. (2017) la presencia excesiva de hierro en el agua puede darse por los vertimientos industriales y por el desgaste de las tuberías de hierro; la excesiva presencia de hierro en el agua trae consigo la acumulación en las tuberías provocando la obstrucción de los sistemas hídricos; otro problema que trae la acumulación de hierro es el desarrollo de bacterias de hierro.

**Manganeso (Mn)**, es un metal de transición de color plomizo, textura dura y fácilmente oxidable, los estados de oxidación son: 2+, 3+, 4+, 6+, 7+, en el caso del 7+ se da cuando el Mn esta junto a agentes con átomos muy electronegativos (oxidantes) como el: permanganato (HMnO<sub>4</sub>), dicromato (Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>), hipoclorito sódico (NaOCl) y ácido clórico (HClO<sub>3</sub>) (Romero, 2014), El uso del Mn es múltiple, se usa en la industria siderúrgica como agente de aleación, industria química como formador de complejos organometálicos y en la fabricación de vidrios, tintes y porcelanas. Por otro lado, Pourahmad (2018), afirma que para la remoción de Mn, Fe y patógenos presentes en aguas residuales se emplean los procesos de intercambio iónico catiónico, filtración catalítica y la nanofiltración de fibra.

**Plomo (Pb)**, es un metal de color gris azulado, brillante y maleable, tiene una alta densidad alta de 11, 85 y punto de fusión bajo. Según Ospina et al. (2015) menciona que el plomo existe en pequeñas concentraciones en la corteza terrestre

específicamente en los minerales de como la riolita el granito, pizarras negras, basaltos y rocas ígneas. El plomo se usa en la curtiduría, la minería, la industria química, metalúrgica y las industrias manufactureras electrónicas, estas comúnmente estas situadas cerca de ríos, lo cual se convierte en focos de contaminación.

**Biofiltro**, es un sistema compuesto de diferentes biomasas, su composición va a depender del agua que se quiera tratar, se caracteriza por ser poroso, compacto, con capacidad para retener sólidos suspendidos y microorganismos (Ortiz, 2015). Los biofiltros son conocidos como humedales artificiales que imitan a los humedales naturales de la tierra en el que se pueden usar diferentes biomasas o microorganismos como lecho filtrante que absorberán los contaminantes presentes en las aguas residuales (Sarango y Sánchez, 2016).

**La grava** puede ser de origen geológico compuesta por rocas y minerales, que por una secuencia de procesos meteorológicos y de erosión provocan que las rocas y minerales se desintegran de forma natural; también pueden ser de origen artificial cuando las piedras como caliza, granito, basalto, dolomita y cuarzo pasan por un proceso de corte, éstas se encuentran en el cauce de los ríos y se caracterizan por tener una dimensión de 3 a 70 milímetros (Flores, 2014).

**Piedra pómez**, es un tipo de piedra volcánica formada por pequeños agujeros que la hacen ligeras, pero también de textura fuerte y son de color blanco grisáceo. Esta piedra ayuda a la secuencia de procesos de filtración ya que absorbe malos olores y remueve contaminantes presentes en aguas residuales. Asimismo, su composición mayoritaria corresponde al Sílice ( $\text{SiO}_2$ ) en un 71% y alúmina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) en un 12.80%; y en menor proporciones al Óxido de calcio ( $\text{CaO}$ ) en 1.36%, Óxido de hierro ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) en 1.75%, la humedad ( $\text{H}_2\text{O}$ ) en 3.88% y el Potasio ( $\text{K}_2$ ) en 3.23% (Izquierdo, 2016; Montoya y Rivera, 2015).

La piedra pómez es propicia para el proyecto, ya que sirve como un soporte para la filtración del agua residual.

### **III. METODOLOGÍA**

#### **3.1 Tipo y diseño de la investigación**

La investigación fue de enfoque cuantitativo, ya que se tomó controles de las variables para su medición, es decir se determinó las concentraciones finales de los contaminantes por medio de análisis. Hernández, Fernández y Baptista (2014) establecen que una investigación es cuantitativa cuando el investigador plantea un problema de estudio delimitado y concreto sobre la problemática a estudiar.

La investigación fue de tipo aplicada, puesto que se realizaron análisis de los contaminantes presentes en el agua residual de peletizado de plásticos tanto antes y después del tratamiento con biofiltración seguida de ozonización empleando los sistemas de tratamientos. La investigación aplicada, se caracteriza por emplear el método científico con el fin de obtener resultados a partir de un determinado problema (Hernández, Fernández y Baptista, 2014).

El diseño de la investigación fue experimental puro porque se manipuló la variable independiente, además se utilizó pruebas y post pruebas para comparar el progreso de los grupos de control del tratamiento experimental (Hernández et al., 2014). Además, la investigación fue de nivel explicativo. Hernández, Fernández y Baptista (2014) manifiestan que el nivel explicativo tiene como propósito responder las causas de los eventos físicos o sociales y se basan en explicar por qué se relacionan dos o más variables.

#### **3.2 Variables y operacionalización**

En el estudio se trabajó tanto con variables independiente y dependiente, entre ellas tenemos:

- Variable Independiente: sistemas de tratamiento (biofiltración y ozonización)
- Variable Dependiente: calidad de las aguas residuales de peletizado de plásticos.

En el Anexo 1, se muestra la matriz de operacionalización de dichas variables.



### **3.3 Población, muestra y muestreo**

De acuerdo a Johnson y Kuby (2012), definen a la población como un conjunto de elementos definidos de las cuales se pretende conocer algo en la selección de la muestra. En el proyecto de investigación la población estuvo conformada por las aguas residuales de peletizado de plásticos.

Hernández, Fernández y Baptista (2014), mencionan que la muestra es un sub conjunto de elementos que pertenecen a la población. Para la investigación la muestra fué de 30 litros de agua residual provenientes del peletizado de plásticos en Huarochiri.

En el proyecto se empleó el muestreo probabilístico aleatorio simple, puesto que las aguas residuales estaban en las mismas probabilidades al ser elegidas. La muestra que se empleó fué de 15 litros de agua residual en cada biofiltro y para los análisis físicos, químicos y biológicos se empleó dos litros de muestra de agua residual tratada.

### **3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

Para la presente investigación se utilizó como técnica la observación. La observación es una técnica que permite a los investigadores conocer los avances de una investigación, esto se logra a través de controles y registros de datos de acuerdo a la duración de la investigación. La observación es una técnica fundamental para el desarrollo de la investigación, ya que a partir de ello se obtienen datos reales.

Respecto a los instrumentos de recolección de datos fueron los siguientes:

- **Ficha 1:** Muestreo en campo.
- **Ficha 2:** Características del equipo ozonizador.
- **Ficha 3:** Características de los biofiltros.
- **Ficha 4:** Medición de los parámetros de control antes y después de los sistemas de tratamiento.

**Validez y confiabilidad** son de suma importancia en el desarrollo del proyecto de investigación, la autenticidad, verificación de los materiales y equipos que se emplearon son confiables, ya que se aseguró el adecuado funcionamiento y calibración de los equipos. Asimismo, para la validez de los instrumentos de recolección de datos, se dio por juicios de 3 docentes de la universidad César Vallejo que forman parte del colegio de ingenieros del Perú. En la Tabla 3 se muestran nombres de los docentes que validaron los instrumentos de recolección de datos.

**Tabla 3. Promedio de validación de los instrumentos**

N°	Apellidos y nombres	CIP	Valoración
1	Acosta Suasnabar, Eusterio Horacio	25450	90%
2	Castañeda Olivera, Carlos Alberto	130267	90%
3	Ordoñez Gálvez, Juan Julio	89972	90%
Promedio de validación			<b>90%</b>

### 3.5 Procedimiento

El desarrollo de la Investigación se realizó en etapas, las cuales incluyen métodos, técnicas, instrumentos y materiales que fueron requeridos en el proyecto, con el fin de obtener datos válidos y confiables durante el tiempo de ejecución del proyecto. A continuación, en la Figura 5 se detalla el procedimiento general del proyecto de investigación.

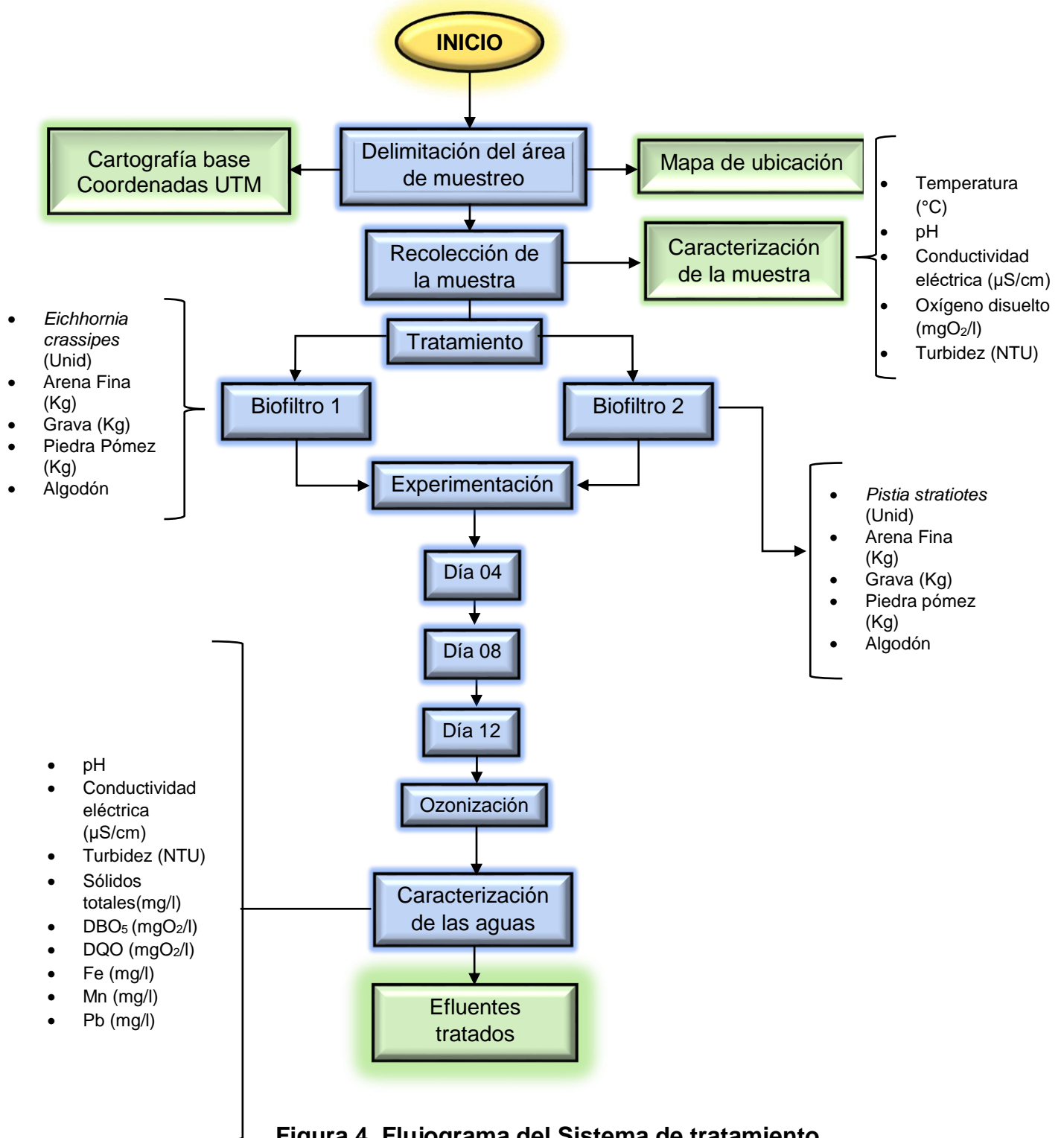


Figura 4. Flujograma del Sistema de tratamiento.

A continuación, se detallan las etapas del proyecto de investigación.

### **Etapas 1: Delimitación del área de muestreo**

Se realizó una visita de campo a la empresa peletizadora de plásticos y con ayuda de un GPS se delimitó la zona de muestreo. Asimismo, se determinó la ubicación que está representado en la Figura 5.



**Figura 5. Mapa de estudio (Google earth, 2020).**

### **Etapas 2: Recolección y medición *in situ* de la muestra**

La muestra estuvo conformada por las aguas residuales de peletizado de plásticos de una empresa ubicada en la provincia de Huarochirí. En esta etapa se realizó el muestreo *in situ*, para el cual se empleó el manual de muestreo de efluentes y cuerpos receptores en el marco de la autorización sanitaria de vertimiento, elaborada por la dirección general de salud ambiental (DIGESA), estas incluyen protocolos y consideraciones que se deben tener en cuenta al realizar el muestreo. Los instrumentos que se utilizaron en el área de estudio son mostrados en el Tabla 4.

**Tabla 4. Instrumentos empleados en el área de estudio.**

Materiales	Equipos	Implementos de Seguridad
Jarra de 1L	Cámara fotográfica	Guardapolvo
Agua destilada	Reloj	Guantes desechable
Dos galones de 15 litros	Vaso precipitado	Mascarilla

**Protocolo para el recojo de muestra:**

- Se utilizaron envases limpios, secos y etiquetados.
- Se emplearon envases de plásticos de polietileno, para los análisis de los parámetros fisicoquímicos.
- Los envases fueron enjuagados tres veces con el agua que se va a recoger; para los análisis biológicos, se llenó completamente al ras del recipiente.
- Para la muestra tomada, se dejó un espacio de aproximadamente 1% de la capacidad del envase a fin de permitir la expansión térmica durante el transporte al laboratorio.
- Se efectuaron mediciones de parámetros en campo (pH, Temperatura, Oxígeno Disuelto, Turbidez y Conductividad).
- Las muestras colectadas fueron conservadas en un cooler a temperatura de refrigeración (4°C). Se aseguró que los envases estén completamente cerrados y que no haya pérdidas, posteriormente se enviaron al laboratorio para los análisis correspondientes.

**Etapa 3: Selección y preparación de las especies macrófitas**

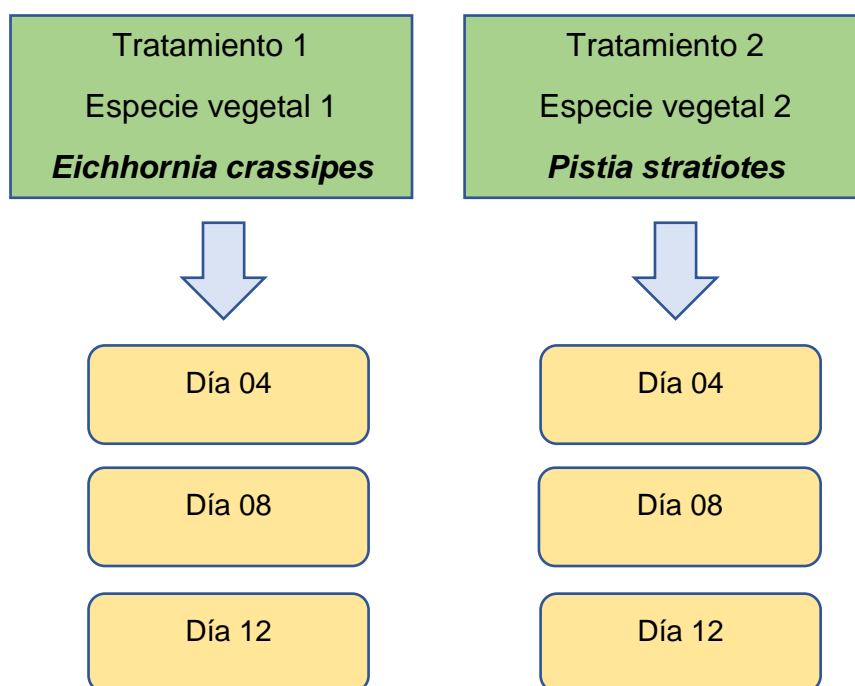
Las especies seleccionadas, se hicieron mediante revisiones bibliográficas, se tomaron en cuenta la capacidad de remoción de los contaminantes del agua residual, por ello se seleccionó la *Eichhornia crassipes* y *Pistia stratiotes*. Otro aspecto que se consideró es la elección de plantas en etapa de crecimiento ya que estas presentan ventajas frente a las adultas como mayor absorción de nutrientes y evita el riesgo de muerte. En la Tabla 5 se muestra las características de las especies macrófitas.

**Tabla 5. Características de las especies macrófitas.**

Macrófita	Número de plantas	Altura	Número de hojas	Color
<i>Eichhornia crassipes</i>	16	7 cm	6	verde
<i>Pistia stratiotes</i>	16	6 cm	10	verde

#### **Etapa 4: Planeamiento experimental**

Se realizó el planeamiento experimental con dos tratamientos, cuyos muestreos fueron cada 4 días y tomadas en la salida de los biofiltros. Al culminar el proceso de biofiltración durante las dos semanas de tratamiento, las muestras pasaron por el proceso de ozonización como tratamiento final. Los tratamientos se detallan en la Figura 6.



**Figura 6. Distribución de los tratamientos.**

## Etapa 5: Elaboración de los biofiltros y fase de tratamiento

Para la elaboración de los biofiltros se requirieron de materiales y especies macrófitas, las cuales se mencionan en la Tabla 6.

**Tabla 6. Materiales para la elaboración de los biofiltros.**

Materiales	Cantidad (Unid-Kg)
Galones PVC de 15 litros de capacidad	2
Recipientes de plásticos transparentes de 25 litros	2
Tubo de PVC de ½ pulgada	--
Llaves de paso	2
Adaptadores	2
Empaques	2
Planta acuática <i>Eichhornia crassipes</i>	12
Planta acuática <i>Pistia stratiotes</i>	12
Algodón	--
Grava	6 Kg
Piedra pómez	5 Kg

Se empezó con el armado de los biofiltros con diferentes composiciones, para lo cual se utilizaron dos recipientes de plásticos y se tuvo en cuenta las dimensiones de los biofiltros que fueron de 50, 25 y 30 cm de ancho, largo y alto respectivamente. Una vez instalado los biofiltros se realizó el tratamiento del agua residual a partir del 13 de octubre de 2020, el 16 de octubre de 2020 se recolectaron las muestras a la salida de los biofiltros para la caracterización respectiva a los primeros 4 días de tratamiento, el 19 de octubre de 2020 se realizó la segunda caracterización, y el 22 de octubre de 2020 correspondiente a la caracterización final. Para favorecer la aireación de los materiales filtrantes, se instalaron tubos de forma vertical y en la base final de los biofiltros se colocó una válvula para la salida del agua tratada.

Los materiales filtrantes, piedra pómez, grava y el algodón fueron seleccionados previa revisión bibliográfica, además que estas han sido empleadas en diversas investigaciones y se hayan obtenido resultados favorables. Los materiales filtrantes fueron colocados de manera ascendente tanto para el biofiltro 1 y el biofiltro 2, primero se colocó el algodón, luego se procedió a colocar la piedra pómez, la grava, y finalmente las especies macrófitas respectivamente.

Los factores de operación que se emplearon para evaluar el sistema de tratamiento de los biofiltros fueron los siguientes:

Para determinar el caudal se empleó la ecuación 8.

- **Caudal (Q): cm<sup>3</sup>/min**

$$Q = \frac{V}{T} \quad (5)$$

V: Volumen en mililitros.

T: Tiempo en minutos.

Además, para determinar el volumen de los biofiltros fueron calculados mediante la ecuación 9, y para calcular el área se tuvo en cuenta las dimensiones de los biofiltros, para ello se empleó la ecuación 10.

- **Volumen de los biofiltros (V): en ml**

$$V = \text{largo} \times \text{ancho} \times \text{alto} \quad (6)$$

Alto: en centímetros.

Largo: en centímetros.

Ancho: en centímetros.

- **Área de los biofiltros (A): en m<sup>2</sup>**

$$A = \text{base} \times \text{altura} \quad (7)$$

Base: en centímetros.

Altura: en centímetros.



## **Etapa 6: Procesos para el tratamiento de las aguas residuales**

- **Proceso de biofiltración**

El proceso inició con la incorporación de los lechos filtrantes, las especies vegetales y la muestra del efluente industrial. Se dio la supervisión diaria de las macrófitas frente al agua, puesto que las macrófitas que se emplearon fueron de bajo requerimiento lo que facilitó su adaptación. Se realizaron controles periódicamente de las muestras durante los 12 días de tratamiento con el propósito de lograr la disminución de los contaminantes estudiados del agua residual.

- **Proceso de ozonización**

El proceso de ozonización inició después del pretratamiento de biofiltración. Las muestras que se extrajeron periódicamente cada cuatro días fueron ozonizadas y expuestas a diferentes tiempos que fueron de 1 a 45 minutos, con el propósito de lograr un mayor nivel de agua tratada y una mejor remoción de los contaminantes estudiados.

Dicho proceso empezó con la introducción del gas de ozono a través de un tubo de plástico flexible y difusor o burbujeador (piedra pómez) que fueron colocados en el reactor y así inició el proceso de ozonización. La producción de ozono ocurrió por descargas eléctricas por parte del reactor (celda generadora de ozono) con dosis fija de 500 mg/h. El proceso se llevó a cabo a una temperatura ambiente y con un pH no controlado, además se respetó los diferentes tiempos de ozonización establecidos en la Ficha 4. Culminado el proceso de ozonización, las muestras tratadas fueron llevadas al laboratorio para los análisis respectivos.

### **3.6 Método de análisis de datos**

Los datos recolectados al culminar los procesos simultáneos fueron procesadas a través de programa Microsoft Office Excel con la finalidad de sintetizar y analizar los resultados mediante gráficos de barra. Para la contrastación de hipótesis, se empleó la estadística cuantitativa – inferencial, para ello se utilizó el software SPSS, y se determinó la prueba de normalidad con Shapiro-wilk, la prueba de homogeneidad de varianza, prueba de ANOVA y la prueba de Tukey.

### **3.7 Aspectos éticos**

Para el desarrollo de la investigación se realizó la revisión de artículos científicos, textos, tesis, libros virtuales, en donde se extrajeron definiciones, imágenes y diferentes informaciones sobre el tema estudiado; se respetó la propiedad intelectual haciendo uso de las citas correspondientes empleando la norma ISO 690. Asimismo, se respetó el código de ética establecido en la resolución de consejo universitario N° 0126-2017/UCV, el reglamento de Investigación de la Universidad Cesar Vallejo, resolución de vicerrectorado de investigación N°004-2020-VI-UCV, líneas de investigación y la guía de productos de investigación 2020. Además, se usó el software Turnitin para verificar la originalidad del trabajo.

#### IV. RESULTADOS

En este capítulo del informe de investigación se detalla los resultados que se obtuvieron después de emplear los sistemas de tratamientos: biofiltración seguida de ozonización durante dos semanas de tratamiento en diferentes periodos y tiempos de contacto con el gas ozono, que fueron de 15, 30 y 45 minutos.

##### 4.1 Resultados descriptivos

En la Tabla 7 se presentan los valores de la muestra inicial de los parámetros, cuyos valores superan el límite establecido en la normativa peruana vigente (DS 010-2019 – Vivienda).

**Tabla 7. Resultados iniciales de los análisis fisicoquímicos.**

Parámetro	Unidad	VMA	Muestra inicial
Potencial Hidrógeno	unidad	< 6-9	8.71
Conductividad eléctrica	µs/cm	-	3062
Turbidez	NTU	-	78.4
Sólidos Suspendidos totales	mg/l	500	466
Demanda bioquímica de oxígeno	mgO <sub>2</sub> /l	500	516
Demanda química de oxígeno	mgO <sub>2</sub> /l	1000	1141
Manganeso	mg/l	4	5.89
Plomo	mg/l	0,5	1.34
Hierro (*)	mg/l	3	16.4

\*Tomado de normativa colombiana

En la Tabla 8 y 9 se presentan los resultados que se obtuvieron después de aplicar los sistemas de tratamiento.

**Tabla 8. Resultados de análisis fisicoquímicos después del tratamiento 1.**

Sistema de tratamiento 1 (biofiltración 1 seguida de ozonización)						
Parámetro	Unidad	Muestra inicial	Repeticiones	Períodos - ozonización		
				Día 04 (15 min O <sub>3</sub> )	Días 08 (30 min O <sub>3</sub> )	Día 12 (45 min O <sub>3</sub> )
pH	unidad	8.71	T1-R1	7.82	7.85	7.83
			T1-R2	7.82	7.87	7.83
			T1-R3	7.84	7.84	7.81
			$\bar{x}$	7.83	7.85	7.82
C.E	$\mu\text{s/cm}$	3062	T1-R1	3.18	3.14	3.11
			T1-R2	3.18	3.14	3.13
			T1-R3	3.18	3.17	3.13
			$\bar{x}$	3.18	3.15	3.12
Turbidez	NTU	78.4	T1-R1	7.76	6.24	6.07
			T1-R2	7.78	6.17	6.11
			T1-R3	7.76	6.17	6.07
			$\bar{x}$	7.77	6.19	6.08
S.S.T	mg/l	466	T1-R1	75.1	54.2	51.3
			T1-R2	75.8	54.7	51.7
			T1-R3	74.2	54.7	51.7
			$\bar{x}$	75	55	52
DBO <sub>5</sub>	mgO <sub>2</sub> /l	516	T1-R1	244	211	218
			T1-R2	247	209	224
			T1-R3	441	209	218
			$\bar{x}$	311	210	220
DQO	mgO <sub>2</sub> /l	1141	T1-R1	681	421	427
			T1-R2	681	421	427
			T1-R3	686	418	421
			$\bar{x}$	683	420	425
Pb	mg/l	1.34	T1-R1	0.061	0.042	0.036
			T1-R2	0.076	0.045	0.041
			T1-R3	0.074	0.038	0.032
			$\bar{x}$	0.07	0.042	0.036
Mn	mg/l	5.89	T1-R1	2.37	2.12	2.05
			T1-R2	3.37	2.09	2.03
			T1-R3	3.42	2.12	2.03
			$\bar{x}$	3.05	2.11	2.04
Fe	mg/l	16.4	T1-R1	4.42	4.41	4.43
			T1-R2	4.47	4.45	4.45
			T1-R3	4.42	4.41	4.43
			$\bar{x}$	4.44	4.42	4.44

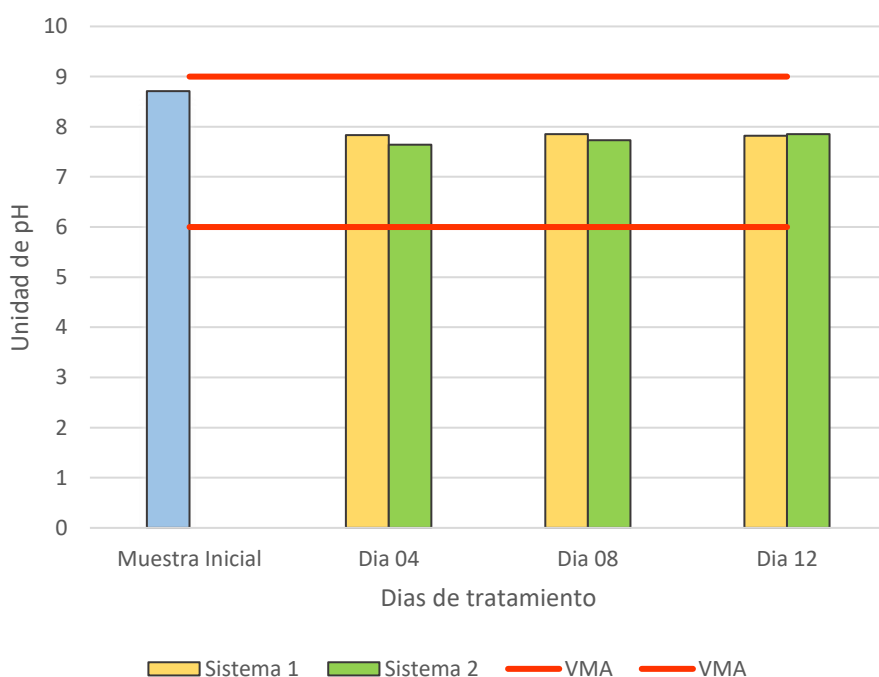
**Tabla 9. Resultados de análisis fisicoquímicos después del tratamiento 2.**

<b>Sistema de tratamiento 2 (biofiltración 2 seguida de ozonización)</b>						
Parámetro	Unidad	Muestra inicial	Repeticiones	Períodos-Ozonización		
				Día 04 (15 min O <sub>3</sub> )	Día 08 (30 min O <sub>3</sub> )	Día 12 (45 min O <sub>3</sub> )
pH	Unidad	8.71	T2-R1	7.64	7.74	7.86
			T2-R2	7.63	7.73	7.84
			T2-R3	7.64	7.73	7.84
			$\bar{x}$	7.64	7.73	7.85
C.E	μs/cm	3062	T2-R1	3.16	3.14	3.16
			T2-R2	3.16	3.18	3.16
			T2-R3	3.15	3.18	3.11
			$\bar{x}$	3.16	3.17	3.14
Turbidez	NTU	78.4	T2-R1	7.35	6.11	6.04
			T2-R2	7.35	6.11	6.04
			T2-R3	7.37	6.15	6.04
			$\bar{x}$	7.36	6.12	6.04
S.S.T	mg/l	466	T2-R1	62.5	54.6	53.1
			T2-R2	63.7	53.1	53.1
			T2-R3	63.9	53.6	52.4
			$\bar{x}$	63.37	53.77	52.87
DBO <sub>5</sub>	mgO <sub>2</sub> /l	516	T2-R1	219	214	236
			T2-R2	215	211	231
			T2-R3	219	211	231
			$\bar{x}$	218	212	233
DQO	mgO <sub>2</sub> /l	1141	T2-R1	617	406	427
			T2-R2	611	412	422
			T2-R3	611	412	422
			$\bar{x}$	613	410	424
Pb	mg/l	1.34	T2-R1	0.048	0.038	0.031
			T2-R2	0.042	0.032	0.032
			T2-R3	0.045	0.032	0.031
			$\bar{x}$	0.045	0.034	0.03
Mn	mg/l	5.89	T2-R1	2.39	2.12	2.11
			T2-R2	2.44	2.14	2.11
			T2-R3	2.32	2.12	2.09
			$\bar{x}$	2.38	2.13	2.10
Fe	mg/l	16.4	T2-R1	4.18	4.26	4.36
			T2-R2	4.15	4.26	4.33
			T2-R3	4.21	4.28	4.35
			$\bar{x}$	4.18	4.27	4.35

#### 4.1.1 Análisis de resultados de los parámetros estudiados

- pH

En la Figura 7 se muestra el comportamiento del pH durante los doce días de tratamiento. Asimismo, se observa que el valor inicial del pH es de 8.71, lo cual se encuentra dentro del rango permitido por la normativa peruana. De igual forma, se puede decir que el pH del efluente se reduce levemente conforme a los días de muestreos y a los diferentes tiempos de ozonización, manteniendo el efluente dentro de los valores límites permitidos. La máxima reducción del parámetro se da en el doceavo día con 45 minutos de ozonización, con un valor de 7.82. Por otro lado, al emplear el segundo sistema, también se consiguió reducir y mantener en diferentes tiempos de tratamiento, logrando una máxima reducción de pH de 7.64 en el cuarto día de tratamiento.

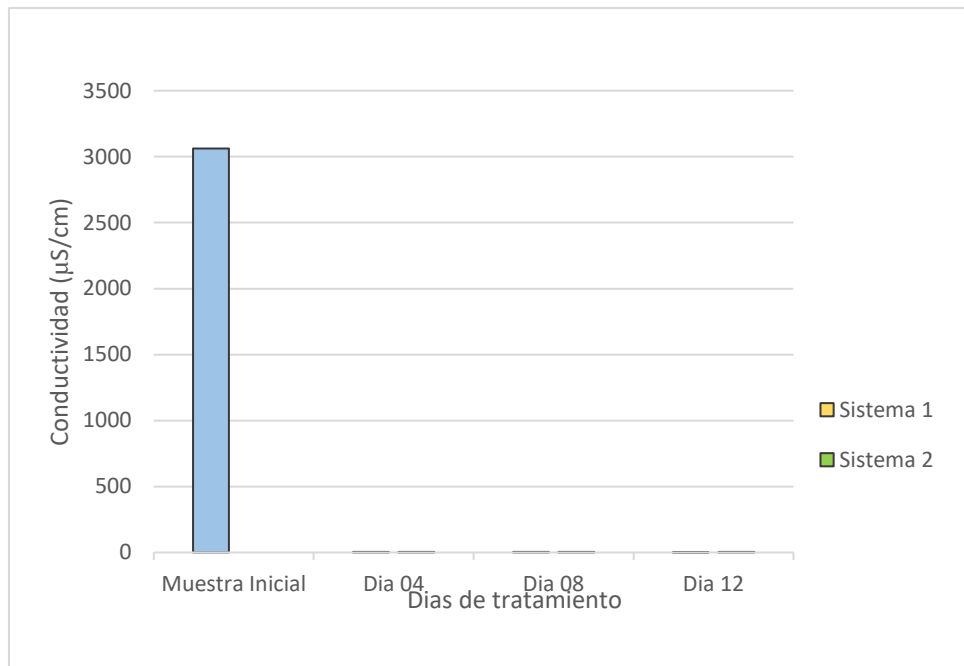


**Figura 7. Concentración del pH en función de los días de tratamiento.**

**Tiempos de ozonización: día 4 = 15 min, día 8 = 30 min y día 12 = 45 min.**

- **Conductividad Eléctrica (C.E)**

En la Figura 8 se muestra el comportamiento de la C.E durante las dos semanas de tratamiento por parte de ambos sistemas. Se logra reducir el parámetro inicial cuyo valor fue 3062  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ; la máxima reducción por parte del primer y segundo sistema fue de 3.12  $\mu\text{S}/\text{cm}$  y 3.14  $\mu\text{S}/\text{cm}$  respectivamente, en el doceavo día de tratamiento con 45 minutos de ozonización.

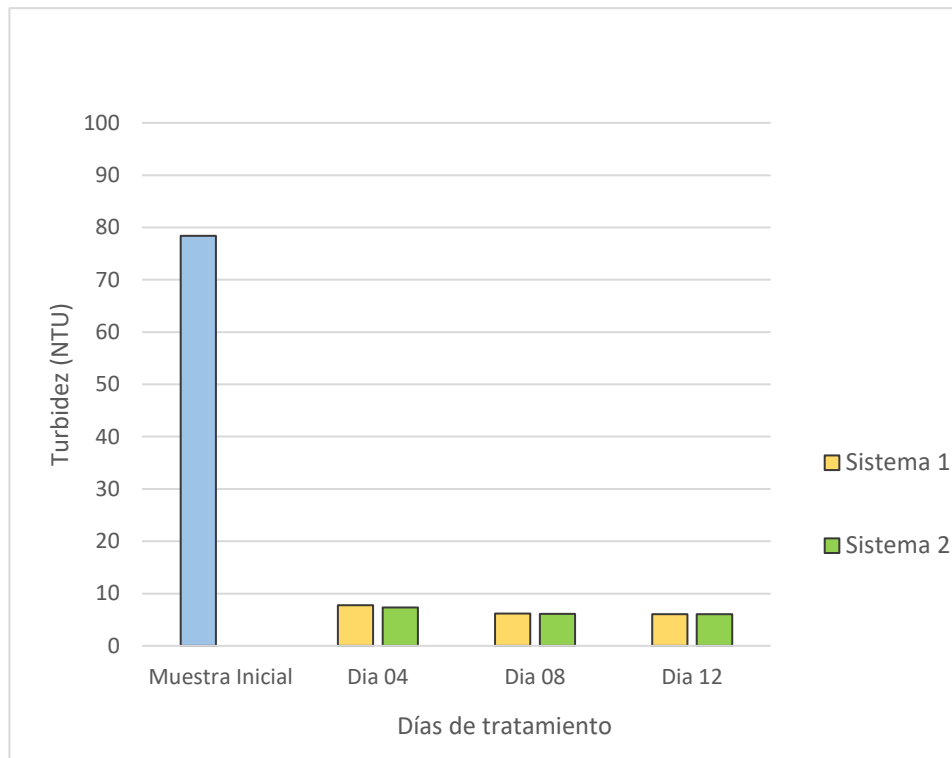


**Figura 8. Concentración de la C.E en función de los días de tratamiento.**

**Tiempos de ozonización: día 4 = 15 min, día 8 = 30 min y día 12 = 45 min.**

- **Turbidez**

Los valores de la turbidez se expresan en NTU y están relacionadas al color que presenta el agua residual. En la Figura 9 se muestra los valores de la turbidez tanto antes como después del tratamiento. El valor inicial del parámetro fue de 78.4 NTU. Por otro lado, las variaciones de la turbidez después del tratamiento casi son las mismas, no obstante, la máxima reducción por parte del primer y segundo sistema fue de 6.08 NTU y 6.04 NTU respectivamente durante el doceavo día de tratamiento con 45 minutos de ozonización.

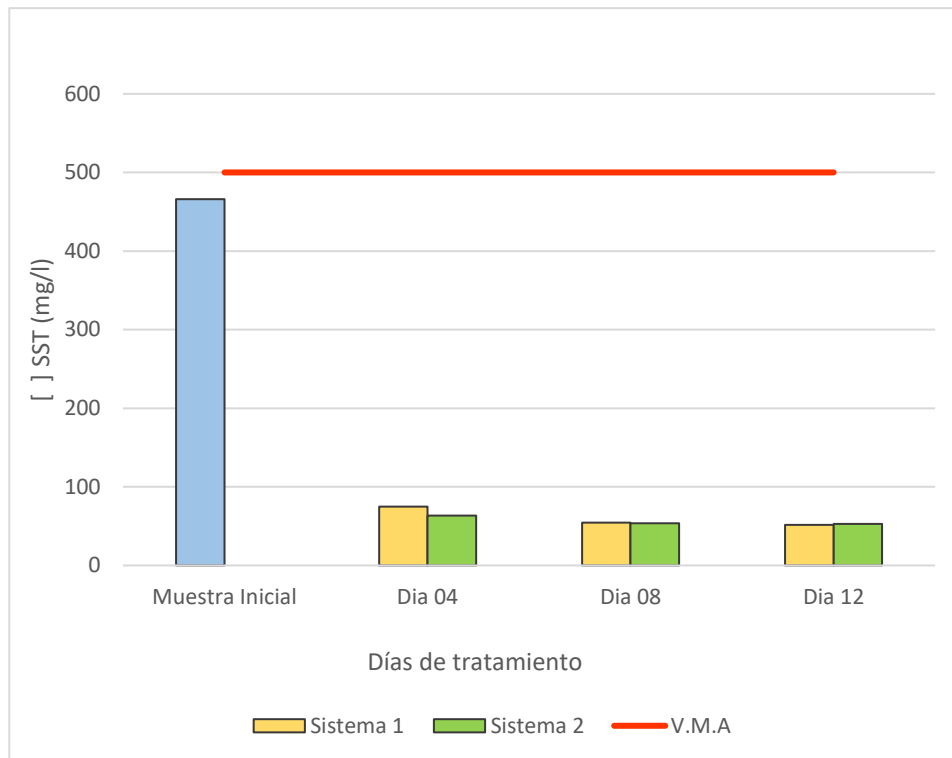


**Figura 9. Concentración de la turbidez en función de los días de tratamiento. Tiempos de ozonización: día 4 = 15 min, día 8 = 30 min y día 12 = 45 min.**

- **Sólidos suspendidos totales (SST)**

Las aguas del efluente industrial presentaron una concentración inicial de 466 mg/l de los SST. Estos se producen mediante la aglomeración de partículas del efluente, estos sólidos están compuestos en su totalidad de pequeños trozos de plásticos, papel presente en la etiqueta que se desprenden después del lavado del plástico reciclado. En la Figura 10 se muestra los valores del efluente tratado, que a su vez estos varían significativamente menor que la concentración inicial, sin embargo, se puede observar que la máxima reducción de los S.S.T por parte de ambos sistemas de tratamientos, se dan en el doceavo día de tratamiento con valores de remoción de 51.6 mg/l y 52.9 mg/l con 45 minutos de ozonización.

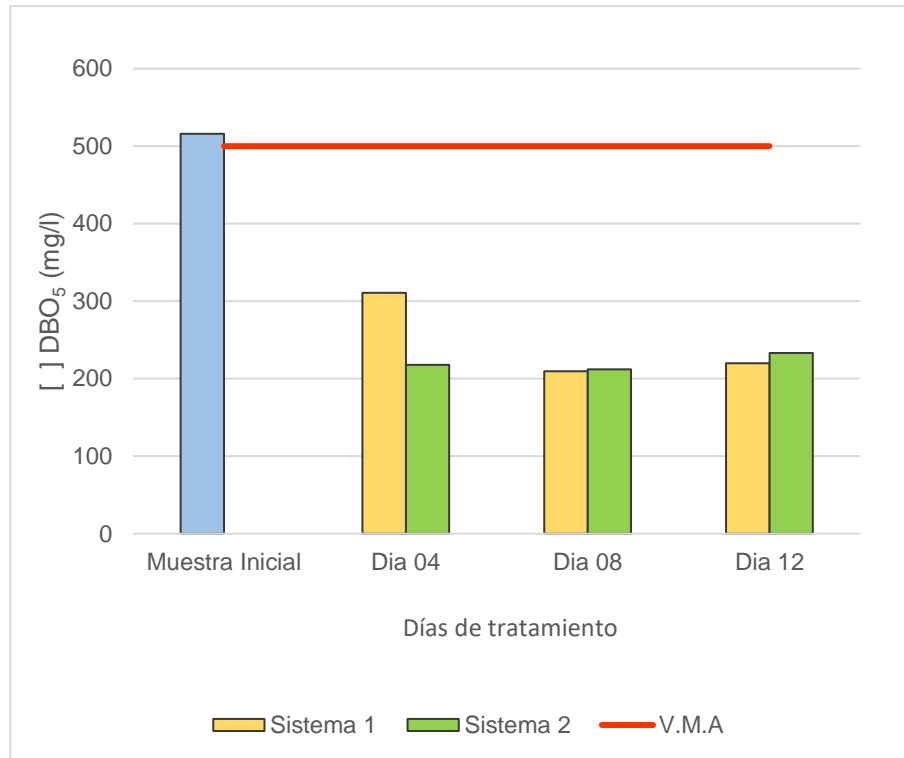




**Figura 10. Concentración de los SST en función de los días de tratamiento. Tiempos de ozonización: día 4 = 15 min, día 8 = 30 min y día 12 = 45 min.**

### 1. Demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>)

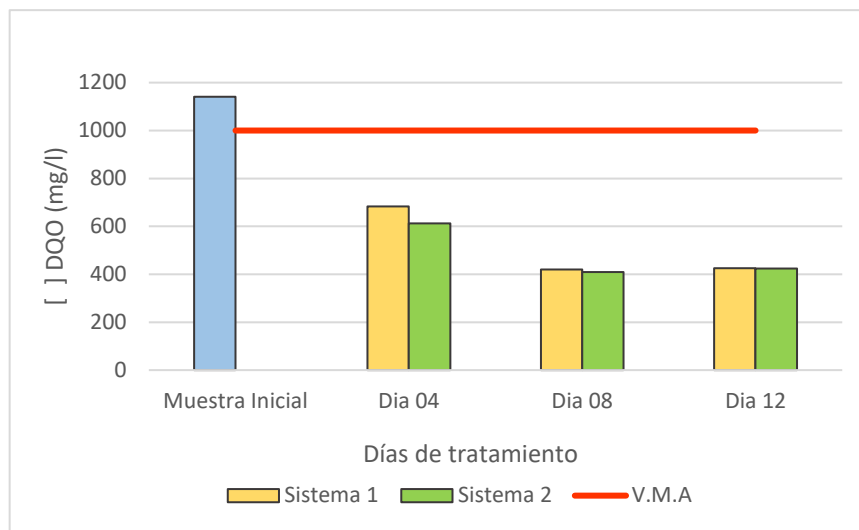
La DBO<sub>5</sub> está directamente relacionado con el grado de suciedad de la materia prima reciclada. La Figura 11 muestra el valor inicial del parámetro que fue 516 mgO<sub>2</sub>/l, los mejores resultados de eliminación se produjo en el octavo día de tratamiento con valores de 209 mgO<sub>2</sub>/l y 212 mgO<sub>2</sub>/l por parte de ambos sistemas de tratamiento con 30 minutos de ozonización.



**Figura 11. Concentración de la DBO<sub>5</sub> en función de los días de tratamiento. Tiempos de ozonización: día 4 = 15 min, día 8 = 30 min y día 12 = 45 min.**

## 2. Demanda química de oxígeno (DQO)

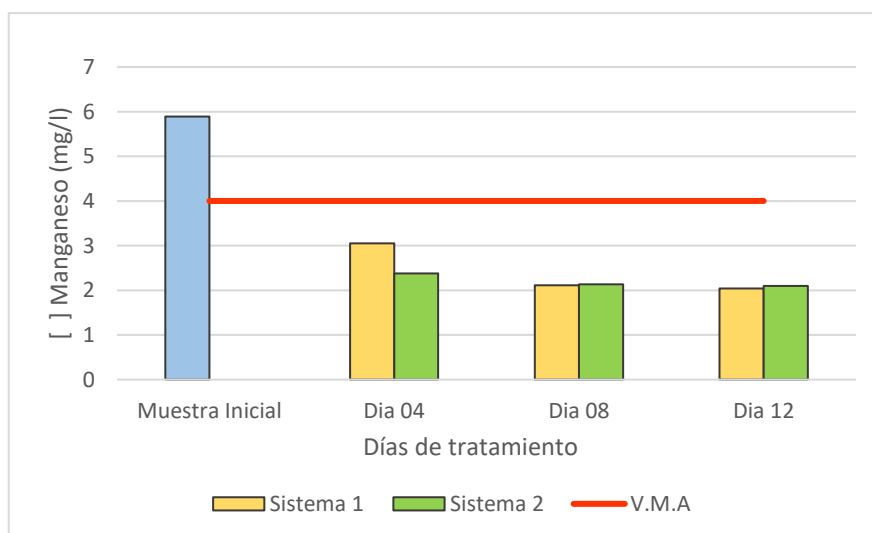
El valor de la DQO y la DBO<sub>5</sub> están directamente relacionado con el grado de suciedad de la materia prima reciclada como también la presencia de residuos de origen orgánico y la presencia de materiales químicos como pigmento de pinturas en los envases, etc. La Figura 12 muestra los valores por parte de ambos sistemas. Para lo cual se aprecia una reducción considerable de la DQO en el octavo día de tratamiento y con 30 minutos de ozonización, se aprecia que la máxima reducción es de 420 mgO<sub>2</sub>/l y 410 mg O<sub>2</sub>/l respectivamente.



**Figura 12. Concentración de la DQO en función de los días de tratamiento. Tiempos de ozonización: día 4 = 15 min, día 8 = 30 min y día 12 = 45 min.**

### 3. Manganeso (Mn)

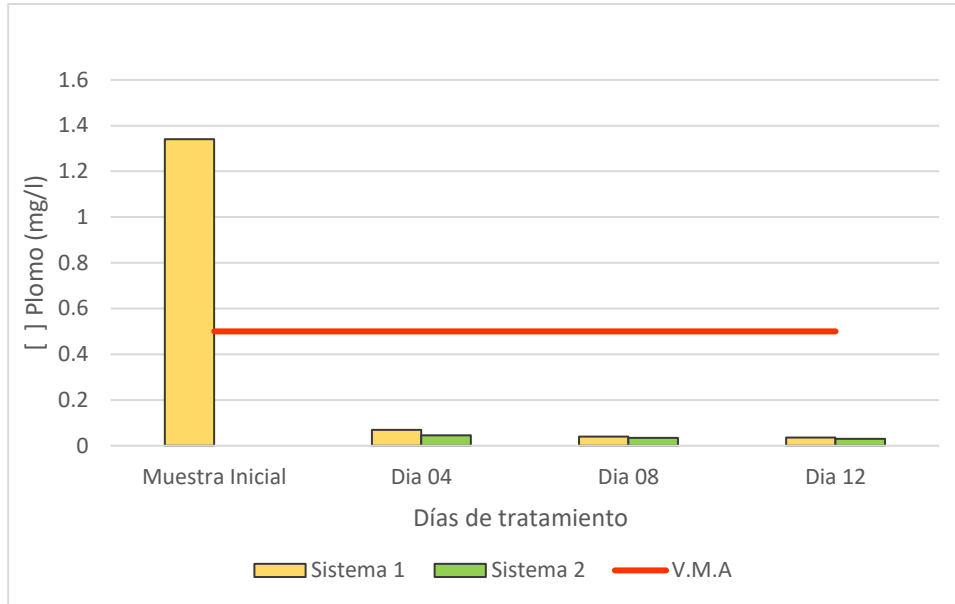
La Figura 13 muestra los valores del metal Mn, lo cual el valor inicial fue de 5.89 mg/l evidenciando que después de la aplicación de los sistemas propuestos, los valores del Mn se reducen, no obstante, se aprecia en el doceavo día de tratamiento con 45 minutos de ozonización las concentraciones de metales pesados de la muestra tratadas son de 2.04 mg/l y 2.1 mg/l.



**Figura 13. Concentración del Mn en función de los días de tratamiento. Tiempos de ozonización: día 4 = 15 min, día 8 = 30 min y día 12 = 45 min.**

#### 4. Plomo (Pb)

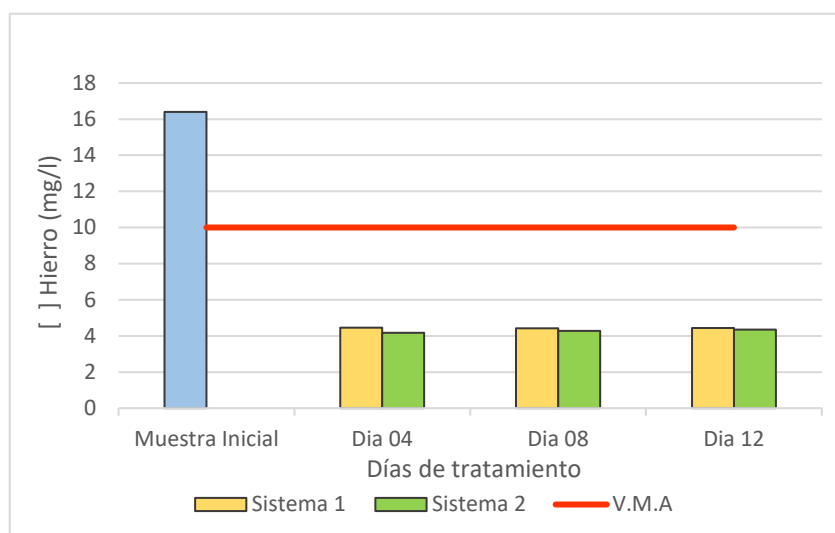
En la Figura 14 muestra los valores que varían después de los tratamientos respecto a la muestra inicial que fue 1.34 mg/l; Los valores que mejor reducción presenta se da en el doceavo día de tratamiento con 0.036 mg/l y 0.03 mg/l por parte del primer y segundo sistema con 45 minutos de ozonización.



**Figura 14. Concentración del Pb en función de los días de tratamiento. Tiempos de ozonización: día 4 = 15 min, día 8 = 30 min y día 12 = 45 min.**

#### 5. Hierro (Fe)

En la Figura 15 se aprecia que los sistemas propuestos redujeron considerablemente el metal del efluente industrial, respecto a la muestra inicial que fue 14.4 mg/l; la reducción por parte del primer sistema es de 4.42 mg/l al octavo día con 30 minutos de ozonización, y 4.18 mg/l en el cuarto día con 15 minutos de ozonización por parte del segundo sistema de tratamiento.



**Figura 15. Concentración del Fe en función de los días de tratamiento. Tiempos de ozonización: día 4 = 15 min, día 8 = 30 min, día 12 = 45 min.**

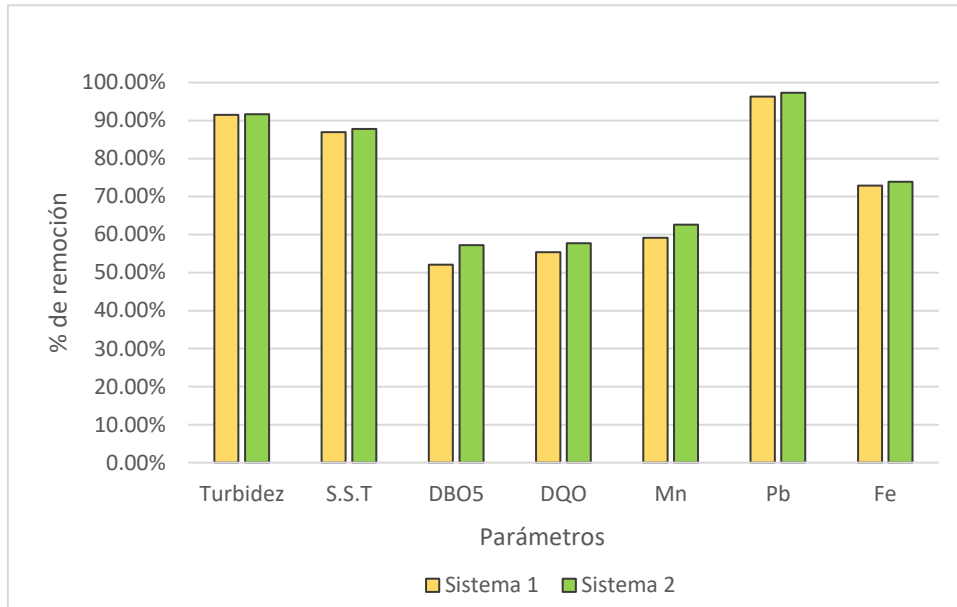
#### **4. 2 Resultados del porcentaje de remoción de los parámetros químicos, utilizando los sistemas de tratamiento**

En la Tabla 10 se muestra el porcentaje de remoción de los parámetros estudiados después de la aplicación de los sistemas de tratamiento biofiltración seguida de ozonización, las cuales se obtuvieron en un período de 12 días con diferentes minutos de ozonización.

**Tabla 10. Eficiencia de los parámetros fisicoquímicos después de aplicar los sistemas de tratamiento en diferentes días y tiempos de ozonización.**

	<b>Turbidez</b>	<b>SST</b>	<b>DBO<sub>5</sub></b>	<b>DQO</b>	<b>Mn</b>	<b>Pb</b>	<b>Fe</b>
<b>Sistema 1</b>	91.5 %	87 %	52.1 %	55.4 %	59.2 %	96.3 %	72.9 %
<b>Sistema 2</b>	91.7 %	87.8%	57.2 %	57.7 %	62.6 %	97.3%	73.9 %

En la Figura 16 se presenta el porcentaje de remoción de los contaminantes estudiados por parte de los sistemas de tratamientos; los parámetros medidos fueron: turbidez, SST, DBO<sub>5</sub>, DQO, Mn, Pb y Fe, obtenidos en un período de doce días.



**Figura 16. Porcentaje de remoción de los parámetros estudiados después de aplicar los sistemas de tratamiento biofiltración seguida de ozonización.**

A partir de la Figura 16 se apreció que el segundo sistema de tratamiento, presento un mayor porcentaje de remoción, puesto que redujo la turbidez en un 91.7%, los SST en 87.8%, la DBO<sub>5</sub> en 57.2 %, la DQO en 57.7 %, el Mn en 62.6 %, el Pb en 97.3% y el Fe en 73.9 %.

## 4.2 Resultados inferenciales

Para determinar la técnica estadística a emplear se inició calculando la prueba de normalidad en cada parámetro estudiado. Asimismo, se procedió a realizar los estadísticos prueba de homogeneidad de varianzas, prueba ANOVA y prueba de Tukey.

**Tabla 11. Prueba de normalidad para el pH.**

Pruebas de normalidad							
	Tratamiento	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
pH	Inicial	,282	3	.	,936	3	,510
	Sistema 1, día 4 (15 min) ozono	,253	3	.	,279	3	,637
	Sistema 1, día 8 (30 min) ozono	,253	3	.	,186	3	,637
	Sistema 1, día 12 (45 min) ozono	,569	3	.	,269	3	,070
	Sistema 2, día 4 (15 min) ozono	,986	3	.	,875	3	,369
	Sistema 2, día 8 (30 min) ozono	,258	3	.	,258	3	,065
	Sistema 2, día 12(45 min) ozono	,159	3	.	,147	3	,235

a. Corrección de significación de Lilliefors

### Contraste de hipótesis - Prueba de normalidad

Se aplica el estadístico de prueba Shapiro Wilk con un nivel de confianza del 95% para los datos del agua, la cantidad de muestras es menor a 30. Se tiene una muestra de 3 repeticiones iniciales y finales.

Shapiro Wilk < 30 muestra

Kolmogorv- Smirnov > de 30 muestra

### Prueba de hipótesis:

**H<sub>0</sub>:** Los datos proceden de una distribución normal.

**H<sub>1</sub>:** Los datos no proceden de una distribución normal.

### Regla de decisión:

Sig. ≤ 0,05 Se rechaza la **H<sub>1</sub>**, se acepta la **H<sub>0</sub>**

Sig. > 0,05 Se acepta la **H<sub>1</sub>**, se rechaza la **H<sub>0</sub>**

**Resultado /Conclusión:**

**P valor** mayor de **0,05** entonces se acepta la **H<sub>0</sub>**; los datos proceden de una distribución normal.

**Tabla 12. Prueba de homogeneidad de varianzas para el pH.**

Prueba de homogeneidad de varianzas					
		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
pH	Se basa en la media	5,262	6	14	,005
	Se basa en la mediana	1,318	6	14	,312
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	1,318	6	3,445	,428
	Se basa en la media recortada	4,824	6	14	,007

**Contraste de hipótesis – Prueba de Levene**

Se realiza la homogeneidad de varianza para los datos del análisis inicial y final del agua, para ello se determina mediante la prueba de Levene.

**Prueba de hipótesis:**

**H<sub>0</sub>**: Se asumen que las varianzas son iguales.

**H<sub>1</sub>**: Se asumen que las varianzas no son iguales.

**Regla de decisión:**

Sig.  $\leq$  0,05 Se rechaza la **H<sub>0</sub>**, se acepta la **H<sub>1</sub>**

Sig.  $>$  0,05 Se acepta la **H<sub>0</sub>**, se rechaza la **H<sub>1</sub>**

**Resultado / Conclusión:**

**P valor** menor de **0,05** entonces se acepta la **H<sub>1</sub>**: Se asume que las varianzas no son iguales, sino que son homogéneas.

**Tabla 13. Prueba de ANOVA para el pH.**

ANOVA					
pH					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	2,383	6	,397	689,306	,000
Dentro de grupos	,008	14	,001		
Total	2,391	20			



### Prueba de hipótesis:

**H<sub>0</sub>:** Los sistemas de tratamiento no tienen efectos positivos en los parámetros fisicoquímicos (pH) de las aguas residuales de peletizado de plásticos.

**H<sub>1</sub>:** Los sistemas de tratamiento tienen efectos positivos en los parámetros fisicoquímicos (pH) de las aguas residuales de peletizado de plásticos.

### Regla de decisión:

Sig.  $\leq$  0,05 Se rechaza la **H<sub>0</sub>**, se acepta la **H<sub>1</sub>**

Sig.  $>$  0,05 Se acepta la **H<sub>0</sub>**, se rechaza la **H<sub>1</sub>**

### Resultado /discusión:

**P valor** menor de **0,05** entonces se acepta la **H<sub>1</sub>**: Los sistemas de tratamiento tienen efectos positivos en los parámetros fisicoquímicos (pH) de las aguas residuales de peletizado de plásticos.

**Tabla 14. Prueba de Tukey para el pH.**

Comparaciones múltiples						
Variable dependiente: pH Sistema 2, día 4 (15 min) ozono						
HSD Tukey Sistema 1, día 4 (15 min) ozono						
(I) Tratamiento	(J) Tratamiento	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
Inicial	Sistema 1, día 4 (15 min) ozono	,90333*	,01960	,000	,8364	,9703
	Sistema 1, día 8 (30 min) ozono	,87333*	,01960	,000	,8064	,9403
	Sistema 1, día 12 (45 min) ozono	,90333*	,01960	,000	,8364	,9703
	Sistema 2, día 4 (15 min) ozono	1,09000*	,01960	,000	1,0231	1,1569
	Sistema 2, día 8 (30 min) ozono	,99333*	,01960	,000	,9264	1,0603
	Sistema 2, día 12 (45 min) ozono	,88000*	,01960	,000	,8131	,9469
Sistema 1, día 4 (15 min) ozono	Inicial	-,90333*	,01960	,000	-,9703	-,8364
	Sistema 1, día 8 (30 min) ozono	-,03000	,01960	,724	-,0969	,0369
	Sistema 1, día 12 (45 min) ozono	,00000	,01960	1,000	-,0669	,0669

	Sistema 2, día 4 (15 min) ozono	,18667*	,01960	,000	,1197	,2536
	Sistema 2, día 8 (30 min) ozono	,09000*	,01960	,006	,0231	,1569
	Sistema 2, día 12 (45 min) ozono	-,02333	,01960	,887	-,0903	,0436
Sistema 1 día 8 (30 min) ozono	Inicial	-,87333*	,01960	,000	-,9403	-,8064
	Sistema 1, día 4 (15 min) ozono	,03000	,01960	,724	-,0369	,0969
	Sistema 1, día 12 (45 min) ozono	,03000	,01960	,724	-,0369	,0969
	Sistema 2, día 4 (15 min) ozono	,21667*	,01960	,000	,1497	,2836
	Sistema 2, día 8 (30 min) ozono	,12000*	,01960	,000	,0531	,1869
	Sistema 2, día 12 (45 min) ozono	,00667	,01960	1,000	-,0603	,0736
Sistema 1 día 12 (45 min) ozono	Inicial	-,90333*	,01960	,000	-,9703	-,8364
	Sistema 1, día 4 (15 min) ozono	,00000	,01960	1,000	-,0669	,0669
	Sistema 1, día 8 (30 min) ozono	-,03000	,01960	,724	-,0969	,0369
	Sistema 2, día 4 (15 min) ozono	,18667*	,01960	,000	,1197	,2536
	Sistema 2, día 8 (30 min) ozono	,09000*	,01960	,006	,0231	,1569
	Sistema 2, día 12 (45 min) ozono	-,02333	,01960	,887	-,0903	,0436
Sistema 2 día 4 (15 min) ozono	Inicial	-1,09000*	,01960	,000	-1,1569	-1,0231
	Sistema 1, día 4 (15 min) ozono	-,18667*	,01960	,000	-,2536	-,1197
	Sistema 1, día 8 (30 min) ozono	-,21667*	,01960	,000	-,2836	-,1497
	Sistema 1, día 12 (45 min) ozono	-,18667*	,01960	,000	-,2536	-,1197
	Sistema 2, día 8 (30 min) ozono	-,09667*	,01960	,003	-,1636	-,0297
	Sistema 2, día 12 (45 min) ozono	-,21000*	,01960	,000	-,2769	-,1431
Sistema 2 día 8 (30 min) ozono	Inicial	-,99333*	,01960	,000	-1,0603	-,9264
	Sistema 1, día 4 (15 min) ozono	-,09000*	,01960	,006	-,1569	-,0231
	Sistema 1, día 8 (30 min) ozono	-,12000*	,01960	,000	-,1869	-,0531

	Sistema 1, día 12 (45 min) ozono	-,09000*	,01960	,006	-,1569	-,0231
	Sistema 2, día 4 (15 min) ozono	,09667*	,01960	,003	,0297	,1636
	Sistema 2, día 12 (45 min) ozono	-,11333*	,01960	,001	-,1803	-,0464
Sistema 2 día 12 (45 min) ozono	Inicial	-,88000*	,01960	,000	-,9469	-,8131
	Sistema 1, día 4 (15 min) ozono	,02333	,01960	,887	-,0436	,0903
	Sistema 1, día 8 (30 min) ozono	-,00667	,01960	1,000	-,0736	,0603
	Sistema 1, día 12 (45 min) ozono	,02333	,01960	,887	-,0436	,0903
	Sistema 2, día 4 (15 min) ozono	,21000*	,01960	,000	,1431	,2769
	Sistema 2, día 8 (30 min) ozono	,11333*	,01960	,001	,0464	,1803
*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.						

### Prueba de hipótesis:

**H<sub>0</sub>:** No existe algún cambio o diferencia entre los sistemas del tratamiento de agua.

**H<sub>1</sub>:** Existe algún cambio o diferencia, entre los sistemas del tratamiento de agua.

### Regla de decisión:

Sig.  $\leq$  0,05 Se rechaza la **H<sub>0</sub>**, se acepta la **H<sub>1</sub>**

Sig.  $>$  0,05 Se acepta la **H<sub>0</sub>**, se rechaza la **H<sub>1</sub>**

### Resultado /discusión:

**P valor** mayor de **0,05** entonces se acepta la **H<sub>1</sub>**: Existe algún cambio o diferencia, entre los sistemas del tratamiento de agua.

**Tabla 15. Prueba de normalidad para la turbidez.**

Pruebas de normalidad							
	Tratamiento	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Turbidez	Inicial	,298	3	.	,916	3	,439
	Sistema 1, día 4 (15 min) ozono	,253	3	.	,964	3	,637
	Sistema 1, día 8 (30 min) ozono	,276	3	.	,942	3	,537
	Sistema 1, día 12 (45 min) ozono	,385	3	.	,750	3	,178
	Sistema 2, día 4 (15 min) ozono	,253	3	.	,964	3	,637
	Sistema 2, día 8 (30 min) ozono	,175	3	.	1,000	3	1,000
	Sistema 2, día 12(45 min) ozono	,292	3	.	,923	3	,463

a. Corrección de significación de Lilliefors

### Contraste de hipótesis - Prueba de normalidad

Se aplica el estadístico de prueba Shapiro Wilk con un nivel de confianza del 95% para los datos del agua, la cantidad de muestras es menor a 30. Se tiene una muestra de 3 repeticiones iniciales y finales.

Shapiro Wilk < 30 muestra

Kolmogorv- Smirnov > de 30 muestra

### Prueba de hipótesis

**H<sub>0</sub>:** Los datos proceden de una distribución normal.

**H<sub>1</sub>:** Los datos no proceden de una distribución normal.

### Regla de decisión:

Sig. ≤ 0,05 Se rechaza la **H<sub>0</sub>**, se acepta la **H<sub>1</sub>**

Sig. > 0,05 Se acepta la **H<sub>0</sub>**, se rechaza la **H<sub>1</sub>**

### Resultado /Conclusión:

**P valor** mayor de **0,05** entonces se acepta la **H<sub>0</sub>**: Los datos proceden de una distribución normal.

**Tabla 16. Prueba de homogeneidad de varianzas para la turbidez.**

Prueba de homogeneidad de varianzas					
		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Turbidez	Se basa en la media	10,108	6	14	,000
	Se basa en la mediana	2,071	6	14	,123
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	2,071	6	2,019	,359
	Se basa en la media recortada	9,110	6	14	,000

### Contraste de hipótesis – Prueba de Levene

Se realiza la homogeneidad de varianza para los datos del análisis inicial y final del agua, para ello se determina mediante la Prueba de Levene.

### Prueba de hipótesis:

**H<sub>0</sub>:** Se asumen que las varianzas son iguales.

**H<sub>1</sub>:** Se asumen que las varianzas no son iguales.

### Regla de decisión:

Sig.  $\leq$  0,05 Se rechaza la **H<sub>0</sub>**, se acepta la **H<sub>1</sub>**

Sig.  $>$  0,05 Se acepta la **H<sub>0</sub>**, se rechaza la **H<sub>1</sub>**

### Resultado / Conclusión:

**P valor** menor de **0,05** entonces se acepta la **H<sub>1</sub>**: Se asumen que las varianzas no son iguales, sino que son homogéneas.

**Tabla 17. Prueba de ANOVA para la turbidez.**

ANOVA					
Turbidez					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	12952,062	6	2158,677	12488,558	,000
Dentro de grupos	2,420	14	,173		
Total	12954,482	20			

### Prueba de hipótesis:

**H<sub>0</sub>:** Los sistemas de tratamiento no logran mejorar la calidad (Turbidez) de las aguas residuales de peletizado de plásticos, Huarochiri – 2020.

**H<sub>1</sub>:** Los sistemas de tratamiento logran mejorar la calidad (Turbidez) de las aguas residuales de peletizado de plásticos, Huarochiri – 2020.

### Regla de decisión:

Sig.  $\leq$  0,05 Se rechaza la **H<sub>0</sub>**, se acepta la **H<sub>1</sub>**

Sig.  $>$  0,05 Se acepta la **H<sub>0</sub>**, se rechaza la **H<sub>1</sub>**

### Resultado /discusión:

**P valor** menor de **0,05** entonces se acepta la **H<sub>1</sub>**: Los sistemas de tratamiento logran mejorar la calidad (Turbidez) de las aguas residuales de peletizado de plásticos, Huarochiri – 2020.

**Tabla 18. Prueba de Tukey para la turbidez.**

Comparaciones múltiples						
Variable dependiente: Turbidez						
HSD Tukey						
(I) Tratamiento	(J) Tratamiento	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
Inicial	Sistema 1, día 4 (15 min) ozono	69,84000*	,33946	,000	68,6809	70,9991
	Sistema 1, día 8 (30 min) ozono	71,33333*	,33946	,000	70,1742	72,4925
	Sistema 1, día 12 (45 min) ozono	71,45000*	,33946	,000	70,2909	72,6091
	Sistema 2, día 4 (15 min) ozono	70,18000*	,33946	,000	69,0209	71,3391
	Sistema 2, día 8 (30 min) ozono	71,40333*	,33946	,000	70,2442	72,5625
	Sistema 2, día 12 (45 min) ozono	71,48667*	,33946	,000	70,3275	72,6458
Sistema 1, día 4 (15 min) ozono	Inicial	-69,84000*	,33946	,000	-70,9991	-68,6809
	Sistema 1, día 8 (30 min) ozono	1,49333*	,33946	,008	,3342	2,6525
	Sistema 1, día 12 (45 min) ozono	1,61000*	,33946	,005	,4509	2,7691
	Sistema 2, día 4 (15 min) ozono	,34000	,33946	,945	-,8191	1,4991

	Sistema 2, día 8 (30 min) ozono	1,56333*	,33946	,006	,4042	2,7225
	Sistema 2, día 12 (45 min) ozono	1,64667*	,33946	,004	,4875	2,8058
Sistema 1 día 8 (30 min) ozono	Inicial	-71,33333*	,33946	,000	-72,4925	-70,1742
	Sistema 1, día 4 (15 min) ozono	-1,49333*	,33946	,008	-2,6525	-,3342
	Sistema 1, día 12 (45 min) ozono	,11667	,33946	1,000	-1,0425	1,2758
	Sistema 2, día 4 (15 min) ozono	-1,15333	,33946	,052	-2,3125	,0058
	Sistema 2, día 8 (30 min) ozono	,07000	,33946	1,000	-1,0891	1,2291
	Sistema 2, día 12 (45 min) ozono	,15333	,33946	,999	-1,0058	1,3125
Sistema 1 día 12 (45 min) ozono	Inicial	-71,45000*	,33946	,000	-72,6091	-70,2909
	Sistema 1, día 4 (15 min) ozono	-1,61000*	,33946	,005	-2,7691	-,4509
	Sistema 1, día 8 (30 min) ozono	-,11667	,33946	1,000	-1,2758	1,0425
	Sistema 2, día 4 (15 min) ozono	-1,27000*	,33946	,028	-2,4291	-,1109
	Sistema 2, día 8 (30 min) ozono	-,04667	,33946	1,000	-1,2058	1,1125
	Sistema 2, día 12 (45 min) ozono	,03667	,33946	1,000	-1,1225	1,1958
Sistema 2 día 4 (15 min) ozono	Inicial	-70,18000*	,33946	,000	-71,3391	-69,0209
	Sistema 1, día 4 (15 min) ozono	-,34000	,33946	,945	-1,4991	,8191
	Sistema 1, día 8 (30 min) ozono	1,15333	,33946	,052	-,0058	2,3125
	Sistema 1, día 12 (45 min) ozono	1,27000*	,33946	,028	,1109	2,4291
	Sistema 2, día 8 (30 min) ozono	1,22333*	,33946	,036	,0642	2,3825
	Sistema 2, día 12 (45 min) ozono	1,30667*	,33946	,023	,1475	2,4658
Sistema 2 día 8 (30 min) ozono	Inicial	-71,40333*	,33946	,000	-72,5625	-70,2442
	Sistema 1, día 4 (15 min) ozono	-1,56333*	,33946	,006	-2,7225	-,4042
	Sistema 1, día 8 (30 min) ozono	-,07000	,33946	1,000	-1,2291	1,0891
	Sistema 1, día 12 (45 min) ozono	,04667	,33946	1,000	-1,1125	1,2058
	Sistema 2, día 4 (15 min) ozono	-1,22333*	,33946	,036	-2,3825	-,0642
	Sistema 2, día 12 (45 min) ozono	,08333	,33946	1,000	-1,0758	1,2425

Sistema 2 día 12 (45 min) ozono	Inicial	-71,48667*	,33946	,000	-72,6458	-70,3275
	Sistema 1, día 4 (15 min) ozono	-1,64667*	,33946	,004	-2,8058	-,4875
	Sistema 1, día 8 (30 min) ozono	-,15333	,33946	,999	-1,3125	1,0058
	Sistema 1, día 12 (45 min) ozono	-,03667	,33946	1,000	-1,1958	1,1225
	Sistema 2, día 4 (15 min) ozono	-1,30667*	,33946	,023	-2,4658	-,1475
	Sistema 2, día 8 (30 min) ozono	-,08333	,33946	1,000	-1,2425	1,0758
*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.						

### Prueba de hipótesis:

**H<sub>0</sub>:** No existe algún cambio o diferencia entre los sistemas del tratamiento del agua.

**H<sub>1</sub>:** Existe algún cambio o diferencia, entre los sistemas del tratamiento del agua.

### Regla de decisión:

Sig.  $\leq$  0,05 Se rechaza la **H<sub>0</sub>**, se acepta la **H<sub>1</sub>**

Sig.  $>$  0,05 Se acepta la **H<sub>0</sub>**, se rechaza la **H<sub>1</sub>**

### Resultado /discusión:

**P valor** mayor de **0,05** entonces se acepta la **H<sub>1</sub>**: Existe algún cambio o diferencia, entre los sistemas del tratamiento del agua.

**Tabla 19. Prueba de normalidad para los SST.**

Pruebas de normalidad							
	Tratamiento	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
SST	Inicial	,267	3	.	,951	3	,576
	Sistema 1, día 4 (15 min) ozono	,200	3	.	,995	3	,862
	Sistema 1, día 8 (30 min) ozono	,328	3	.	,871	3	,298
	Sistema 1, día 12 (45 min) ozono	,385	3	.	,750	3	,000
	Sistema 2, día 4 (15 min) ozono	,337	3	.	,855	3	,253
	Sistema 2, día 8 (30 min) ozono	,253	3	.	,964	3	,637
	Sistema 2, día 12(45 min) ozono	,211	3	.	,991	3	,817
a. Corrección de significación de Lilliefors							



## Contraste de hipótesis - Prueba de normalidad

Se aplica el estadístico de prueba Shapiro Wilk con un nivel de confianza del 95% para los datos del agua, la cantidad de muestras es menor a 30. Se tiene una muestra de 3 repeticiones iniciales y finales.

Shapiro Wilk < 30 muestra

Kolmogorv- Smirnov > de 30 muestra

### Prueba de hipótesis:

**H<sub>0</sub>**: Los datos proceden de una distribución normal.

**H<sub>1</sub>**: Los datos no proceden de una distribución normal.

### Regla de decisión:

Sig.  $\leq$  0,05 Se rechaza la **H<sub>0</sub>**, se acepta la **H<sub>1</sub>**

Sig. > 0,05 Se acepta la **H<sub>0</sub>**, se rechaza la **H<sub>1</sub>**

### Resultado /Conclusión:

**P valor** mayor de **0,05** entonces se acepta la **H<sub>0</sub>**: Los datos proceden de una distribución normal.

**Tabla 20. Prueba de homogeneidad de varianzas para los SST.**

Prueba de homogeneidad de varianzas					
		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
SST	Se basa en la media	7,622	6	14	,001
	Se basa en la mediana	2,445	6	14	,079
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	2,445	6	2,071	,312
	Se basa en la media recortada	7,125	6	14	,001

### Contraste de hipótesis – Prueba de Levene

Se realiza la homogeneidad de varianza para los datos del análisis inicial y final del agua, para ello se determina mediante la Prueba de Levene.

**Prueba de hipótesis:**

**H<sub>0</sub>:** Se asumen que las varianzas son iguales.

**H<sub>1</sub>:** Se asumen que las varianzas no son iguales.

**Regla de decisión:**

Sig.  $\leq$  0,05 Se rechaza la **H<sub>0</sub>**, se acepta la **H<sub>1</sub>**

Sig.  $>$  0,05 Se acepta la **H<sub>0</sub>**, se rechaza la **H<sub>1</sub>**

**Resultado / Conclusión:**

**P valor** menor de **0,05** entonces se acepta la **H<sub>1</sub>**: Se asumen que las varianzas no son iguales, sino que son homogéneas.

**Tabla 21. Prueba de ANOVA para los SST.**

ANOVA					
SST					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	421860,767	6	70310,128	3482,670	,000
Dentro de grupos	282,640	14	20,189		
Total	422143,407	20			

**Prueba de hipótesis:**

**H<sub>0</sub>:** Los sistemas de tratamiento no disminuyen el porcentaje de remoción de los contaminantes estudiados (SST) de las aguas residuales de peletizado de plásticos.

**H<sub>1</sub>:** Los sistemas de tratamiento si disminuyen el porcentaje de remoción de los contaminantes estudiados (SST) de las aguas residuales de peletizado de plásticos.

**Regla de decisión:**

Sig.  $\leq$  0,05 Se rechaza la **H<sub>0</sub>**, se acepta la **H<sub>1</sub>**

Sig.  $>$  0,05 Se acepta la **H<sub>0</sub>**, se rechaza la **H<sub>1</sub>**

**Resultado /discusión:**

**P valor** menor de **0,05** entonces se acepta la **H<sub>1</sub>**: Los sistemas de tratamiento si disminuyen el porcentaje de remoción de los contaminantes estudiados (SST) de las aguas residuales de peletizado de plásticos.

**Tabla 22. Prueba de Tukey para los SST.**

Comparaciones múltiples						
Variable dependiente: SST						
HSD Tukey						
(I) Tratamiento	(J) Tratamiento	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
Inicial	Sistema 1, día 4 (15 min) ozono	387,96667*	3,66866	,000	375,4397	400,4936
	Sistema 1, día 8 (30 min) ozono	408,43333*	3,66866	,000	395,9064	420,9603
	Sistema 1, día 12 (45 min) ozono	411,43333*	3,66866	,000	398,9064	423,9603
	Sistema 2, día 4 (15 min) ozono	399,63333*	3,66866	,000	387,1064	412,1603
	Sistema 2, día 8 (30 min) ozono	409,23333*	3,66866	,000	396,7064	421,7603
	Sistema 2, día 12 (45 min) ozono	409,96667*	3,66866	,000	397,4397	422,4936
Sistema 1, día 4 (15 min) ozono	Inicial	-387,96667*	3,66866	,000	-400,493	-375,439
	Sistema 1, día 8 (30 min) ozono	20,46667*	3,66866	,001	7,9397	32,9936
	Sistema 1, día 12 (45 min) ozono	23,46667*	3,66866	,000	10,9397	35,9936
	Sistema 2, día 4 (15 min) ozono	11,66667	3,66866	,076	-,8603	24,1936
	Sistema 2, día 8 (30 min) ozono	21,26667*	3,66866	,001	8,7397	33,7936
	Sistema 2, día 12 (45 min) ozono	22,00000*	3,66866	,001	9,4731	34,5269
Sistema 1 día 8 (30 min) ozono	Inicial	-408,43333*	3,66866	,000	-420,960	-395,906
	Sistema 1, día 4 (15 min) ozono	-20,46667*	3,66866	,001	-32,9936	-7,9397
	Sistema 1, día 12 (45 min) ozono	3,00000	3,66866	,979	-9,5269	15,5269
	Sistema 2, día 4 (15 min) ozono	-8,80000	3,66866	,268	-21,3269	3,7269
	Sistema 2, día 8 (30 min) ozono	,80000	3,66866	1,000	-11,7269	13,3269
	Sistema 2, día 12 (45 min) ozono	1,53333	3,66866	,999	-10,9936	14,0603
Sistema 1 día 12 (45 min) ozono	Inicial	-411,43333*	3,66866	,000	-423,960	-398,906
	Sistema 1, día 4 (15 min) ozono	-23,46667*	3,66866	,000	-35,9936	-10,9397
	Sistema 1, día 8 (30 min) ozono	-3,00000	3,66866	,979	-15,5269	9,5269

	Sistema 2, día 4 (15 min) ozono	-11,80000	3,66866	,071	-24,3269	,7269
	Sistema 2, día 8 (30 min) ozono	-2,20000	3,66866	,996	-14,7269	10,3269
	Sistema 2, día 12 (45 min) ozono	-1,46667	3,66866	1,000	-13,9936	11,0603
Sistema 2 día 4 (15 min) ozono	Inicial	-399,63333*	3,66866	,000	-412,160	-387,106
	Sistema 1, día 4 (15 min) ozono	-11,66667	3,66866	,076	-24,1936	,8603
	Sistema 1, día 8 (30 min) ozono	8,80000	3,66866	,268	-3,7269	21,3269
	Sistema 1, día 12 (45 min) ozono	11,80000	3,66866	,071	-,7269	24,3269
	Sistema 2, día 8 (30 min) ozono	9,60000	3,66866	,193	-2,9269	22,1269
	Sistema 2, día 12 (45 min) ozono	10,33333	3,66866	,140	-2,1936	22,8603
Sistema 2 día 8 (30 min) ozono	Inicial	-409,23333*	3,66866	,000	-421,760	-396,706
	Sistema 1, día 4 (15 min) ozono	-21,26667*	3,66866	,001	-33,7936	-8,7397
	Sistema 1, día 8 (30 min) ozono	-,80000	3,66866	1,000	-13,3269	11,7269
	Sistema 1, día 12 (45 min) ozono	2,20000	3,66866	,996	-10,3269	14,7269
	Sistema 2, día 4 (15 min) ozono	-9,60000	3,66866	,193	-22,1269	2,9269
	Sistema 2, día 12 (45 min) ozono	,73333	3,66866	1,000	-11,7936	13,2603
Sistema 2 día 12 (45 min) ozono	Inicial	-409,96667*	3,66866	,000	-422,493	-397,439
	Sistema 1, día 4 (15 min) ozono	-22,00000*	3,66866	,001	-34,5269	-9,4731
	Sistema 1, día 8 (30 min) ozono	-1,53333	3,66866	,999	-14,0603	10,9936
	Sistema 1, día 12 (45 min) ozono	1,46667	3,66866	1,000	-11,0603	13,9936
	Sistema 2, día 4 (15 min) ozono	-10,33333	3,66866	,140	-22,8603	2,1936
	Sistema 2, día 8 (30 min) ozono	-,73333	3,66866	1,000	-13,2603	11,7936

\*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

### Prueba de hipótesis:

**H<sub>0</sub>:** No existe algún cambio o diferencia entre los sistemas del tratamiento de agua.

**H<sub>1</sub>:** Existe algún cambio o diferencia, entre los sistemas del tratamiento de agua.

**Regla de decisión:**

Sig.  $\leq$  0,05 Se rechaza la  $H_0$ , se acepta la  $H_1$

Sig.  $>$  0,05 Se acepta la  $H_0$ , se rechaza la  $H_1$

**Resultado /discusión:**

**P valor** mayor de **0,05** entonces se acepta la  $H_1$ .

**Tabla 23. Prueba de normalidad para la DBO<sub>5</sub>.**

Pruebas de normalidad							
	Tratamiento	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
DBO <sub>5</sub>	Inicial	,333	3	.	,862	3	,274
	Sistema 1, día 4 (15 min) ozono	,380	3	.	,761	3	,085
	Sistema 1, día 8 (30 min) ozono	,292	3	.	,923	3	,463
	Sistema 1, día 12 (45 min) ozono	,219	3	.	,987	3	,780
	Sistema 2, día 4 (15 min) ozono	,385	3	.	,268	3	,368
	Sistema 2, día 8 (30 min) ozono	,292	3	.	,923	3	,463
	Sistema 2, día 12(45 min) ozono	,175	3	.	1,000	3	1,000

a. Corrección de significación de Lilliefors

**Contraste de hipótesis - Prueba de normalidad**

Se aplica el estadístico de prueba Shapiro Wilk con un nivel de confianza del 95% para los datos del agua, la cantidad de muestras es menor a 30. Se tiene una muestra de 3 repeticiones iniciales y finales.

Shapiro Wilk  $<$  30 muestra

Kolmogorv- Smirnov  $>$  de 30 muestra

**Prueba de hipótesis:**

$H_0$ : Los datos proceden de una distribución normal.

$H_1$ : Los datos no proceden de una distribución normal.

**Regla de decisión:**

Sig.  $\leq$  0,05 Se rechaza la  $H_0$ , se acepta la  $H_1$

Sig.  $>$  0,05 Se acepta la  $H_0$ , se rechaza la  $H_1$

**Resultado / Conclusión:**

**P valor** mayor de **0,05** entonces se acepta la **H<sub>0</sub>**: Los datos proceden de una distribución normal.

**Tabla 24. Prueba de homogeneidad de varianzas para la DBO<sub>5</sub>.**

Prueba de homogeneidad de varianzas					
		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
DBO <sub>5</sub>	Se basa en la media	14,963	6	14	,000
	Se basa en la mediana	,979	6	14	,475
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	,979	6	2,018	,584
	Se basa en la media recortada	11,859	6	14	,000

**Contraste de hipótesis – Prueba de Levene**

Se realiza la homogeneidad de varianza para los datos del análisis inicial y final del agua, para ello se determina mediante la Prueba de Levene.

**Prueba de hipótesis:**

**H<sub>0</sub>**: Se asumen que las varianzas son iguales.

**H<sub>1</sub>**: Se asumen que las varianzas no son iguales.

**Regla de decisión:**

Sig.  $\leq$  0,05 Se rechaza la **H<sub>0</sub>**, se acepta la **H<sub>1</sub>**

Sig.  $>$  0,05 Se acepta la **H<sub>0</sub>**, se rechaza la **H<sub>1</sub>**

**Resultado / Conclusión:**

**P valor** menor de **0,05** entonces se acepta la **H<sub>1</sub>** Se asumen que las varianzas no son iguales, sino que son homogéneas.

**Tabla 25. Prueba de ANOVA para la DBO<sub>5</sub>.**

ANOVA					
DBO <sub>5</sub>					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	171212,952	6	28535,492	15,570	,000
Dentro de grupos	25657,333	14	1832,667		
Total	196870,286	20			

**Prueba de hipótesis:**

**H<sub>0</sub>:** Los sistemas de tratamiento no disminuyen el porcentaje de remoción de los contaminantes estudiados (DBO<sub>5</sub>) de las aguas residuales de peletizado de plásticos.

**H<sub>1</sub>:** Los sistemas de tratamiento si disminuyen el porcentaje de remoción de los contaminantes estudiados (DBO<sub>5</sub>) de las aguas residuales de peletizado de plásticos.

**Regla de decisión:**

Sig. ≤ 0,05 Se rechaza la **H<sub>0</sub>**, se acepta la **H<sub>1</sub>**

Sig. > 0,05 Se acepta la **H<sub>0</sub>**, se rechaza la **H<sub>1</sub>**

**Resultado /discusión:**

**P valor** menor de **0,05** entonces se acepta la **H<sub>1</sub>**: Los sistemas de tratamiento si disminuyen el porcentaje de remoción de los contaminantes estudiados (DBO<sub>5</sub>) de las aguas residuales de peletizado de plásticos.

**Tabla 26. Prueba de Tukey para la DBO<sub>5</sub>.**

Comparaciones múltiples						
Variable dependiente: DBO <sub>5</sub>						
HSD Tukey						
(I) Tratamiento	(J) Tratamiento	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
Inicial	Sistema 1, día 4 (15 min) ozono	210,33333*	34,95394	,000	90,9801	329,6866
	Sistema 1, día 8 (30 min) ozono	100,66667	34,95394	,126	-18,6866	220,0199
	Sistema 1, día 12 (45 min) ozono	96,33333	34,95394	,154	-23,0199	215,6866
	Sistema 2, día 4 (15 min) ozono	303,33333*	34,95394	,000	183,9801	422,6866
	Sistema 2, día 8 (30 min) ozono	110,33333	34,95394	,079	-9,0199	229,6866
	Sistema 2, día 12 (45 min) ozono	94,00000	34,95394	,172	-25,3532	213,3532
Sistema 1, día 4 (15 min) ozono	Inicial	-210,33333*	34,95394	,000	-329,686	-90,9801
	Sistema 1, día 8 (30 min) ozono	-109,66667	34,95394	,081	-	9,6866
	Sistema 1, día 12 (45 min) ozono	-114,00000	34,95394	,066	-	5,3532
	Sistema 2, día 4 (15 min) ozono	93,00000	34,95394	,180	-26,3532	212,3532
	Sistema 2, día 8 (30 min) ozono	-100,00000	34,95394	,130	-	19,3532
	Sistema 2, día 12 (45 min) ozono	-116,33333	34,95394	,058	-	3,0199
Sistema 1 día 8 (30 min) ozono	Inicial	-100,66667	34,95394	,126	-220,019	18,6866
	Sistema 1, día 4 (15 min) ozono	109,66667	34,95394	,081	-9,6866	229,0199
	Sistema 1, día 12 (45 min) ozono	-4,33333	34,95394	1,000	-	115,0199
	Sistema 2, día 4 (15 min) ozono	202,66667*	34,95394	,001	83,3134	322,0199
	Sistema 2, día 8 (30 min) ozono	9,66667	34,95394	1,000	-	129,0199
	Sistema 2, día 12 (45 min) ozono	-6,66667	34,95394	1,000	-	112,6866
Sistema 1 día 12 (45 min) ozono	Inicial	-96,33333	34,95394	,154	-215,686	23,0199
	Sistema 1, día 4 (15 min) ozono	114,00000	34,95394	,066	-5,3532	233,3532
	Sistema 1, día 8 (30 min) ozono	4,33333	34,95394	1,000	-	123,6866



	Sistema 2, día 4 (15 min) ozono	207,00000*	34,95394	,001	87,6468	326,3532
	Sistema 2, día 8 (30 min) ozono	14,00000	34,95394	1,000	105,3532	133,3532
	Sistema 2, día 12 (45 min) ozono	-2,33333	34,95394	1,000	121,6866	117,0199
Sistema 2 día 4 (15 min) ozono	Inicial	-303,33333*	34,95394	,000	-422,686	-183,980
	Sistema 1, día 4 (15 min) ozono	-93,00000	34,95394	,180	212,3532	26,3532
	Sistema 1, día 8 (30 min) ozono	-202,66667*	34,95394	,001	322,0199	-83,3134
	Sistema 1, día 12 (45 min) ozono	-207,00000*	34,95394	,001	326,3532	-87,6468
	Sistema 2, día 8 (30 min) ozono	-193,00000*	34,95394	,001	312,3532	-73,6468
	Sistema 2, día 12 (45 min) ozono	-209,33333*	34,95394	,001	328,6866	-89,9801
Sistema 2 día 8 (30 min) ozono	Inicial	-110,33333	34,95394	,079	-229,686	9,0199
	Sistema 1, día 4 (15 min) ozono	100,00000	34,95394	,130	-19,3532	219,3532
	Sistema 1, día 8 (30 min) ozono	-9,66667	34,95394	1,000	129,0199	109,6866
	Sistema 1, día 12 (45 min) ozono	-14,00000	34,95394	1,000	133,3532	105,3532
	Sistema 2, día 4 (15 min) ozono	193,00000*	34,95394	,001	73,6468	312,3532
	Sistema 2, día 12 (45 min) ozono	-16,33333	34,95394	,999	135,6866	103,0199
Sistema 2 día 12 (45 min) ozono	Inicial	-94,00000	34,95394	,172	-213,353	25,3532
	Sistema 1, día 4 (15 min) ozono	116,33333	34,95394	,058	-3,0199	235,6866
	Sistema 1, día 8 (30 min) ozono	6,66667	34,95394	1,000	112,6866	126,0199
	Sistema 1, día 12 (45 min) ozono	2,33333	34,95394	1,000	117,0199	121,6866
	Sistema 2, día 4 (15 min) ozono	209,33333*	34,95394	,001	89,9801	328,6866
	Sistema 2, día 8 (30 min) ozono	16,33333	34,95394	,999	103,0199	135,6866

\*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

### Prueba de hipótesis:

**H<sub>0</sub>:** No existe algún cambio o diferencia entre los sistemas del tratamiento de agua.

**H<sub>1</sub>:** Existe algún cambio o diferencia, entre los sistemas del tratamiento de agua.

**Regla de decisión:**

Sig.  $\leq$  0,05 Se rechaza la  $H_0$ , se acepta la  $H_1$

Sig.  $>$  0,05 Se acepta la  $H_0$ , se rechaza la  $H_1$

**Resultado /discusión:**

**P valor** mayor de **0,05** entonces se acepta la  $H_1$ : Existe algún cambio o diferencia, entre los sistemas del tratamiento de agua.

**Tabla 27. Prueba de normalidad para la DQO.**

Pruebas de normalidad							
	Tratamiento	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
DQO	inicial	,175	3	.	1,000	3	1,000
	Sistema 1, día 4 (15 min) ozono	,276	3	.	,942	3	,537
	Sistema 1, día 8 (30 min) ozono	,292	3	.	,923	3	,463
	Sistema 1, día 12 (45 min) ozono	,385	3	.	,750	3	,075
	Sistema 2, día 4 (15 min) ozono	,292	3	.	,923	3	,463
	Sistema 2, día 8 (30 min) ozono	,175	3	.	1,000	3	1,000
	Sistema 2, día 12(45 min) ozono	,328	3	.	,871	3	,298

a. Corrección de significación de Lilliefors

**Contraste de hipótesis - Prueba de normalidad**

Se aplica el estadístico de prueba Shapiro Wilk con un nivel de confianza del 95% para los datos del agua, la cantidad de muestras es menor a 30. Tenemos una muestra de 3 repeticiones iniciales y finales.

Shapiro Wilk  $<$  30 muestra

Kolmogorv- Smirnov  $>$  de 30 muestra

**Prueba de hipótesis:**

$H_0$ : Los datos proceden de una distribución normal.

$H_1$ : Los datos no proceden de una distribución normal.

**Regla de decisión:**

Sig.  $\leq$  0,05 Se rechaza la  $H_1$ , se acepta la  $H_0$

Sig.  $>$  0,05 Se acepta la  $H_1$ , se rechaza la  $H_0$

**Resultado / Conclusión:**

**P valor** mayor de **0,05** entonces se acepta la  $H_0$ : Los datos proceden de una distribución normal.

**Tabla 28. Prueba de homogeneidad de varianzas para la DQO.**

Prueba de homogeneidad de varianzas					
		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
DQO	Se basa en la media	,682	6	14	,667
	Se basa en la mediana	,121	6	14	,992
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	,121	6	10,156	,991
	Se basa en la media recortada	,615	6	14	,715

**Contraste de hipótesis – Prueba de Levene**

Se realiza la homogeneidad de varianza para los datos del análisis inicial y final del agua, para ello se determina mediante la Prueba de Levene.

**Prueba de hipótesis:**

$H_0$ : Se asumen que las varianzas son iguales.

$H_1$ : Se asumen que las varianzas no son iguales.

**Regla de decisión:**

Sig.  $\leq$  0,05 Se rechaza la  $H_0$ , se acepta la  $H_1$

Sig.  $>$  0,05 Se acepta la  $H_0$ , se rechaza la  $H_1$

**Resultado / Conclusión:**

**P valor** mayor de **0,05** entonces se acepta la  $H_0$ : Se asumen que las varianzas son iguales, sino que son homogéneas.

**Tabla 29. Prueba de ANOVA para la DQO.**

ANOVA					
DQO					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	1287219,143	6	214536,524	21453,652	,000
Dentro de grupos	140,000	14	10,000		
Total	1287359,143	20			

**Prueba de hipótesis:**

**H<sub>0</sub>:** Los sistemas de tratamiento no disminuyen el porcentaje de remoción de los contaminantes estudiados (DQO) de las aguas residuales de peletizado de plásticos.

**H<sub>1</sub>:** Los sistemas de tratamiento si disminuyen el porcentaje de remoción de los contaminantes estudiados (DQO) de las aguas residuales de peletizado de plásticos.

**Regla de decisión:**

Sig.  $\leq$  0,05 Se rechaza la **H<sub>0</sub>**, se acepta la **H<sub>1</sub>**

Sig.  $>$  0,05 Se acepta la **H<sub>0</sub>**, se rechaza la **H<sub>1</sub>**

**Resultado /discusión:**

**P valor** menor de **0,05** entonces se acepta la **H<sub>1</sub>**: Los sistemas de tratamiento si disminuye el porcentaje de remoción de los contaminantes estudiados (DQO) de las aguas residuales de peletizado de plásticos.

**Tabla 30. Prueba de Tukey para la DQO.**

Comparaciones múltiples						
Variable dependiente: DQO						
HSD Tukey						
(I) Tratamiento	(J) Tratamiento	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
Inicial	Sistema 1, día 4 (15 min) ozono	459,00000*	2,58199	,000	450,1836	467,8164
	Sistema 1, día 8 (30 min) ozono	720,66667*	2,58199	,000	711,8502	729,4831
	Sistema 1, día 12 (45 min) ozono	716,00000*	2,58199	,000	707,1836	724,8164
	Sistema 2, día 4 (15 min) ozono	528,66667*	2,58199	,000	519,8502	537,4831
	Sistema 2, día 8 (30 min) ozono	732,00000*	2,58199	,000	723,1836	740,8164
	Sistema 2, día 12 (45 min) ozono	717,66667*	2,58199	,000	708,8502	726,4831
Sistema 1, día 4 (15 min) ozono	Inicial	-459,00000*	2,58199	,000	-467,816	-450,183
	Sistema 1, día 8 (30 min) ozono	261,66667*	2,58199	,000	252,8502	270,4831
	Sistema 1, día 12 (45 min) ozono	257,00000*	2,58199	,000	248,1836	265,8164
	Sistema 2, día 4 (15 min) ozono	69,66667*	2,58199	,000	60,8502	78,4831
	Sistema 2, día 8 (30 min) ozono	273,00000*	2,58199	,000	264,1836	281,8164
	Sistema 2, día 12 (45 min) ozono	258,66667*	2,58199	,000	249,8502	267,4831
Sistema 1 día 8 (30 min) ozono	Inicial	-720,6666*	2,58199	,000	-729,483	-711,850
	Sistema 1, día 4 (15 min) ozono	- 261,66667*	2,58199	,000	- 270,4831	- 252,8502
	Sistema 1, día 12 (45 min) ozono	-4,66667	2,58199	,564	-13,4831	4,1498
	Sistema 2, día 4 (15 min) ozono	- 192,00000*	2,58199	,000	- 200,8164	- 183,1836
	Sistema 2, día 8 (30 min) ozono	11,33333*	2,58199	,009	2,5169	20,1498

	Sistema 2, día 12 (45 min) ozono	-3,00000	2,58199	,897	-11,8164	5,8164
Sistema 1 día 12 (45 min) ozono	Inicial	-716,0000*	2,58199	,000	-724,816	-707,183
	Sistema 1, día 4 (15 min) ozono	- 257,00000*	2,58199	,000	- 265,8164	- 248,1836
	Sistema 1, día 8 (30 min) ozono	4,66667	2,58199	,564	-4,1498	13,4831
	Sistema 2, día 4 (15 min) ozono	- 187,33333*	2,58199	,000	- 196,1498	- 178,5169
	Sistema 2, día 8 (30 min) ozono	16,00000*	2,58199	,000	7,1836	24,8164
	Sistema 2, día 12 (45 min) ozono	1,66667	2,58199	,994	-7,1498	10,4831
Sistema 2 día 4 (15 min) ozono	Inicial	-528,6666*	2,58199	,000	-537,483	-519,850
	Sistema 1, día 4 (15 min) ozono	-69,66667*	2,58199	,000	-78,4831	-60,8502
	Sistema 1, día 8 (30 min) ozono	192,00000*	2,58199	,000	183,1836	200,8164
	Sistema 1, día 12 (45 min) ozono	187,33333*	2,58199	,000	178,5169	196,1498
	Sistema 2, día 8 (30 min) ozono	203,33333*	2,58199	,000	194,5169	212,1498
	Sistema 2, día 12 (45 min) ozono	189,00000*	2,58199	,000	180,1836	197,8164
Sistema 2 día 8 (30 min) ozono	Inicial	-732,0000*	2,58199	,000	-740,816	-723,183
	Sistema 1, día 4 (15 min) ozono	- 273,00000*	2,58199	,000	- 281,8164	- 264,1836
	Sistema 1, día 8 (30 min) ozono	-11,33333*	2,58199	,009	-20,1498	-2,5169
	Sistema 1, día 12 (45 min) ozono	-16,00000*	2,58199	,000	-24,8164	-7,1836
	Sistema 2, día 4 (15 min) ozono	-203,3333*	2,58199	,000	-212,149	-194,516
	Sistema 2, día 12 (45 min) ozono	-14,33333*	2,58199	,001	-23,1498	-5,5169
Sistema 2 día 12 (45 min) ozono	Inicial	-717,6666*	2,58199	,000	-726,483	-708,850
	Sistema 1, día 4 (15 min) ozono	-258,6666*	2,58199	,000	-267,483	-249,850
	Sistema 1, día 8 (30 min) ozono	3,00000	2,58199	,897	-5,8164	11,8164
	Sistema 1, día 12 (45 min) ozono	-1,66667	2,58199	,994	-10,4831	7,1498

	Sistema 2, día 4 (15 min) ozono	- 189,00000*	2,58199 ,000	- -	197,8164	180,1836
	Sistema 2, día 8 (30 min) ozono	14,33333*	2,58199 ,001	5,5169		23,1498

\*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

### Prueba de hipótesis:

**H<sub>0</sub>:** No existe algún cambio o diferencia entre los sistemas del tratamiento de agua.

**H<sub>1</sub>:** Existe algún cambio o diferencia, entre los sistemas del tratamiento de agua.

### Regla de decisión:

Sig.  $\leq$  0,05 Se rechaza la **H<sub>0</sub>**, se acepta la **H<sub>1</sub>**

Sig.  $>$  0,05 Se acepta la **H<sub>0</sub>**, se rechaza la **H<sub>1</sub>**

### Resultado /discusión:

**P valor** mayor de **0,05** entonces se acepta la **H<sub>1</sub>**: Existe algún cambio o diferencia, entre los sistemas del tratamiento de agua.

**Tabla 31. Prueba de normalidad para el Mn.**

Pruebas de normalidad							
	Tratamiento	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Mn	Inicial	,310	3	.	,900	3	,384
	Sistema 1, día 4 (15 min) ozono	,370	3	.	,786	3	,081
	Sistema 1, día 8 (30 min) ozono	,385	3	.	,750	3	,000
	Sistema 1, día 12 (45 min) ozono	,253	3	.	,964	3	,637
	Sistema 2, día 4 (15 min) ozono	,211	3	.	,991	3	,817
	Sistema 2, día 8 (30 min) ozono	,175	3	.	1,000	3	1,000
	Sistema 2, día 12(45 min) ozono	,175	3	.	1,000	3	1,000

a. Corrección de significación de Lilliefors

### Contraste de hipótesis - Prueba de normalidad

Se aplica el estadístico de prueba Shapiro Wilk con un nivel de confianza del 95% para los datos del agua, la cantidad de muestras es menor a 30. Se tiene una muestra de 3 repeticiones iniciales y finales.

Shapiro Wilk < 30 muestra

Kolmogorv- Smirnov > de 30 muestra

**Prueba de hipótesis:**

**H<sub>0</sub>:** Los datos proceden de una distribución normal.

**H<sub>1</sub>:** Los datos no proceden de una distribución normal.

**Regla de decisión:**

Sig. ≤ 0,05 Se rechaza la **H<sub>0</sub>**, se acepta la **H<sub>1</sub>**.

Sig. > 0,05 Se acepta la **H<sub>0</sub>**, se rechaza la **H<sub>1</sub>**

**Resultado /Conclusión:**

**P valor** mayor de **0,05** entonces se acepta la **H<sub>0</sub>**; Los datos proceden de una distribución normal.

**Tabla 32. Prueba de homogeneidad de varianzas para el Mn.**

Prueba de homogeneidad de varianzas					
		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Mn	Se basa en la media	13,232	6	14	,000
	Se basa en la mediana	,999	6	14	,463
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	,999	6	2,101	,574
	Se basa en la media recortada	10,706	6	14	,000

**Contraste de hipótesis – Prueba de Levene**

Se realiza la homogeneidad de varianza para los datos del análisis inicial y final del agua, para ello se determina mediante la Prueba de Levene.

**Prueba de hipótesis:**

**H<sub>0</sub>:** Se asumen que las varianzas son iguales.

**H<sub>1</sub>:** Se asumen que las varianzas no son iguales.



**Regla de decisión:**

Sig.  $\leq 0,05$  Se rechaza la  $H_0$ , se acepta la  $H_1$

Sig.  $> 0,05$  Se acepta la  $H_0$  se rechaza la  $H_1$

**Resultado / Conclusión:**

**P valor** menor de **0,05** entonces se acepta la  $H_1$ : Se asumen que las varianzas no son iguales, sino que son homogéneas.

**Tabla 33. Prueba de ANOVA para el Mn.**

Anova					
Mn					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	33,302	6	5,550	106,202	,000
Dentro de grupos	,732	14	,052		
Total	34,034	20			

**Prueba de hipótesis:**

$H_0$ : Los sistemas de tratamiento no disminuyen el porcentaje de remoción de los contaminantes estudiados (Mn) de las aguas residuales de peletizado de plásticos.

$H_1$ : Los sistemas de tratamiento si disminuyen el porcentaje de remoción de los contaminantes estudiados (Mn) de las aguas residuales de peletizado de plásticos.

**Regla de decisión:**

Sig.  $\leq 0,05$  Se rechaza la  $H_0$ , se acepta la  $H_1$

Sig.  $> 0,05$  Se acepta la  $H_0$ , se rechaza la  $H_1$

**Resultado /discusión:**

**P valor** menor de **0,05** entonces se acepta la  $H_1$ : Los sistemas de tratamiento si disminuye el porcentaje de remoción de los contaminantes estudiados (Manganeso) de las aguas residuales de peletizado de plásticos.

**Tabla 34. Prueba de Tukey para el Mn.**

Comparaciones múltiples						
Variable dependiente: Mn						
HSD Tukey						
(I) Tratamiento	(J) Tratamiento	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
Inicial	Sistema 1, día 4 (15 min) ozono	2,72333*	,18666	,000	2,0860	3,3607
	Sistema 1, día 8 (30 min) ozono	3,66667*	,18666	,000	3,0293	4,3040
	Sistema 1, día 12 (45 min) ozono	3,74333*	,18666	,000	3,1060	4,3807
	Sistema 2, día 4 (15 min) ozono	3,39333*	,18666	,000	2,7560	4,0307
	Sistema 2, día 8 (30 min) ozono	3,65667*	,18666	,000	3,0193	4,2940
	Sistema 2, día 12 (45 min) ozono	3,66667*	,18666	,000	3,0293	4,3040
Sistema 1, día 4 (15 min) ozono	Inicial	-2,72333*	,18666	,000	-3,3607	-2,0860
	Sistema 1, día 8 (30 min) ozono	,94333*	,18666	,003	,3060	1,5807
	Sistema 1, día 12 (45 min) ozono	1,02000*	,18666	,001	,3826	1,6574
	Sistema 2, día 4 (15 min) ozono	,67000*	,18666	,037	,0326	1,3074
	Sistema 2, día 8 (30 min) ozono	,93333*	,18666	,003	,2960	1,5707
	Sistema 2, día 12 (45 min) ozono	,94333*	,18666	,003	,3060	1,5807
Sistema 1 día 8 (30 min) ozono	Inicial	-3,66667*	,18666	,000	-4,3040	-3,0293
	Sistema 1, día 4 (15 min) ozono	-,94333*	,18666	,003	-1,5807	-,3060
	Sistema 1, día 12 (45 min) ozono	,07667	,18666	,999	-,5607	,7140
	Sistema 2, día 4 (15 min) ozono	-,27333	,18666	,760	-,9107	,3640
	Sistema 2, día 8 (30 min) ozono	-,01000	,18666	1,000	-,6474	,6274
	Sistema 2, día 12 (45 min) ozono	,00000	,18666	1,000	-,6374	,6374
Sistema 1 día 12 (45 min) ozono	Inicial	-3,74333*	,18666	,000	-4,3807	-3,1060
	Sistema 1, día 4 (15 min) ozono	-1,02000*	,18666	,001	-1,6574	-,3826
	Sistema 1, día 8 (30 min) ozono	-,07667	,18666	,999	-,7140	,5607

	Sistema 2, día 4 (15 min) ozono	-,35000	,18666	,525	-,9874	,2874
	Sistema 2, día 8 (30 min) ozono	-,08667	,18666	,999	-,7240	,5507
	Sistema 2, día 12 (45 min) ozono	-,07667	,18666	,999	-,7140	,5607
Sistema 2 día 4 (15 min) ozono	Inicial	-3,39333*	,18666	,000	-4,0307	-2,7560
	Sistema 1, día 4 (15 min) ozono	-,67000*	,18666	,037	-1,3074	-,0326
	Sistema 1, día 8 (30 min) ozono	,27333	,18666	,760	-,3640	,9107
	Sistema 1, día 12 (45 min) ozono	,35000	,18666	,525	-,2874	,9874
	Sistema 2, día 8 (30 min) ozono	,26333	,18666	,788	-,3740	,9007
	Sistema 2, día 12 (45 min) ozono	,27333	,18666	,760	-,3640	,9107
Sistema 2 día 8 (30 min) ozono	Inicial	-3,65667*	,18666	,000	-4,2940	-3,0193
	Sistema 1, día 4 (15 min) ozono	-,93333*	,18666	,003	-1,5707	-,2960
	Sistema 1, día 8 (30 min) ozono	,01000	,18666	1,000	-,6274	,6474
	Sistema 1, día 12 (45 min) ozono	,08667	,18666	,999	-,5507	,7240
	Sistema 2, día 4 (15 min) ozono	-,26333	,18666	,788	-,9007	,3740
	Sistema 2, día 12 (45 min) ozono	,01000	,18666	1,000	-,6274	,6474
Sistema 2 día 12 (45 min) ozono	Inicial	-3,66667*	,18666	,000	-4,3040	-3,0293
	Sistema 1, día 4 (15 min) ozono	-,94333*	,18666	,003	-1,5807	-,3060
	Sistema 1, día 8 (30 min) ozono	,00000	,18666	1,000	-,6374	,6374
	Sistema 1, día 12 (45 min) ozono	,07667	,18666	,999	-,5607	,7140
	Sistema 2, día 4 (15 min) ozono	-,27333	,18666	,760	-,9107	,3640
	Sistema 2, día 8 (30 min) ozono	-,01000	,18666	1,000	-,6474	,6274

\*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

### Prueba de hipótesis:

**H<sub>0</sub>:** No existe algún cambio o diferencia entre los sistemas del tratamiento de agua.

**H<sub>1</sub>:** Existe algún cambio o diferencia, entre los sistemas del tratamiento de agua.

**Regla de decisión:**

Sig.  $\leq$  0,05 Se rechaza la  $H_0$  se acepta la  $H_1$

Sig.  $>$  0,05 Se acepta la  $H_0$  se rechaza la  $H_1$

**Resultado /discusión:**

**P valor** mayor de **0,05** entonces se acepta la  $H_1$ : Existe algún cambio o diferencia, entre los sistemas del tratamiento de agua.

**Tabla 35. Prueba de normalidad para el Pb.**

Pruebas de normalidad							
	Tratamiento	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Pb	Inicial	,175	3	.	1,000	3	1,000
	Sistema 1, día 4 (15 min) ozono	,340	3	.	,848	3	,235
	Sistema 1, día 8 (30 min) ozono	,204	3	.	,993	3	,843
	Sistema 1, día 12 (45 min) ozono	,196	3	.	,996	3	,878
	Sistema 2, día 4 (15 min) ozono	,175	3	.	1,000	3	1,000
	Sistema 2, día 8 (30 min) ozono	,505	3	.	,250	3	,096
	Sistema 2, día 12(45 min) ozono	,285	3	.	,852	3	,258

a. Corrección de significación de Lilliefors

**Contraste de hipótesis - Prueba de normalidad**

Se aplica el estadístico de prueba Shapiro Wilk con un nivel de confianza del 95% para los datos del agua, la cantidad de muestras es menor a 30. Se tiene una muestra de 3 repeticiones iniciales y finales.

Shapiro Wilk  $<$  30 muestra

Kolmogorv- Smirnov  $>$  de 30 muestra

**Prueba de hipótesis:**

$H_0$ : Los datos proceden de una distribución normal.

$H_1$ : Los datos no proceden de una distribución normal.

**Regla de decisión:**

Sig.  $\leq$  0,05 Se rechaza la  $H_0$ , se acepta la  $H_1$

Sig.  $>$  0,05 Se acepta la  $H_0$ , se rechaza la  $H_1$

**Resultado / Conclusión:**

**P valor** mayor de **0,05** entonces se acepta la  $H_0$ : Los datos proceden de una distribución normal.

**Tabla 36. Prueba de homogeneidad de varianzas para el Pb.**

Prueba de homogeneidad de varianzas					
		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Pb	Se basa en la media	2,639	6	14	,063
	Se basa en la mediana	,528	6	14	,778
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	,528	6	4,704	,770
	Se basa en la media recortada	2,406	6	14	,082

**Contraste de hipótesis – Prueba de Levene**

Se realiza la homogeneidad de varianza para los datos del análisis inicial y final del agua para ello se determina mediante la Prueba de Levene.

**Prueba de hipótesis:**

$H_0$ : Se asumen que las varianzas son iguales.

$H_1$ : Se asumen que las varianzas no son iguales.

**Regla de decisión:**

Sig.  $\leq$  0,05 Se rechaza la  $H_0$ , se acepta la  $H_1$

Sig.  $>$  0,05 Se acepta la  $H_0$ , se rechaza la  $H_1$

**Resultado / Conclusión:**

**P valor** mayor de **0,05** entonces se acepta la  $H_0$ : Se asumen que las varianzas son iguales.

**Tabla 37. Prueba de Anova para el Pb.**

Anova					
Pb					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	4,355	6	,726	39282,108	,000
Dentro de grupos	,000	14	,000		
Total	4,355	20			

### Prueba de hipótesis

**H<sub>0</sub>:** Los sistemas de tratamiento no disminuyen el porcentaje de remoción de los contaminantes estudiados (Pb) de las aguas residuales de peletizado de plásticos.

**H<sub>1</sub>:** Los sistemas de tratamiento si disminuyen el porcentaje de remoción de los contaminantes estudiados (Pb) de las aguas residuales de peletizado de plásticos.

### Regla de decisión:

Sig.  $\leq$  0,05 Se rechaza la **H<sub>0</sub>**, se acepta la **H<sub>1</sub>**

Sig.  $>$  0,05 Se acepta la **H<sub>0</sub>**, se rechaza la **H<sub>1</sub>**

### Resultado /discusión:

**P valor** menor de **0,05** entonces se acepta la **H<sub>1</sub>**: Los sistemas de tratamiento si disminuyen el porcentaje de remoción de los contaminantes estudiados (Pb) de las aguas residuales de peletizado de plásticos.

**Tabla 38. Prueba de Tukey para el Plomo.**

Comparaciones múltiples						
Variable dependiente: Pb						
HSD Tukey						
(I) Tratamiento	(J) Tratamiento	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
Inicial	Sistema 1, día 4 (15 min) ozono	1,27367*	,00351	,000	1,2617	1,2857
	Sistema 1, día 8 (30 min) ozono	1,30233*	,00351	,000	1,2903	1,3143
	Sistema 1, día 12 (45 min) ozono	1,30767*	,00351	,000	1,2957	1,3197

	Sistema 2, día 4 (15 min) ozono	1,29900*	,00351	,000	1,2870	1,3110
	Sistema 2, día 8 (30 min) ozono	1,31000*	,00351	,000	1,2980	1,3220
	Sistema 2, día 12 (45 min) ozono	1,31267*	,00351	,000	1,3007	1,3247
Sistema 1, día 4 (15 min) ozono	Inicial	-1,27367*	,00351	,000	-1,2857	-1,2617
	Sistema 1, día 8 (30 min) ozono	,02867*	,00351	,000	,0167	,0407
	Sistema 1, día 12 (45 min) ozono	,03400*	,00351	,000	,0220	,0460
	Sistema 2, día 4 (15 min) ozono	,02533*	,00351	,000	,0133	,0373
	Sistema 2, día 8 (30 min) ozono	,03633*	,00351	,000	,0243	,0483
	Sistema 2, día 12 (45 min) ozono	,03900*	,00351	,000	,0270	,0510
Sistema 1 día 8 (30 min) ozono	Inicial	-1,30233*	,00351	,000	-1,3143	-1,2903
	Sistema 1, día 4 (15 min) ozono	-,02867*	,00351	,000	-,0407	-,0167
	Sistema 1, día 12 (45 min) ozono	,00533	,00351	,730	-,0067	,0173
	Sistema 2, día 4 (15 min) ozono	-,00333	,00351	,957	-,0153	,0087
	Sistema 2, día 8 (30 min) ozono	,00767	,00351	,361	-,0043	,0197
	Sistema 2, día 12 (45 min) ozono	,01033	,00351	,113	-,0017	,0223
Sistema 1 día 12 (45 min) ozono	Inicial	-1,30767*	,00351	,000	-1,3197	-1,2957
	Sistema 1, día 4 (15 min) ozono	-,03400*	,00351	,000	-,0460	-,0220
	Sistema 1, día 8 (30 min) ozono	-,00533	,00351	,730	-,0173	,0067
	Sistema 2, día 4 (15 min) ozono	-,00867	,00351	,241	-,0207	,0033
	Sistema 2, día 8 (30 min) ozono	,00233	,00351	,993	-,0097	,0143
	Sistema 2, día 12 (45 min) ozono	,00500	,00351	,781	-,0070	,0170
Sistema 2 día 4 (15 min) ozono	Inicial	-1,29900*	,00351	,000	-1,3110	-1,2870
	Sistema 1, día 4 (15 min) ozono	-,02533*	,00351	,000	-,0373	-,0133
	Sistema 1, día 8 (30 min) ozono	,00333	,00351	,957	-,0087	,0153
	Sistema 1, día 12 (45 min) ozono	,00867	,00351	,241	-,0033	,0207
	Sistema 2, día 8 (30 min) ozono	,01100	,00351	,082	-,0010	,0230

	Sistema 2, día 12 (45 min) ozono	,01367*	,00351	,021	,0017	,0257
Sistema 2 día 8 (30 min) ozono	Inicial	-1,31000*	,00351	,000	-1,3220	-1,2980
	Sistema 1, día 4 (15 min) ozono	-,03633*	,00351	,000	-,0483	-,0243
	Sistema 1, día 8 (30 min) ozono	-,00767	,00351	,361	-,0197	,0043
	Sistema 1, día 12 (45 min) ozono	-,00233	,00351	,993	-,0143	,0097
	Sistema 2, día 4 (15 min) ozono	-,01100	,00351	,082	-,0230	,0010
	Sistema 2, día 12 (45 min) ozono	,00267	,00351	,985	-,0093	,0147
Sistema 2 día 12 (45 min) ozono	Inicial	-1,31267*	,00351	,000	-1,3247	-1,3007
	Sistema 1, día 4 (15 min) ozono	-,03900*	,00351	,000	-,0510	-,0270
	Sistema 1, día 8 (30 min) ozono	-,01033	,00351	,113	-,0223	,0017
	Sistema 1, día 12 (45 min) ozono	-,00500	,00351	,781	-,0170	,0070
	Sistema 2, día 4 (15 min) ozono	-,01367*	,00351	,021	-,0257	-,0017
	Sistema 2, día 8 (30 min) ozono	-,00267	,00351	,985	-,0147	,0093
*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.						

### Prueba de hipótesis:

**H<sub>0</sub>:** No existe algún cambio o diferencia entre los sistemas del tratamiento de agua.

**H<sub>1</sub>:** Existe algún cambio o diferencia, entre los sistemas del tratamiento de agua.

### Regla de decisión:

Sig.  $\leq$  0,05 Se rechaza la **H<sub>0</sub>**, se acepta la **H<sub>1</sub>**

Sig.  $>$  0,05 Se acepta la **H<sub>0</sub>**, se rechaza la **H<sub>1</sub>**

### Resultado /discusión:

**P valor** mayor de **0,05** entonces se acepta la **H<sub>1</sub>**: Existe algún cambio o diferencia, entre los sistemas del tratamiento de agua.



**Tabla 39. Prueba de normalidad para el Fe.**

Pruebas de normalidad							
	Tratamiento	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Fe	Inicial	,339	3	.	,850	3	,241
	Sistema 1, día 4 (15 min) ozono	,276	3	.	,942	3	,537
	Sistema 1, día 8 (30 min) ozono	,185	3	.	,267	3	,269
	Sistema 1, día 12 (45 min) ozono	,175	3	.	1,000	3	1,000
	Sistema 2, día 4 (15 min) ozono	,175	3	.	1,000	3	1,000
	Sistema 2, día 8 (30 min) ozono	,253	3	.	,964	3	,637
	Sistema 2, día 12(45 min) ozono	,796	3	.	,256	3	,377
	a. Corrección de significación de Lilliefors						

### Contraste de hipótesis - Prueba de normalidad

Se aplica el estadístico de prueba Shapiro Wilk con un nivel de confianza del 95% para los datos del agua, la cantidad de muestras es menor a 30. Se tiene una muestra de 3 repeticiones iniciales y finales.

Shapiro Wilk < 30 muestra

Kolmogorv- Smirnov > de 30 muestra

### Prueba de hipótesis:

**H<sub>0</sub>:** Los datos proceden de una distribución normal.

**H<sub>1</sub>:** Los datos no proceden de una distribución normal.

### Regla de decisión:

Sig. ≤ 0,05 Se rechaza la **H<sub>0</sub>**, se acepta la **H<sub>1</sub>**

Sig. > 0,05 Se acepta la **H<sub>0</sub>**, se rechaza la **H<sub>1</sub>**

### Resultado /Conclusión:

**P valor** mayor de **0,05** entonces se acepta la **H<sub>0</sub>**: Los datos proceden de una distribución normal.

**Tabla 40. Prueba de homogeneidad de varianzas para el Fe.**

Prueba de homogeneidad de varianzas					
		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Fe	Se basa en la media	2,773	6	14	,054
	Se basa en la mediana	,475	6	14	,816
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	,475	6	4,745	,804
	Se basa en la media recortada	2,492	6	14	,075

### Contraste de hipótesis – Prueba de Levene

Se realiza la homogeneidad de varianza para los datos del análisis inicial y final del agua, para ello se determina mediante la Prueba de Levene.

### Prueba de hipótesis:

**H<sub>0</sub>:** Se asumen que las varianzas son iguales

**H<sub>1</sub>:** Se asumen que las varianzas no son iguales

### Regla de decisión:

Sig.  $\leq$  0,05 Se rechaza la **H<sub>0</sub>**, se acepta la **H<sub>1</sub>**

Sig.  $>$  0,05 Se acepta la **H<sub>0</sub>**, se rechaza la **H<sub>1</sub>**

### Resultado / Conclusión:

**P valor** mayor de **0,05** entonces se acepta la **H<sub>0</sub>**: Se asumen que las varianzas son iguales.

**Tabla 41. Prueba de ANOVA para el Hierro.**

ANOVA					
HIERRO					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	376,194	6	62,699	57564,787	,000
Dentro de grupos	,015	14	,001		
Total	376,209	20			

### Prueba de hipótesis:

**H<sub>0</sub>:** Los sistemas de tratamiento no disminuyen el porcentaje de remoción de los contaminantes estudiados (Fe) de las aguas residuales de peletizado de plásticos.

**H<sub>1</sub>:** Los sistemas de tratamiento si disminuyen el porcentaje de remoción de los contaminantes estudiados (Fe) de las aguas residuales de peletizado de plásticos.

### Regla de decisión:

Sig.  $\leq$  0,05 Se rechaza la **H<sub>0</sub>**, se acepta la **H<sub>1</sub>**.

Sig.  $>$  0,05 Se acepta la **H<sub>0</sub>**, se rechaza la **H<sub>1</sub>**

### Resultado /discusión:

**P valor** menor de **0,05** entonces se acepta la **H<sub>1</sub>**: Los sistemas de tratamiento si disminuyen el porcentaje de remoción de los contaminantes estudiados (Fe) de las aguas residuales de peletizado de plásticos.

**Tabla 42. Prueba de Tukey para el Fe.**

Comparaciones múltiples						
Variable dependiente: Fe						
HSD Tukey						
(I) Tratamiento	(J) Tratamiento	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
Inicial	Sistema 1, día 4 (15 min) ozono	11,98533*	,02695	,000	11,8933	12,0773
	Sistema 1, día 8 (30 min) ozono	12,02200*	,02695	,000	11,9300	12,1140
	Sistema 1, día 12 (45 min) ozono	12,01533*	,02695	,000	11,9233	12,1073
	Sistema 2, día 4 (15 min) ozono	12,26533*	,02695	,000	12,1733	12,3573
	Sistema 2, día 8 (30 min) ozono	12,16867*	,02695	,000	12,0767	12,2607
	Sistema 2, día 12 (45 min) ozono	12,09867*	,02695	,000	12,0067	12,1907
Sistema 1, día 4 (15 min) ozono	Inicial	-11,98533*	,02695	,000	-12,077	-11,8933
	Sistema 1, día 8 (30 min) ozono	,03667	,02695	,813	-,0553	,1287
	Sistema 1, día 12 (45 min) ozono	,03000	,02695	,914	-,0620	,1220
	Sistema 2, día 4 (15 min) ozono	,28000*	,02695	,000	,1880	,3720

	Sistema 2, día 8 (30 min) ozono	,18333*	,02695	,000	,0913	,2753
	Sistema 2, día 12 (45 min) ozono	,11333*	,02695	,012	,0213	,2053
Sistema 1 día 8 (30 min) ozono	Inicial	-12,02200*	,02695	,000	-12,114	-11,9300
	Sistema 1, día 4 (15 min) ozono	-,03667	,02695	,813	-,1287	,0553
	Sistema 1, día 12 (45 min) ozono	-,00667	,02695	1,000	-,0987	,0853
	Sistema 2, día 4 (15 min) ozono	,24333*	,02695	,000	,1513	,3353
	Sistema 2, día 8 (30 min) ozono	,14667*	,02695	,001	,0547	,2387
	Sistema 2, día 12 (45 min) ozono	,07667	,02695	,133	-,0153	,1687
Sistema 1 día 12 (45 min) ozono	Inicial	-12,01533*	,02695	,000	-12,107	-11,9233
	Sistema 1, día 4 (15 min) ozono	-,03000	,02695	,914	-,1220	,0620
	Sistema 1, día 8 (30 min) ozono	,00667	,02695	1,000	-,0853	,0987
	Sistema 2, día 4 (15 min) ozono	,25000*	,02695	,000	,1580	,3420
	Sistema 2, día 8 (30 min) ozono	,15333*	,02695	,001	,0613	,2453
	Sistema 2, día 12 (45 min) ozono	,08333	,02695	,088	-,0087	,1753
Sistema 2 día 4 (15 min) ozono	Inicial	-12,26533*	,02695	,000	-12,357	-12,1733
	Sistema 1, día 4 (15 min) ozono	-,28000*	,02695	,000	-,3720	-,1880
	Sistema 1, día 8 (30 min) ozono	-,24333*	,02695	,000	-,3353	-,1513
	Sistema 1, día 12 (45 min) ozono	-,25000*	,02695	,000	-,3420	-,1580
	Sistema 2, día 8 (30 min) ozono	-,09667*	,02695	,037	-,1887	-,0047
	Sistema 2, día 12 (45 min) ozono	-,16667*	,02695	,000	-,2587	-,0747
Sistema 2 día 8 (30 min) ozono	Inicial	-12,16867*	,02695	,000	-12,260	-12,0767
	Sistema 1, día 4 (15 min) ozono	-,18333*	,02695	,000	-,2753	-,0913
	Sistema 1, día 8 (30 min) ozono	-,14667*	,02695	,001	-,2387	-,0547
	Sistema 1, día 12 (45 min) ozono	-,15333*	,02695	,001	-,2453	-,0613
	Sistema 2, día 4 (15 min) ozono	,09667*	,02695	,037	,0047	,1887
	Sistema 2, día 12 (45 min) ozono	-,07000	,02695	,198	-,1620	,0220

Sistema 2 día 12 (45 min) ozono	Inicial	-12,09867*	,02695	,000	-12,190	-12,0067
	Sistema 1, día 4 (15 min) ozono	-,11333*	,02695	,012	-,2053	-,0213
	Sistema 1, día 8 (30 min) ozono	-,07667	,02695	,133	-,1687	,0153
	Sistema 1, día 12 (45 min) ozono	-,08333	,02695	,088	-,1753	,0087
	Sistema 2, día 4 (15 min) ozono	,16667*	,02695	,000	,0747	,2587
	Sistema 2, día 8 (30 min) ozono	,07000	,02695	,198	-,0220	,1620
*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.						

### Prueba de hipótesis:

**H<sub>0</sub>:** No existe algún cambio o diferencia entre los sistemas del tratamiento de agua.

**H<sub>1</sub>:** Existe algún cambio o diferencia, entre los sistemas del tratamiento de agua.

### Regla de decisión:

Sig.  $\leq$  0,05 Se rechaza la **H<sub>0</sub>** se acepta la **H<sub>1</sub>**

Sig.  $>$  0,05 Se acepta la **H<sub>0</sub>**, se rechaza la **H<sub>1</sub>**

### Resultado /discusión:

**P valor** mayor de **0,05** se acepta la **H<sub>1</sub>**: Existe algún cambio o diferencia, entre los sistemas del tratamiento de agua.

## V. DISCUSIÓN

En el presente informe de investigación se planteó como objetivo evaluar el mejoramiento de la calidad de las aguas residuales de pelletizado de plásticos mediante dos sistemas de tratamientos con especies vegetales: El primer sistema de tratamiento compuesto por biofiltro de *Eichhornia crassipes* y el segundo sistema de tratamiento compuesto por biofiltro de *Pistia stratiotes*, ambas seguidas del proceso de ozonización como tratamiento final.

Los dos sistemas de tratamientos que se utilizaron para tratar el agua lograron resultados favorables que cumplen con la normativa peruana vigente para efluentes no domésticos. El primer sistema de tratamiento compuesto por biofiltro de *Eichhornia crassipes* seguida de ozonización, se obtuvo que en el cuarto día de tratamiento con 45 minutos de ozonización se logró una disminución de la concentración en el parámetro Turbidez a 6.08 NTU, así como un porcentaje de remoción del 92.2%. Del mismo modo, empleando el segundo sistema de tratamiento compuesto de *Pistia stratiotes* seguida de ozonización, se logró un porcentaje de remoción de la turbidez del 92.3%; estos resultados son mayores a los obtenidos por Ponziak et al. (2010) que alcanzaron solo el 90% de remoción en la turbidez empleando la combinación del proceso de electrocoagulación y ozonización.

Asimismo, en esta investigación se obtuvo que tanto para el primer y segundo sistema de tratamiento durante el octavo día de tratamiento y con 30 minutos de ozonización se obtuvieron valores de remoción de 59.4 y 58.9% en la DBO<sub>5</sub>, y 63.2 y 64% de remoción de la DQO respectivamente, resultando mayores que lo obtenido por Pilatin (2001), ya que con una ozonización ideal de 30 minutos logró una remoción de 35.1% de la DQO. De manera similar, Morali, Uzal y Yetis (2016) con 20 minutos de ozonización en aguas tratadas biológicamente alcanzaron remover la DQO en un 56%. Por otro lado, Mainardis et al. (2020) con solo la aplicación de ozono obtuvo un 46% de remoción la DQO; como también Liu et al. (2018) lograron el 32.16% de remoción con solo aplicar la ozonización catalítica con microburbujas, y para el sistema combinado de proceso biológico, la eficiencia total de la eliminación de la DQO fue de 60.82% siendo relativamente superior obtenidas en la presente investigación.

Los resultados obtenidos de las concentraciones de los metales, después de utilizar el segundo sistema de tratamiento se logró disminuir el Fe, Mn y Pb desde 5.89mg/l, 1.34mg/l y 16.4mg/l, hasta 2.1mg/l y 0.03mg/l y 4.18 mg/ respectivamente, así como un porcentaje de remoción de 64.3% en el Mn, 97.7% en el Pb y 74.5% en el Fe. Estas pruebas se complementan al trabajo realizado por Cieza y Zegarra (2019) que lograron alcanzar porcentajes de remoción del Fe 99% y el Mn 99.7%, siendo porcentajes muy superiores a la presente investigación, puesto que los autores establecieron rangos en los valores del pH para posterior ozonización.

Otros trabajos realizaron técnicas de tratamiento en donde emplearon solo plantas acuáticas: Mudavanhu, Ndeketeya y Masaya (2014) estudiaron el potencial de la *Eichhornia crassipes* para determinar su capacidad de eliminar sólidos disueltos totales, logrando una reducción significativa del 61.7% de remoción del parámetro. A diferencia de la investigación, empleando los procesos secuenciales de biofiltración con *Eichhornia crassipes* seguida de ozonización, se obtuvo una remoción del 87% de los sólidos suspendidos totales. Por otra parte, Issakainen (2019) empleando solo la filtración a partir de telas filtrantes con la aplicación de ácido sulfúrico logró la remoción del 74% de los sólidos suspendidos totales.

En el estudio de Noir et al. (2017), utilizaron un sistema de tratamiento de aguas residuales empleando microorganismos como biomasa, en un período de 24 horas lograron reducir la DBO<sub>5</sub> en un 41.5%, siendo inferior a los valores encontrados en la presente investigación, ya que tanto el primer como el segundo sistema de tratamiento logró reducir la DBO<sub>5</sub> en un 52.1% y 57.2% respectivamente. Por otro lado, Mendes, Navarro y Guimarães (2007) lograron conseguir valores superiores de remoción de la DBO<sub>5</sub>, DQO de 90.2% y 80.1%, empleando el proceso fisicoquímico de Flotación por aire disuelto (FAD).

Bordonalli y Mendes (2009) trataron las aguas residuales de la industria del reciclaje de plásticos, para lo cual utilizaron sales de aluminio como coagulante y obtuvieron una remoción del 63% en la DBO<sub>5</sub> y 66% en la DQO. Mientras Casali (2011), empleando taninos vegetales como agente primario en la filtración obtuvo una remoción de 65% y 78,4% la DBO<sub>5</sub> y DQO respectivamente.

Casali (2011) trató los efluentes de la industria del reciclaje de plásticos por medio de floculación, estos floculantes fueron basados en taninos vegetales. Casali logró obtener afluentes que cumplen con la legislación; respecto a los metales pesados el porcentaje de remoción que alcanzó fue Al (99,4%) y Fe (73.8%), Pb (>90%), cuyos valores se encontraron dentro de los requisitos de la legislación.

Otros autores trataron diferentes efluentes industriales mediante la aplicación de ozono con otros procesos: Forouzesht, Irani y Khoshfetrat (2020) trataron las aguas residuales municipales, para el cual emplearon procesos simultáneos de pre y post ozonización combinadas con reactor de crecimiento biológico en la eliminación de la DQO, el amonio y coliformes totales, realizaron la ozonización simultáneamente en reactores de pre y post ozonización con flujo másico de ozono de 1g/h en un plazo de 30 minutos cada 8 horas, lograron la eliminación completa del amonio y el 94% de la DQO, y concluyeron que la combinación del biorreactor de lecho fijo y el proceso de ozonización mostraron una tecnología prometedora para el tratamiento de aguas residuales.

Chávez et al. (2019) con el fin de tratar las aguas residuales industriales aplicaron la biodegradación aeróbica en un reactor de lotes secuenciales (SBR) seguida de ozonización fotocatalítica solar utilizando un catalizador basado en Oxido de titanio ( $TiO_2$ ), lograron una remoción por encima del 90%, cuyos valores fueron 96.6 % del COT, 98.9% de la DQO, y 98.7% de la DBO, logrando que el agua sea apta para su descarga en el sistema de alcantarillado municipal.

Yang et al. (2020) estudiaron el proceso híbrido que consiste en la ozonización y biodegradación catalítica del concentrado de osmosis inversa de base industrial. Los resultados que obtuvieron fue un 49% de remoción de la DQO empleando el catalizador heterogéneo basado en Fe. Asimismo, concluyeron que la ozonización y biodegradación catalíticas híbridas redujeron la concentración de DQO a 40mg / L con 10 minutos de reacción de ozono, cumpliendo con el estándar de descarga (GB, 18918-2002).

Valenzuela (2017) trató las aguas residuales de lavado de gases empleando micronanoburbujas de aire-ozono con la finalidad de mejorar el efluente de la empresa contaminado de Pb y el silicio (Si), el efluente fue sometido a diferentes



concentraciones de pH 6, 8 y 10, y en diferentes tiempos de exposición de 8, 16 y 24 minutos, los resultados mostraron una reducción considerable del plomo de 32.26mg/l a 0.088mg/l y el silicio de 70.49mg/l se redujo hasta 12.97mg/l logrando eficiencia de remoción de 99.7% y 81.6% del Pb y el Si respectivamente.

Hernández. et al. (2018) evaluaron la efectividad del tratamiento de ozonización catalítica heterogénea (POCH) en aguas residuales procedentes de una estación de servicio para la degradación de compuestos orgánicos (COD), el tratamiento obtuvo una reducción de COD (60.92%) y de DQO (74.76%) a un pH 10 y un tiempo de reacción de 40 minutos.

Los parámetros estudiados también logran cumplir con la Legislación ambiental chilena. Los parámetros DBO<sub>5</sub>, DQO y el Fe después de aplicar los tratamientos no lograron cumplir con la legislación colombiana, ya que las concentraciones de los parámetros estuvieron sobre los 125mg/l en la DBO<sub>5</sub>, 300mg/l en la DQO y 3mg/l en el Fe, esto debido a que la normativa colombiana es bastante exigente en cuanto a vertimientos de efluentes industriales.

Según la comparación de la normativa chilena y colombiana (Anexo 6), se evidencia que la RESOLUCIÓN 631–2015 de Colombia clasifica los parámetros según categoría de actividad en vertimientos industriales, tal es el caso de los efluentes en la fabricación de plásticos en formas primas, básicas y artículos de plásticos; los parámetros de la normativa colombiana son más exigentes a comparación de la normativa peruana y chilena que solo cuenta con los parámetros fisicoquímicos y sus valores límites máximos permisibles para vertimientos de efluentes no domésticos.

En el Anexo 6, se puede observar que Perú y Chile no coinciden en muchos de los parámetros exigidos en la norma colombiana, ya que cada uno de los países es autónomo respecto a los que parámetros que se desea medir y regular para vertimientos de aguas residuales no domésticas, un ejemplo es que Colombia aparte de requerir la medición de pH también exige las pruebas de alcalinidad y acidez de la muestra, mientras que Perú y Chile solo exigen el pH.

## VI. CONCLUSIONES

La aplicación de los sistemas de tratamiento con especies vegetales y el empleo de la ozonización como proceso final en el efluente industrial, demostraron la reducción de pH, turbidez, SST, DBO<sub>5</sub>, DQO, Mn, Pb y Fe, de manera que cumplen con los valores máximos admisibles del D.S. N° 010-2019-VIVIENDA para descarga a la red pública, minimizando los impactos ambientales. Los resultados más relevantes fueron:

- Los valores de los parámetros fisicoquímicos disminuyeron tanto para el tratamiento 1 como para el tratamiento 2. En el tratamiento 1, los mejores resultados fueron alcanzados en el doceavo día de tratamiento y con 45 minutos de ozonización, alcanzándose valores de pH = 7.82, 6.08 NTU, 51.6mg/l de SST, 2.04mg/l de Mn y 0.04mg/l de Pb. Paralelamente, en el tratamiento 2, los resultados alcanzados en el doceavo día y con 45 minutos de ozonización, fueron de 6.04 NTU, 52.9mg/l de SST, 2.1mg/l de Mn y 0.03mg/l de Pb.
- Los porcentajes de remoción de los contaminantes alcanzados por los dos sistemas de tratamiento fueron: En el tratamiento 1 se alcanzaron remociones de 91.4, 87, 52.1, 55.4, 59.2 y 96.3 y 72.9%, para la turbidez, SST, DBO<sub>5</sub>, DQO, Mn, Pb y Fe respectivamente. En el tratamiento 2 se alcanzaron remociones de 91.6, 87.8, 57.2, 57.7, 62.6 y 97.3 y 73.9% para la Turbidez, SST, DBO<sub>5</sub>, DQO, Mn, Pb y Fe respectivamente.

## **VII. RECOMENDACIONES**

- Trabajar las muestras de agua residual en diferentes concentraciones y en diferentes valores de pH, para optimizar los tratamientos.
- Realizar los muestreos en períodos más cortos de tiempo, así como también exponer las muestras en diferentes tiempos de ozonización, con el fin de mejorar el tratamiento del efluente industrial.
- Extender los tiempos de tratamiento y mejorar la aireación para reducir las concentraciones de  $\text{DBO}_5$  y DQO.

## REFERENCIAS

- APARICIO, M.A., EIROA, M., KENNES, C., VEIGA, M.C., *Combined post-ozonation and biological treatment of recalcitrant wastewater from a resin-producing factory*. [En línea]. 2007, Volumen 143, Issues 1–2. ISSN 0304-3894.285–290. DOI 10.1016/2006.09.025. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2006.09.025>.
- ARANGO, Álvaro. *La biofiltración, una alternativa para la potabilización del agua* [en línea]. 2004, vol. 1, no. 2, pp. 61-66. ISSN 1794-4449. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10567/184>.
- AYAY, Jackson. Capacidad remediadora de Lemna minor y Pistia stratiotes en el tratamiento de aguas residuales de la localidad de Granja Porcón - Cajamarca [en línea]. Tesis de pregrado. Universidad Cesar vallejo: Perú, 2019. Disponible en: [http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/39360/Ayay\\_TJD.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/39360/Ayay_TJD.pdf?sequence=1&isAllowed=y).
- BAUCKE, F. G. K., COVINGTON, A. K., P, BUCK. R., BRETT, C. M. A., MILTON, M. J. T., MUSSINI, T., NAUMANN, R., PRATT, K. W., RONDININI, S., SPITZER, P., & WILSON, G. S. Measurement of pH, definition, standards, and procedures. (IUPAC Recommendations 2002). (Vol. 74, Issue 11). Disponible en: <https://core.ac.uk/reader/187888683>.
- BORDONALLI, A.C.O. y MENDES, C.G. da N. *Reúso de água em indústria de reciclagem de plástico tipo PEAD* [en línea]. 2009, vol. 14, no. 2, pp. 235-244. ISSN 14134152. DOI 10.1590/s1413-41522009000200011. Disponible en: [https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1413-41522009000200011&lng=pt&nrm=iso](https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-41522009000200011&lng=pt&nrm=iso).
- CAMPUZANO, Silvia, JIMÉNEZ, Laura y HERNÁNDEZ, Diana. *La formación de biopelículas y la calidad del agua en la consulta odontológica*. Nova [en línea] 2018, vol. 16, no. 29, pp. 39-49. 2017. ISSN 1794-2470. DOI 10.22490/24629448.2688. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/nova/v16n29/1794-2470-nova-16-29-00039.pdf>.
- CASALI, Dionisio. Tratamiento do efluente de uma recicladora de plásticos utilizando coagulante não metálico e compostagem [en línea]. Tesis de Maestria. Universidad Federal de Santa Maria - Brasil, 2011. Disponible en: [https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/7947/CASALI%2C DIONISIO JUNIOR.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/7947/CASALI%2C%20DIONISIO%20JUNIOR.pdf?sequence=1&isAllowed=y).
- CHARISMA, Widya, BADRUS, Zaman y SYAFRUDIN, 2015. *Pengaruh waktu tinggal dan jumlah kayu apu (Pistia stratiotes L) terhadap penurunan konsentrasi BOD, COD dan warna* [en línea]. 2015, Vol. 4, no. 2, pp. 1-8. Disponible en: <https://core.ac.uk/reader/85088148>.

CHÁVEZ, A.M., GIMENO, O., REY, A., PLIEGO, G., OROPESA, A.L., ÁLVAREZ, P.M. y BELTRÁN, F.J., Treatment of highly polluted industrial wastewater by means of sequential aerobic biological oxidation-ozone based AOPs [en línea]. 2018, vol. 361, pp. 89-98. 2019. ISSN 13858947. DOI 10.1016/j.cej.2018.12.064. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.cej.2018.12.064>.

CIEZA, Eitelio y ZEGARRA, Jesús. Efecto de la aplicación del ozono en la concentración de metales en solución en el agua del río Hualgayoc – 2018. [en línea]. Tesis de pregrado. Universidad Privada Antonio Guillermo Urrello: Perú, 2019. Disponible en: <http://repositorio.upagu.edu.pe/handle/UPAGU/940>.

DA SILVA, Marcia y DE PAOLI, Marco. *A tecnologia da reciclagem de polímeros. Quimica Nova* [en línea] 2005, vol. 28, no. 1, pp. 65-72. 2005. ISSN 01004042. DOI 10.1590/s0100-40422005000100014. Disponible en: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-40422005000100014&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422005000100014&lng=en&nrm=iso).

DIRECCION GENERAL DE SALUD AMBIENTAL (DIGESA), Muestreo de efluentes y cuerpos receptores en el marco de la autorizacion sanitaria de vertimiento. [en línea] 2006. Lima, Perú: Disponible en: [http://www.digesa.minsa.gob.pe/pw\\_camisea/2006/informe\\_protocolo\\_monitor\\_eo.pdf](http://www.digesa.minsa.gob.pe/pw_camisea/2006/informe_protocolo_monitor_eo.pdf).

CHAMORRO, Jorge. Biofiltración: Una tecnología con mucho futuro [blog]. España: 2019 [Consulta: 21 de octubre de 2020]. Disponible en: <https://bit.ly/34IW45j>.

CUBIDES, Jahn y MARTÍNEZ, Saidy. Diseño e implementación de un sistema de ozonificación electrónico que aporte a la disminución de microorganismos presentes en el agua [en línea]. Tesis. Colombia: Universidad de los Llanos, 2018 Disponible en: [https://repositorio.unillanos.edu.co/bitstream/001/1438/3/diseño\\_e\\_Implementación\\_de\\_un\\_Sistema\\_de\\_Ozonificación\\_Electronico\\_que\\_Aporte\\_a\\_la\\_Disminució....pdf](https://repositorio.unillanos.edu.co/bitstream/001/1438/3/diseño_e_Implementación_de_un_Sistema_de_Ozonificación_Electronico_que_Aporte_a_la_Disminució....pdf).

DS\_010-2019-VIVIENDA. Decreto supremo que aprueba el reglamento de valores máximos (VMA) para las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario. [en línea] 2019. Disponible en: [https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/306588/DS\\_010-2019-VIVIENDA.pdf](https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/306588/DS_010-2019-VIVIENDA.pdf).

EGBUIKWEM, Precious, MIERZWA, Jose y SAROJ, Devendra. *Evaluation of aerobic biological process with post-ozonation for treatment of mixed industrial and domestic wastewater for potential reuse in agricultura* [en línea]. 2020, vol. 318, pp. 124200. 2020. ISSN 0960-8524. DOI 10.1016/j.biortech.2020.124200. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2020.124200>.

FLORES. Granulometría de los suelos [blog]. Arequipa: 2014 [Consulta: 01 mayo 2020]. Disponible en: <http://es.slideshare.net/freddyramirofloresvega/granulometria-en-lossuelos>.

- FOROUZESH, Mojtaba, IRANI, Reza y KHOSHFETRAT, Ali. *Real municipal wastewater treatment using simultaneous pre and post-ozonation combined biological attached growth reactor: Energy consumption assessment* [en línea]. 2020, vol. 104595. ISSN 2213-3437. DOI 10.1016/j.jece.2020.104595. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jece.2020.104595>.
- GORDILLO, Gerardo. Investigación técnica y económica sobre Desinfección de aguas residuales por Sistemas de Oxidación. [en línea] Tesis doctoral. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, 2016. Disponible en: [http://oa.upm.es/14415/1/Gerardo\\_Gordillo\\_de\\_Coss.pdf](http://oa.upm.es/14415/1/Gerardo_Gordillo_de_Coss.pdf).
- HASSAN, Nayla. Chapter *Water Quality Parameters* [en línea]. Intech Open 2009. Estados Unidos [Fecha de consulta 13 de junio de 2020]. DOI: 10.5772. Disponible en: <https://core.ac.uk/reader/322444902>.
- HERNÁNDEZ, FERNÁNDEZ Y BAPTISTA. Metodología de la investigación. 6ta edición. Interamericana editores. México, 2014, 589p.
- HERNÁNDEZ-MEDINA, N., BEJARANO, AYALA, S.A., MENA GUERRERO, N., y MACHUCA-MARTÍNEZ, F., Treatment of Residual Water From Gas Stations by Catalytic Ozonation [en línea]. 2019, vol. 21, no. 1, pp. 23-34. ISSN 0123-3033. Doi.10.25100/iyc.v20i1.7652. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.25100/iyc.v20i1.7652>.
- IKHLAQ, Amir. Catalytic ozonation for the removal organic contaminants in water [en línea] Tesis doctoral. University of Huddersfield, 2012. Disponible en: <https://core.ac.uk/reader/13640955>.
- ISSAKAINEN, Heini. *Assessment and improvement of wastewater system in pilot* [en línea]. Tesis de maestría. Universidad Tecnológica de Lahti LUT. 2019. Disponible en: [https://lutpub.lut.fi/bitstream/handle/10024/159811/Master%27s thesis\\_Issakainen%20Heini.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://lutpub.lut.fi/bitstream/handle/10024/159811/Master%27s%20thesis_Issakainen%20Heini.pdf?sequence=1&isAllowed=y).
- IZQUIERDO, Isabel. Efecto de un biofiltro de piedra pómez en la remoción del material orgánico del efluente agroindustrial Casa grande. Tesis (Ingeniería Ambiental) Perú: Universidad César Vallejo, 2016. Disponible en: [http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/6797/izquierdo\\_bi.pdf?sequence=1](http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/6797/izquierdo_bi.pdf?sequence=1).
- JOHNSON, Robert y KUBY, Praticia, *Estadística elemental: Lo esencial* [en línea]. 2008. 10a. edición. S.l.: Editores, Cengage Learning. ISBN 9706868356, 9789706868350. Disponible en: [https://books.google.es/books?id=H3BsKdQxok4C&dq=Johnson+y+Kuby+definencia+de+poblacion&lr=&hl=es&source=gbs\\_navlinks\\_s](https://books.google.es/books?id=H3BsKdQxok4C&dq=Johnson+y+Kuby+definencia+de+poblacion&lr=&hl=es&source=gbs_navlinks_s).
- KASNO, Sunjaya, ASMARINA, Putrij, OKKY, Dharmaputra and HANDAYANI, Seomed. Integrated use of Neochetina Bruchi and alternaria Eichhorniae in controlling water Hyacinth. *BIOTROPIA* [en línea] 1999, no. 13, pp. 1-17.

Disponível em: <https://core.ac.uk/reader/95198210>.

KIPPER, L.M., Ações estratégicas sistêmicas para a rede sustentável de reciclagem de plásticos. Dissertação de Doutorado. Faculdade de Engenharia de Produção. Universidade Federal de Santa Catarina, 2005.

LAWRENCE Kohan. Manual de calderas: principios operativos de mantenimiento, construcción, instalación, reparación, seguridad, requerimientos y normativas. 2000. En: S.A.U. MCGRAW-HILL INTERAMERICANA DE ESPAÑA 1ª ed. [en línea]. S.l.: s.n., ISBN 8448128001, 9788448128005. Disponível em: [http://recursosbiblio.url.edu.gt/publicjlg/biblio\\_sin\\_paredes/fac\\_ing/Manu\\_cald/cap/00.pdf](http://recursosbiblio.url.edu.gt/publicjlg/biblio_sin_paredes/fac_ing/Manu_cald/cap/00.pdf).

LIU, C., CHEN, X-X., ZHANG, J., ZHOU, H-Z., ZHANG, L., GUO, Y-K., Advanced treatment of bio-treated coal chemical wastewater by a novel combination of microbubble catalytic ozonation and biological process [en línea]. 2018, vol. 197, pp. 295-301. ISSN 1383-5866. DOI 10.1016/j.seppur.2018.01.005. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2018.01.005>.

LÓPEZ, Diana y VÁSCONEZ, Juan. *Diseño e Implementación de un Prototipo Generador de Ozono para Purificación de Agua para el Consumo Humano* [en línea]. Tesis de pregrado. Escuela Politécnica Nacional: Ecuador, 2013. Disponível em: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/7053>.

LÓPEZ-CEPERO, Adrian. Diseño de un proceso de ozonización por inyección venturi para la eliminación de pesticidas presentes en un afluente a una estación de tratamiento de agua potable [en línea]. Universidad de Cádiz. 2011 Disponível em: <https://rodin.uca.es/xmlui/bitstream/handle/10498/14947/b35632082.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

MAINARDIS, Matia, BUTTAZZONI, Marco, DE BORTOLI, Nicola, MION, Michele and GOI, Daniele., *Evaluation of ozonation applicability to pulp and paper streams for a sustainable wastewater treatment* [en línea]. 2020, vol. 258, pp. 120781. ISSN 09596526. DOI 10.1016/j.jclepro.2020.120781. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120781>.

MARTELO, Jorge y LARA, Jaime. *Floating macrophytes on the wastewater treatment: a state of the art review. Ingeniería y Ciencia* [en línea]. 2012, vol. 8, no. 15, pp. 221-243. Disponível em: <http://www.scielo.org.co/pdf/ince/v8n15/v8n15a11.pdf>.

MENDES, C. da N., NAVARRO, F. y GUIMARÃES, J.R., Tratamento de Efluentes de uma Indústria de Reciclagem de Embalagens Plásticas de Óleos Lubrificantes: Processo Biológico e Físico-Químico. [en línea]. Tesis de maestria. Universidade Estadual de Campinas, 2007. Disponível em: [http://repositorio.unicamp.br/jspui/bitstream/REPOSIP/257780/1/Moreno\\_FrancoNavarro\\_M.pdf](http://repositorio.unicamp.br/jspui/bitstream/REPOSIP/257780/1/Moreno_FrancoNavarro_M.pdf).

MINISTERIO DEL AMBIENTE (MINAM), Tratamiento y reúso de Aguas residuales. manual para municipios ecoeficientes [en línea] [Fecha de consulta: 20 de mayo de 2020]. Disponible en: <https://sinia.minam.gob.pe/download/file/fid/39054>.

MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE - COLOMBIA, Resolución 631 de 2015. *Diario Oficial No. 49.486 de 18 de abril de 2015* [en línea]. Disponible en: [http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/app/resoluciones/d1-res\\_631\\_marz\\_2015.pdf](http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/app/resoluciones/d1-res_631_marz_2015.pdf).

MONTOYA, Jane y RIVERA, Sally. Estudio comparativo de la obtención de zeolita sintética a partir de precursores naturales (heulandita y piedra pómez) de la región sur del Perú como posibilidad de remediación ambiental. Tesis (Ingeniería de Materiales) Perú: Universidad Nacional de San Agustín, 2015. Disponible en: <http://bibliotecas.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/221/B2-M-18395.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

MORALI, Kaan, UZAL, Nigmat and YETIS, Ulku. *Ozonation pre and post-treatment of denim textile mill effluents: Effect of cleaner production measures* [en línea]. 2016, vol. 137, pp. 1-9. 2016. ISSN 09596526. DOI 10.1016/j.jclepro.2016.07.059. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.07.059>.

MUDAVANHU, N., NDEKETEYA, A. y MASAYA, N., *An assessment of phytoremediation capacity of Eichhornia crassipes and Typha capensis for the removal of total dissolved solids in plastic recycling industry wastewater*. [en línea]. 2014, vol. 8, no. 1, pp. 86-92. ISSN 23192399. DOI 10.9790/2402-08148692. Disponible en: [http://ir.buse.ac.zw/xmlui/bitstream/handle/11196/593/Mudavanhu and Masaya phytoremediation.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://ir.buse.ac.zw/xmlui/bitstream/handle/11196/593/Mudavanhu%20and%20Masaya%20phytoremediation.pdf?sequence=1&isAllowed=y).

NOIR, J., AZARIO, R., COUSIDO, C.J., ROCA, S. y ORCELLET, E., *Vista de Pellets de plásticos reciclados: su utilización como medio de soporte bacteriano en lechos percoladores para tratamiento de aguas residuales industriales* [en línea]. 2017, vol. 7, pp. 176-187. 2017. Disponible en: <http://pcient.uner.edu.ar/Scdyt/article/view/400/616%0Ahttp://pcient.uner.edu.ar/Scdyt/article/view/400/616>.

OLASEHINDE, G Y SIYANBOLA, T., Biochemical Oxygen Demand and Carbonaceous Oxygen Demand of the Covenant University Sewage Oxidation Pond. *Covenant Journal of Physical and Life Sciences*. 2016, vol. 4, n° 1, pp 11-19. Disponible en: <http://eprints.covenantuniversity.edu.ng/7488/1/BOD%20PAPER%20PUBLISHED.pdf>.

ORGANISMO DE EVALUACIÓN Y FISCALIZACIÓN AMBIENTAL(OEFA). Fiscalización ambiental en aguas residuales. [En línea] 2014. Perú [Fecha de consulta: 02 de mayo del 2020].Disponible en:



[https://www.oefa.gob.pe/?wpfb\\_dl=7827](https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=7827).

ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. La OMS anima a investigar sobre los microplásticos y a reducir drásticamente la contaminación por plásticos. [en línea] 2019. Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/detail/22-08-2019-who-calls-for-more-research-into-microplastics-and-a-crackdown-on-plastic-pollution>.

ORSI, Angela y NAVE, Carlos. Reúso de água em indústria de reciclagem de embalagens plásticas: aspectos econômicos e ambientais em modelo de escala real [en línea]. Tesis- Doctorado. Universidade Estadual de Campinas: Brasil, 2007. Disponible en: <http://repositorio.unicamp.br/jspui/handle/REPOSIP/258219>.

ORTIZ, Jesus. Tratamientos avanzados de agua potable para eliminación de materia orgánica disuelta: aplicación del BAC [en línea]. Tesis doctoral. España: Universidad Politécnica de Madrid, 2015. Disponible en: [http://oa.upm.es/37280/1/Jesus\\_Ortiz\\_Mingo.pdf](http://oa.upm.es/37280/1/Jesus_Ortiz_Mingo.pdf).

PARAYANNILAM, George. *Mangrove Ecosystems manual for the assessment of biodiversity*. [en línea]. 2005, Estados Unidos: editado por Parayannilam, G, Universidad de Chicago [Fecha de consulta 13 de junio de 2020]. ISSN: 0972-2351. Disponible en: <https://core.ac.uk/reader/33014285>.

PARTECA, Sandro, BECKMANN, Marcos y ONOFRE, Sideney. Caracterização físico-química e microbiológica de efluentes gerados no processo de reciclagem de embalagens plásticas. [en línea]. 2007, pp. 96-108. Disponible en: <https://www.revistas.ufg.br/geoambiente/article/view/25945/14915>.

PILATIN, K., M. Zararlı Atıklardan Ozonlama İle Zehirlilik Giderimi [en línea]. Tesis (master). Universidad Técnica de Estambul. 2001. Disponible en: <https://polen.itu.edu.tr/xmlui/bitstream/handle/11527/10482/657.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

PONZIAK, C., HERNÁNDEZ-ORTEGA, M., BARRERA-DÍAZ, T., RODRIGO, M.A., ROA-MORALES, G., BILYEU, B., Use of a combined electrocoagulation–ozone process as a pre-treatment for industrial wastewater [en línea]. 2010, vol. 250, pp. 144-149. ISSN 0011-9164. DOI 10.1016/j.desal.2008.11.021. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.desal.2008.11.021>.

POURAHMAD, Hamed, *Simultaneous Manganese Removal and Remineralization Of Soft Waters Via Calcite Contactor* [en línea] 2018. S.I.: Universidad de Montreal. Disponible en: <https://core.ac.uk/reader/213622940>.

RAMÓN, Jacipt, LEÓN, Jose y CASTILLO, Nelson. *Diseño de un sistema alternativo para el tratamiento de aguas residuales urbanas por medio de la técnica de lombrifiltros utilizando la especie Eisenia foetida*. [en línea] 2015, vol. 5, no. 1, pp. 46-54. ISSN 2256-1498. DOI 10.21789/22561498.1018. Disponible en: <http://eds.b.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=0&sid=ff19df44-176a-4026->

8fa5-  
28ea1c3f993b%40sessionmgr103&bdata=Jmxhbmc9ZXMmc2l0ZT1lZHMtbGl2  
ZQ%3D%3D#db=a9h&AN=117504970.

REMTAVARES. Aplicación de la ozonización en el tratamiento de aguas: descripción y funcionamiento [blog]. Madrid: (16 de enero de 2008). [Consulta: 21 de octubre de 2020]. Disponible en: <https://www.madrimasd.org/blogs/remtavares/2008/01/16/82477#comments>.

REY, Andrea. [Informe final de ejecución del tratamiento de aguas residuales]. [en línea] 2014. Colombia. Disponible en: <https://core.ac.uk/reader/52156607>.

ROMERO, Antonio. Lixiviación de manganeso del concentrado plomo-plata para la producción de sulfato de manganeso [en línea]. Tesis Pregardo. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, 2014. Disponible en: <https://core.ac.uk/reader/323350487>.

SÁNCHEZ, J, GRADAILL, L, GARCÍA, L Y FERNÁNDEZ, M., *Diseño y construcción de un sistema modular de purificación de agua para ciego de Ávila*. [en línea]. Julio 2018, v. 8, n. 3, p. 53–59. ISSN-2227-8761 [Fecha de consulta: 15 de mayo de 2020]. Disponible en: <http://eds.a.ebscohost.com/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=1&sid=9da010fa-4c67-4dd2-84b3-1eed8a6adf15%40sessionmgr4006>.

SARANGO, Ornela y SÁNCHEZ, José. Diseño y construcción de 2 biofiltros con *Eichhornia crassipes* y *Lemna minor* para la evaluación de la degradación de contaminantes en aguas residuales de la extractora rio manso exa S.A. planta la comuna, quinindé [en línea] Tesis, Escuela superior politécnica de Chimborazo, 2016. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/4930/1/236T0194.pdf>.

TARIFA, María. Formación de Biofilms en Sistemas de Filtración por Membranas. Tesis de Doctor en Biología. Argentina: Universidad Nacional del Sur, 2016. Disponible en: <http://repositoriodigital.uns.edu.ar/bitstream/123456789/3658/1/TESIS%20Tarifa%20Mar%C3%ADa%20Clara.pdf>.

THAM, Ho. *Water Hyacinth (Eichhornia crassipes) – Biomass Production, Ensilability and Feeding Value to Growing Cattle* [en línea]. Tesis doctoral. University of Agricultural Sciences, Suecia, 2012. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/288653657\\_Water\\_Hyacinth\\_Eichhornia\\_crassipes\\_-\\_manganeso\\_Biomass\\_Production\\_Ensilability\\_and\\_Feeding\\_Value\\_to\\_Growing\\_Cattle](https://www.researchgate.net/publication/288653657_Water_Hyacinth_Eichhornia_crassipes_-_manganeso_Biomass_Production_Ensilability_and_Feeding_Value_to_Growing_Cattle).

TOLEDO, Angeles. *Revisión bibliográfica de los métodos de análisis de micro (nano) plásticos en el medioambiente y la biota marina* [en línea]. Tesis. Universidad Nacional de Educación a distancia, 2019. Disponible en: [http://espacio.uned.es/fez/eserv/bibliuned:master-Ciencias-CyTQ-Matoledo/Toledo\\_Martinez\\_\\_Maria\\_Angeles\\_TFM.pdf](http://espacio.uned.es/fez/eserv/bibliuned:master-Ciencias-CyTQ-Matoledo/Toledo_Martinez__Maria_Angeles_TFM.pdf).

- TRIBUNAL NORMATIVO y CONGRESO NACIONAL, 2014. Decreto 609 :20-07-1998 - Chile. Biblioteca del Congreso Nacional del congreso de Chile [en línea]. Disponible en: <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/chi21602.pdf>.
- VALENZUELA, Luzmila, “Reducción de plomo y silicio en aguas de lavado de gases de una empresa de servicios usando Micronanoburbujas de aire-ozono, Lima, 2017” [en línea]. Tesis de pregrado. Universidad Cesar Vallejo: Perú, 2017. Disponible en: [http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/3610/Valenzuela\\_FL.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/3610/Valenzuela_FL.pdf?sequence=1&isAllowed=y).
- YANG, Linyan., SHENG, Mei, et al. *A hybrid process of Fe-based catalytic ozonation and biodegradation for the treatment of industrial wastewater reverse osmosis concentrate* [en línea]. 2020, vol. 238. ISSN 0045-6535. DOI 10.1016/j.chemosphere.2019.124639. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.124639>.
- ZIMMERMAN, Brett y KALEITA, Amy. Electrical Conductivity of Agricultural Drainage Water in Iowa. *Applied Engineering in Agriculture*. [en línea]. 2017, vol.33, pp. 369-378. DOI 10.13031/aea.12040. Disponible en: <https://core.ac.uk/reader/128981251>.
- ZULUAGA VELÁSQUEZ, K., A., Referentes latinoamericanos de tratamiento de aguas residuales de origen urbano [en línea]. Tesis de pregrado. Universidad Católica de Manizales: Colombia, 2018. Disponible en: <https://bit.ly/3gbcy4m>.

## **ANEXOS**

**Anexo 1:** Matriz de operacionalización de variables.

VARIABLES		DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN/ UNIDADES	
VARIABLE INDEPENDIENTE	Sistemas de tratamiento (Biofiltración y Ozonización)	Están compuestos por una serie de operaciones y procesos físicos, químicos y biológicos, que se combinan con el objetivo de purificar las aguas residuales hasta alcanzar la calidad requerida para su disposición final, (OEFA, 2014).	En los sistemas de tratamiento de las aguas residuales de peletizado de plásticos se usaron dos biofiltros de diferentes características y un ozonizador.	Biofiltración	Biofiltro 1	<i>Pistia stratiotes</i>	Unid
						5 kg de grava	kg
						4 kg de piedra pómez	kg
					Biofiltro 2	Algodón	gr
						<i>Eichhornia crassipes</i>	Unid
						5 kg de grava	kg
				Ozonización	4 kg de piedra pómez	kg	
					Algodón	gr	
					Dosis fija de ozono	mg/h	
Potencial de hidrogeno	1 - 14						
Tiempo de contacto	min						
VARIABLE DEPENDIENTE	Calidad de las aguas residuales de peletizado de plásticos	Es un indicador las cuales se pueden ver reflejadas en sus características físicas, químicas y biológicas de los cuerpos de aguas.	Para mejorar la calidad de las aguas de peletizado de plásticos, se realizó mediciones de los parámetros físicos, químicas y biológicos, tanto antes y después del tratamiento, y luego se determinó el porcentaje de remoción utilizando la siguiente ecuación: $\% R = \left( \frac{C_i - C_f}{C_i} \right) \times 100$ Donde: %R: Porcentaje de remoción C <sub>i</sub> : Concentración inicial C <sub>f</sub> : Concentración final	Medición de los parámetros físicos, químicos y biológicos, antes y después del tratamiento.	pH	1 - 14	
					Conductividad eléctrica	μS/cm	
					Turbidez	NTU	
					Sólidos Suspendidos Totales	mg/l	
					DBO <sub>5</sub>	mgO <sub>2</sub> /l	
					DQO	mgO <sub>2</sub> /l	
					Plomo	mg/l	
					Manganeso	mg/l	
				Hierro	mg/l		
				Porcentaje de remoción	Concentración inicial	mg/l	
Concentración final	mg/l						

## Anexo 2: Instrumentos de recolección de datos.

Ficha 1. Muestreo en campo							
Título:		Uso de dos sistemas de tratamiento para mejorar la calidad de las aguas residuales de peletizado de plásticos, Huarochiri - 2020					
Línea de Investigación:		Calidad y Gestión de los Recursos Naturales					
Responsables:		<ul style="list-style-type: none"> <li>Fernandez Cahuaya, Joselyn Veronica</li> <li>Suca Condori, Javier Moises</li> </ul>					
Asesor:		Dr. Castañeda Olivera, Carlos Alberto					
Lugar:							
Fecha:				Hora:			
N° de muestra	Coordenadas UTM		Volumen de la muestra (ml)	Parámetros a cuantificar <i>in situ</i>			
	Este	Oeste		T° (°C)	pH	Conductividad eléctrica (µS/cm)	Oxígeno Disuelto (mgO <sub>2</sub> /l)

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

  
**Dr. Eusebio Horacio Acosta Suescaber**  
 CIP Nº 25450

  
**Dr. Eusebio Horacio Acosta Suescaber**  
 CIP Nº 25450

Ficha 2. Características del equipo ozonizador		
Título:	Uso de dos sistemas de tratamiento para mejorar la calidad de las aguas residuales de peletizado de plásticos, Huarochirí - 2020	
Línea de Investigación:	Calidad y Gestión de los Recursos Naturales	
Responsables:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fernandez Cahuaya, Joselyn Veronica</li> <li>• Suca Condori, Javier Moises</li> </ul>	
Asesor:	Dr. Castañeda Olivera, Carlos Alberto	
Lugar:		
Fecha:		Hora:
Datos técnicos		
Voltaje (V)		
Frecuencia (Hz)		
Producción de ozono (mg/h)		
Flujo de salida (m/s)		
Presión interna (bar)		
Humedad atmosférica (%)		
Dimensiones (largo, ancho y alto)		
Peso (Kg)		

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

  
 Julián Julio Pacheco Condori  
 DNI: 08447308

  
 Dr. Eusebio Horacio Acosta Susenabar  
 CIP N° 25450

### Ficha 3. Características de los biofiltros

<b>Título:</b>		Uso de dos sistemas de tratamiento para mejorar la calidad de las aguas residuales de peletizado de plásticos, Huarochiri - 2020											
<b>Línea de Investigación:</b>		Calidad y Gestión de los Recursos Naturales											
<b>Responsables:</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fernandez Cahuaya, Joselyn Veronica</li> <li>• Suca Condori, Javier Moises</li> </ul>											
<b>Asesor:</b>		Dr. Castañeda Olivera, Carlos Alberto											
<b>Fecha:</b>								<b>Hora:</b>					
N° de biofiltros	Características físicas de los biofiltros					Composición de los biofiltros							
	Caudal de tratamiento (cm <sup>3</sup> /min)	Volumen (ml)	Altura (cm)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Biofiltro 1				Biofiltro 2			
						Altura dentro del biofiltro (cm)				Altura dentro del biofiltro (cm)			
						<i>Pistia stratiotes</i>	Arena fina	Grava	Piedra pómez	<i>Eichhornia crassipes</i>	Arena fina	Grava	Piedra pómez
1													
2													

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

  
 Juan Julio Morales Galvez  
 CNI: 05447308

  
 Dr. Eusebio Horacio Acosta Suesnabar  
 CIP N° 25450



**Ficha 4. Medición de los parámetros de control antes y después de los sistemas de tratamiento**

<b>Título:</b>		Uso de dos sistemas de tratamiento para mejorar la calidad de las aguas residuales de peletizado de plásticos, Huarochirí - 2020																			
<b>Línea de Investigación:</b>		Calidad y Gestión de los Recursos Naturales																			
<b>Responsables:</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Fernandez Cahuaya, Joselyn Veronica</li> <li>Suca Condori, Javier Moises</li> </ul>																			
<b>Asesor:</b>		Dr. Castañeda Olivera, Carlos Alberto																			
<b>Fecha:</b>												<b>Hora:</b>									
<b>Días de Tratamiento</b>	<b>Tipo de sistema</b>	<b>Tiempo de contacto al ozono (min)</b>	<b>Volumen de la muestra (ml)</b>	<b>Parámetros físicos y químicos</b>																	
				<b>pH</b>		<b>Conductividad eléctrica</b>		<b>Turbidez</b>		<b>Sólidos suspendidos totales</b>		<b>DBO<sub>5</sub></b>		<b>DQO</b>		<b>Manganeso</b>		<b>Plomo</b>		<b>Hierro</b>	
				1 -1 4		μS/cm		NTU		mg/l		mgO <sub>2</sub> /l		mgO <sub>2</sub> /l		mg/l		mg/l		mg/l	
				A	D	A	D	A	D	A	D	A	D	A	D	A	D	A	D	A	D
4	Biofiltro 1 + ozonizador	15 min																			
8		30 min																			
12		45 min																			

4	Biofiltro 2	15 min																		
8	+	30 min																		
12	ozonizador	45 min																		

<b>Leyenda</b>
A = Antes del tratamiento
D = Después del tratamiento


---

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

Atentamente,  
  


---

**John Julio Rodríguez Galaviz**  
 DNI: 06447308


---

**Dr. Eusebio Horacio Acosta Suesnabar**  
 CIP Nº 25450

## ANEXO 3. Validación de Instrumentos.

### VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

#### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Dr. CASTAÑEDA OLIVERA, CARLOS ALBERTO  
 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente e Investigador /UCV Lima Norte  
 1.3. Especialidad o línea de investigación: Teonología Mineral y Ambiental  
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Muestreo en campo  
 1.5. Autor(a) de instrumento: Fernandez Cahuaya, Jocelyn Verónica / Suoa Condori, Javier Moisés

#### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.												X	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												X	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												X	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												X	
6. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												X	
8. 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	
8. 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

81
—

#### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90%
-----

Lima, 10 de junio del 2020

  
 Dr. Ing. Carlos Alberto Castañeda Olivera  
 DOCENTE E INVESTIGADOR  
 CIP: 130267  
 RENACYT: P0076275

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

- 1.1 Apellidos y Nombres: Dr. CASTAÑEDA OLIVERA, CARLOS ALBERTO  
 4.1. Cargo e institución donde labora: Docente e Investigador /UCV Lima Norte  
 1.2 Especialidad o línea de investigación: Teología Mineral y Ambiental  
 1.3 Nombre del instrumento motivo de evaluación: Características del equipo ozonizador  
 1.4 Autor(a) de Instrumento: Fernandez Cahuaya, Jocelyn Verónica / Suva Condori, Javier Moises

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
6. 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		
8. 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		

#### 1. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

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

81
—

#### 2. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90%
-----

Lima, 10 de Junio del 2020

  
Dr. Ing. Carlos Alberto Castañeda Olivera  
 DOCENTE E INVESTIGADOR  
 CIP: 130287  
 RENACYT: P0078275

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

- 1.1 Apellidos y Nombres: Dr. CASTAÑEDA OLIVERA, CARLOS ALBERTO  
 4.2 Cargo e Institución donde labora: Docente e Investigador /UCV Lima Norte  
 1.2 Especialidad o línea de Investigación: Teología Mineral y Ambiental  
 1.3 Nombre del Instrumento motivo de evaluación: Características de los biofiltros  
 1.4 Autor(a) de Instrumento: Fernandez Cahuaya, Jocelyn Verónica / Suva Condori, Javier Moises

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MÍNIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
6. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
8. 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		
8. 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

81
—

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90%
-----

Lima, 10 de junio del 2020

  
**Dr. Ing. Carlos Alberto Castañeda Olivera**  
 DOCENTE E INVESTIGADOR  
 CIP: 130287  
 RENAGYT: P0076275

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

- 1.1 Apellidos y Nombres: Dr. CASTAÑEDA OLIVERA, CARLOS ALBERTO
- 1.2 Cargo e institución donde labora: Docente e Investigador UCV Lima Norte
- 1.3 Especialidad o línea de Investigación: Teonología Mineral y Ambiental
- 1.4 Nombre del instrumento motivo de evaluación: Medición de los parámetros de control antes y después de los sistemas de tratamiento
- 1.5 Autor(a) de instrumento: Fernandez Cahuaya, Joselyn Verónica / Susa Condori, Javier Moises

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
6. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
8. 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		
8. 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

81
-

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90%
-----

Lima, 10 de junio del 2020

  
**Dr. Ing. Carlos Alberto Castañeda Olivera**  
 DOCENTE E INVESTIGADOR  
 CIP: 130287  
 RENACYT: P0076275

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Dr. ORDOÑEZ GÁLVEZ, JUAN JULIO
- 1.2. Cargo e Institución donde labora: Docente/UCV Lima Norte
- 1.3. Especialidad o línea de Investigación: Recursos Hídricos y Cambio Climático
- 1.4. Nombre del Instrumento motivo de evaluación: Muestreo en campo
- 1.5. Autor(a) de Instrumento: Fernandez Cahuaya, Joselyn Verónica / Suva Condori, Javier Moises

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

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

SI
-

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90%

Lima, 15 de junio del 2020

  
 Juan Julio Ordoñez Gálvez  
 DNI: 09447308

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

- 1.1 Apellidos y Nombres: **Dr. ORDOÑEZ GÁLVEZ, JUAN JULIO**  
 1.2 Cargo e Institución donde labora: **Docente/UCV Lima Norte**  
 1.3 Especialidad o línea de Investigación: **Recursos Hídricos y Cambio Climático**  
 1.4 Nombre del Instrumento motivo de evaluación: **Características del equipo ozonizador**  
 1.5 Autor(a) de Instrumento: **Fernandez Cahuaya, Joselyn Verónica / Suoa Condori, Javier Moises**

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
6. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
8. 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		

#### 1. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

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

SI
—

#### 2. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90%

  
 DNI: 9947309

Lima, 15 de junio del 2020



## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

- 1.1 Apellidos y Nombres: Dr. ORDOÑEZ GÁLVEZ, JUAN JULIO
- 1.2 Cargo e Institución donde labora: Docente/UCV Lima Norte
- 1.3 Especialidad o línea de Investigación: Recursos Hídricos y Cambio Climático
- 1.4 Nombre del instrumento motivo de evaluación: Características de los biofiltros
- 1.5 Autor(a) de Instrumento: Fernandez Cahuaya, Joselyn Verónica / Suoa Condori, Javier Moises

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

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

SI
---

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90%

Lima, 15 de junio del 2020

  
 Juan Julio Ordoñez Galvez  
 DNI: 08447308

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

- 1.1 Apellidos y Nombres: Dr. ORDOÑEZ GÁLVEZ, JUAN JULIO
- 1.2 Cargo e Institución donde labora: Docente/UCV Lima Norte
- 1.3 Especialidad o línea de Investigación: Recursos Hídricos y Cambio Climático
- 1.4 Nombre del instrumento motivo de evaluación: Medición de los parámetros de control antes y después de los sistemas de tratamiento
- 1.5 Autor(a) de instrumento: Fernandez Cahuaya, Joselyn Verónica / Suoa Condori, Javier Moises

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

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

SI
—

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90%

Lima, 15 de Junio del 2020

  
 Juan Julio Ordoñez Gálvez  
 DNI: 08447308

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Dr. ACOSTA SUASNABAR, EUSTERIO HORACIO
- 1.2. Cargo e Institución donde labora: Docente/UCV Lima Norte
- 1.3. Especialidad o línea de Investigación: Ingeniería Química y Ambiental
- 1.4. Nombre del Instrumento motivo de evaluación: Muestreo en campo
- 1.5. Autor(a) de Instrumento: Fernandez Cahuaya, Jocelyn Verónica / Sua Condori, Javier Moises

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
6. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
8. 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
-

90%
-----

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

Lima, 13 de junio del 2020

  
 Dr. Eustasio Horacio Acosta Suasnabar  
 CIP N° 25450

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

- 1.1 Apellidos y Nombres: Dr. ACOSTA SUASNABAR, EUSTERIO HORACIO  
 1.2 Cargo e Institución donde labora: Docente/UCV Lima Norte  
 1.3 Especialidad o línea de Investigación: Ingeniería Química y Ambiental  
 1.4 Nombre del instrumento motivo de evaluación: Características del equipo ozonizador  
 1.5 Autor(a) de instrumento: Fernandez Cahuaya, Jocelyn Verónica / Suoa Condori, Javier Moises

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

#### 1. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

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

SI
—

#### 2. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90%

Lima, 13 de junio del 2020

  
 Dr. Eustasio Horacio Acosta Suasnabar  
 CIP Nº 26450

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

- 1.1 Apellidos y Nombres: Dr. ACOSTA SUASNABAR, EUSTERIO HORACIO  
 1.2 Cargo e Institución donde labora: Docente/UCV Lima Norte  
 1.3 Especialidad o línea de Investigación: Ingeniería Química y Ambiental  
 1.4 Nombre del Instrumento motivo de evaluación: Características de los biofiltros  
 1.5 Autor(a) de Instrumento: Fernandez Cahuaya, Jocelyn Verónica / Suoa Condoni, Javier Moises

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
6. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
8. 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

81
—

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90%
-----

Lima, 13 de junio del 2020

  
 Dr. Eustero Horacio Acosta Suasnabar  
 CIP N° 25450

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

- 1.1 Apellidos y Nombres: Dr. ACOSTA SUASNABAR, EUSTERIO HORACIO  
 1.2 Cargo e Institución donde labora: Docente/UCV Lima Norte  
 1.3 Especialidad o línea de Investigación: Ingeniería Química y Ambiental  
 1.4 Nombre del Instrumento motivo de evaluación: Medición de los parámetros de control antes y después de los sistemas de tratamiento  
 1.5 Autor(a) de Instrumento: Fernandez Cahuaya, Joselyn Verónica / Suoa Condori, Javier Moises

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

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

SI
—

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90%
-----

Lima, 13 de junio del 2020

  
 Dr. Eustasio Horacio Acosta Suasnabar  
 CIP N° 25460

**Anexo 4. Figuras del tratamiento con biofiltración seguida de ozonización**



**Figura 17. Tratamiento con especies vegetales: a) Tratamiento con *Eichhornia crassipes*, b) Tratamiento con *Pistia stratiotes*.**

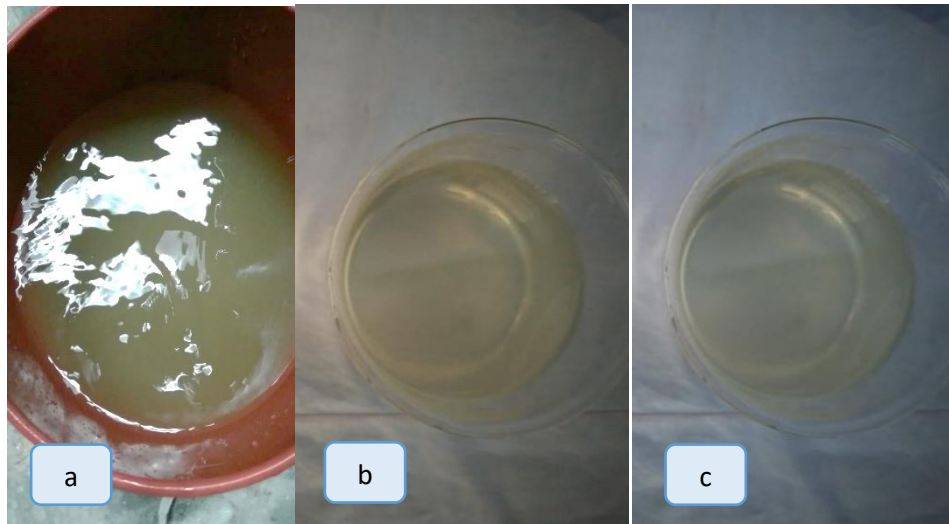


**Figura 18. Tratamiento con ozonización**

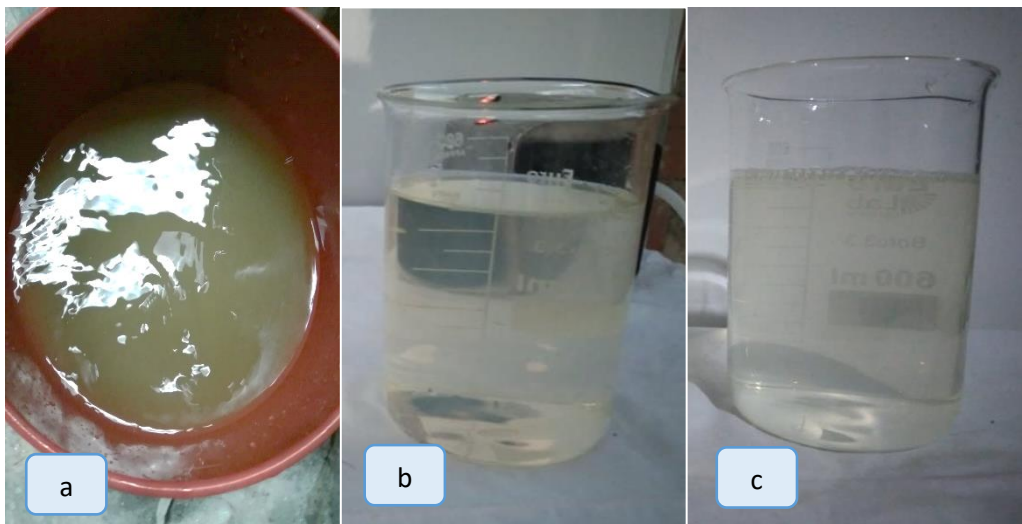


**Figura 19. Recolección de las muestras, después de los procesos de tratamientos.**

**Anexo 5. Figuras de las muestras tratadas, en función de los tratamientos, Tiempos de ozonización: día 4 = 15 min, día 8 = 30 min y día 12 = 45 min.**

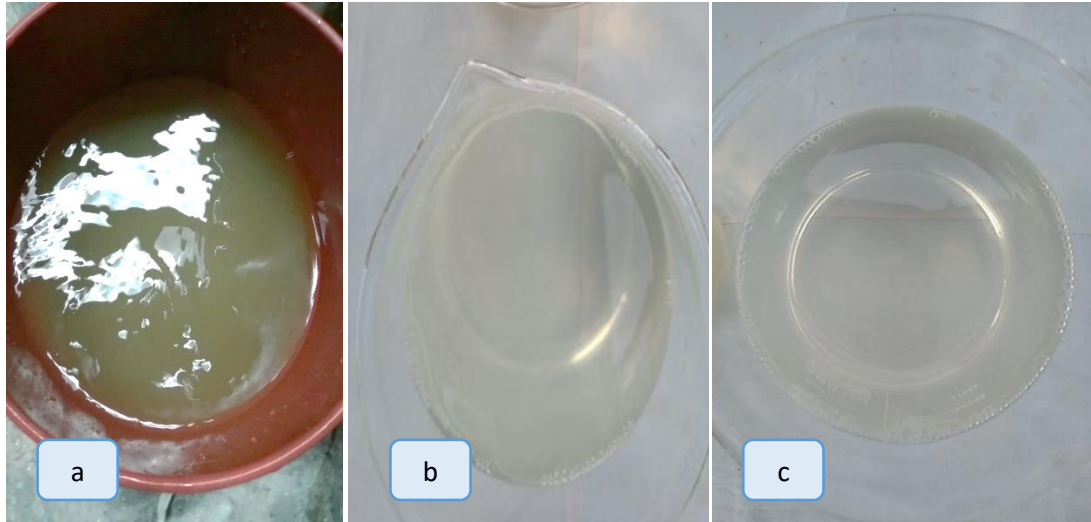


**Figura 20. Comparación de agua residual en el cuarto día de tratamiento, con 15 minutos de ozonización: a) muestra inicial, b) Muestra tratada después del tratamiento 1, c) Muestra tratada después del tratamiento 2.**



**Figura 21. Comparación de agua residual en el octavo día de tratamiento, con 30 minutos de ozonización: a) muestra inicial, b) Muestra tratada después del tratamiento 1, c) Muestra tratada después del tratamiento 2.**





**Figura 22. Comparación de agua residual en el doceavo día de tratamiento, con 45 minutos de ozonización: a) muestra inicial, b) Muestra tratada después del tratamiento 1, c) Muestra tratada después del tratamiento 2.**

**Anexo 6.** Comparación de parámetros de la normativa de Perú, Chile y Colombia.

**Tabla 43. Valores límites permisibles en Perú, Chile y Colombia (DS-010-2019, DECRETO 609 y Resolución 631).**

Parámetro	Unidad	Valores Límites máximos permisibles		
		Perú	Chile	Colombia
Potencial Hidrógeno (pH)	0 - 14	6,0 – 9,0	5,5 – 9,0	6,0 – 9,0
Temperatura (T°)	°C	< 35°C	35	< 40
Sólidos suspendidos totales (SST)	(mg/l)	500 mg/l	300 mg/l	80 mg/l
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	(mgO <sub>2</sub> /l)	1 141 mgO <sub>2</sub> /l	-	300 mgO <sub>2</sub> /l
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	(mgO <sub>2</sub> /l)	516 mgO <sub>2</sub> /l	300 mgO <sub>2</sub> /l	125 mg/l O <sub>2</sub>
Manganeso (Mn)	(mg/l)	4	4 mg/l	Análisis y reporte
Plomo (Pb)	(mg/l)	0,5	1 mg/l	0,2 mg/l
*Hierro (Fe)	(mg/l)	-	5 mg/l	3mg/l

**Anexo 7. Resultados de laboratorio de la muestra inicial.**

<b>ENSAYO N°37 -JS- 2020</b>	
<b>INFORME DE RESULTADOS- MUESTREO DE AGUA</b>	

<b>Dirección:</b>	Jicamarca - Huarochiri
<b>Tipo de ensayo:</b>	Análisis Físico-químicos y metales pesados en agua
<b>Matriz:</b>	Agua residual Industrial
<b>Descripción de la muestra:</b>	Muestra inicial
<b>Muestra tomado por:</b>	Fernandez Cahuaya, Joselyn y Suca Condori Javier
<b>Fecha de ingreso de la muestra:</b>	02/09/2020

pH					
Estación	Tipo de resultado	Coordenadas		Unidad de medida	Resultados
M-INICIAL	Muestra	Norte	11.9203034		8.71
		Este	76.9652011		

Temperatura					
Estación	Tipo de resultado	Coordenadas		Unidad de medida	Resultados
M-INICIAL	Muestra	Norte	11.9203034	°C	21.4
		Este	76.9652011		

Conductividad Eléctrica					
Estación	Tipo de resultado	Coordenadas		Unidad de medida	Resultados
M-INICIAL	Muestra	Norte	11.9203034	µs/cm	3062
		Este	76.9652011		

Turbidez					
Estación	Tipo de resultado	Coordenadas		Unidad de medida	Resultados
M-INICIAL	Muestra	Norte	11.9203034	NTU	78.4
		Este	76.9652011		

Oxígeno Disuelto					
Estación	Tipo de resultado	Coordenadas		Unidad de medida	Resultados
M-INICIAL	Muestra	Norte	11.9203034	mg/l	2.18
		Este	76.9652011		

Sólidos Suspendedos Totales					
Estación	Tipo de resultado	Coordenadas		Unidad de medida	Resultados
M-INICIAL	Muestra	Norte	11.9203034	mg/l	235
		Este	76.9652011		

Demanda Bioquímica de Oxígeno					
Estación	Tipo de resultado	Coordenadas		Unidad de medida	Resultados
				M-INICIAL	
		Este	76.9652011		

Demanda Química de Oxígeno					
Estación	Tipo de resultado	Coordenadas		Unidad de medida	Resultados
				M-INICIAL	
		Este	76.9652011		

Cloruros					
Estación	Tipo de resultado	Coordenadas		Unidad de medida	Resultados
				M-INICIAL	
		Este	76.9652011		

Alcalinidad					
Estación	Tipo de resultado	Coordenadas		Unidad de medida	Resultados
				M-INICIAL	
		Este	76.9652011		

Dureza total					
Estación	Tipo de resultado	Coordenadas		Unidad de medida	Resultados
				M-INICIAL	
		Este	76.9652011		

Sulfatos					
Estación	Tipo de resultado	Coordenadas		Unidad de medida	Resultados
				M-INICIAL	
		Este	76.9652011		

Manganeso (Mn)					
Estación	Tipo de resultado	Coordenadas		Unidad de medida	Resultados
				M-INICIAL	
		Este	76.9652011		

Magnesio (Mg)					
Estación	Tipo de resultado	Coordenadas		Unidad de medida	Resultados
				M-INICIAL	
		Este	76.9652011		

Plomo(Pb)					
Estación	Tipo de resultado	Coordenadas		Unidad de medida	Resultados
				M-INICIAL	
		Este	76.9652011		

Hierro(Fe)					
Estación	Tipo de resultado	Coordenadas		Unidad de medida	Resultados
				M-INICIAL	
		Este	76.9652011		

Metodología de análisis: APHA-AWWA-WEF (2012) 5210B  
 Estándar Methods for the examination of water and wastewater. AWWA-1992  
 SMEWW-APHA-AWWA 2510 B. (2017)  
 JM 2130 D. Turbidity. Nephelometric Turbidity.  
 APHA-AWWA-WEF (2012) 5210 B  
 APHA-AWWA-WEF (2012) 5220 B  
 SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 22nd Ed. 2012. Solids. Total Suspended Solids Dried at 102-105°C.  
 Espectrofotometría UV

  
 ESTEFANY GLADYS  
 TEODORO VAZRA  
 INGENIERA QUIMICA  
 Reg. CIP N° 141142

## Anexo 8. Resultados de laboratorio después de los tratamientos.

ENSAYO N°38 -JS- 2020						
INFORME DE RESULTADOS- MUESTREO DE AGUA						
Dirección:	Jicamarca - Huarochiri					
Tipo de ensayo:	Análisis físico-químico y metales pesados en agua					
Matriz:	Agua residual Industrial					
Descripción de la muestra:	Muestra tratada mediante ozono					
Muestra tomada por:	Fernandez Cahuaya, Joselyn y Suca Condori Javier					
Fecha de ingreso de la muestra:	16/10/2020					

pH						
Estación	Tipo de resultado	Coordenadas		Unidad de medida	Resultados	
					Sistema 1	Sistema 2
T1-R1	Muestra	Norte	11.9203034		7.82	7.64
		Este	76.9652011			
T1-R2	Muestra	Norte	11.9203034		7.82	7.63
		Este	76.9652011			
T1-R3	Muestra	Norte	11.9203034		7.84	7.64
		Este	76.9652011			

Temperatura						
Estación	Tipo de resultado	Coordenadas		Unidad de medida	Resultados	
					Sistema 1	Sistema 2
T1-R1	Muestra	Norte	11.9203034	°C	20.2	20.4
		Este	76.9652011			
T1-R2	Muestra	Norte	11.9203034	°C	20.2	20.4
		Este	76.9652011			
T1-R3	Muestra	Norte	11.9203034	°C	20.2	20.4
		Este	76.9652011			

Conductividad Eléctrica						
Estación	Tipo de resultado	Coordenadas		Unidad de medida	Resultados	
					Sistema 1	Sistema 2
T1-R1	Muestra	Norte	11.9203034	ms/cm	3.18	3.16
		Este	76.9652011			
T1-R2	Muestra	Norte	11.9203034	ms/cm	3.18	3.16
		Este	76.9652011			
T1-R3	Muestra	Norte	11.9203034	ms/cm	3.18	3.15
		Este	76.9652011			

Turbidez						
Estación	Tipo de resultado	Coordenadas		Unidad de medida	Resultados	
					Sistema 1	Sistema 2
T1-R1	Muestra	Norte	11.9203034	NTU	7.76	7.35
		Este	76.9652011			
T1-R2	Muestra	Norte	11.9203034	NTU	7.78	7.35
		Este	76.9652011			
T1-R3	Muestra	Norte	11.9203034	NTU	7.76	7.37
		Este	76.9652011			

Demanda Bioquímica de Oxígeno						
Estación	Tipo de resultado	Coordenadas		Unidad de medida	Resultados	
					Sistema 1	Sistema 2
T1-R1	Muestra	Norte	11.9203034	mg/l	244	219
		Este	76.9652011			
T1-R2	Muestra	Norte	11.9203034	mg/l	247	215
		Este	76.9652011			
T1-R3	Muestra	Norte	11.9203034	mg/l	441	219
		Este	76.9652011			

Demanda Química de Oxígeno						
Estación	Tipo de resultado	Coordenadas		Unidad de medida	Resultados	
					Sistema 1	Sistema 2
T1-R1	Muestra	Norte	11.9203034	mg/l	681	617
		Este	76.9652011			
T1-R2	Muestra	Norte	11.9203034	mg/l	681	611
		Este	76.9652011			
T1-R3	Muestra	Norte	11.9203034	mg/l	686	611
		Este	76.9652011			

Sólidos suspendidos totales						
Estación	Tipo de resultado	Coordenadas		Unidad de medida	Resultados	
					Sistema 1	Sistema 2
T1-R1	Muestra	Norte	11.9203034	mg/l	75.1	62.5
		Este	76.9652011			
T1-R2	Muestra	Norte	11.9203034	mg/l	75.8	63.7
		Este	76.9652011			
T1-R3	Muestra	Norte	11.9203034	mg/l	74.2	63.9
		Este	76.9652011			

plomo(pb)						
Estación	Tipo de resultado	Coordenadas		Unidad de medida	Resultados	
					Sistema 1	Sistema 2
T1-R1	Muestra	Norte	11.9203034	mg/l	0.061	0.048
		Este	76.9652011			
T1-R2	Muestra	Norte	11.9203034	mg/l	0.076	0.042
		Este	76.9652011			
T1-R3	Muestra	Norte	11.9203034	mg/l	0.074	0.045
		Este	76.9652011			

Hierro(Fe)						
Estación	Tipo de resultado	Coordenadas		Unidad de medida	Resultados	
					Sistema 1	Sistema 2
T1-R1	Muestra	Norte	11.9203034	mg/l	4.42	4.18
		Este	76.9652011			
T1-R2	Muestra	Norte	11.9203034	mg/l	4.47	4.15
		Este	76.9652011			
T1-R3	Muestra	Norte	11.9203034	mg/l	4.47	4.21
		Este	76.9652011			

Manganeso(Mg)						
Estación	Tipo de resultado	Coordenadas		Unidad de	Resultados	
				medida	Sistema 1	Sistema 2
T1-R1	Muestra	Norte	11.9203034	mg/l	2.37	2.39
		Este	76.9652011			
T1-R2	Muestra	Norte	11.9203034	mg/l	3.37	2.44
		Este	76.9652011			
T1-R3	Muestra	Norte	11.9203034	mg/l	3.42	2.32
		Este	76.9652011			

**Metodología de Análisis:**

APHA-AWWA-WEF (2012)5210B

Estándar Methods for the examination of water and wastewater. AWWA-1992  
SMEWW-APHA-AWWA 2510 B. (2017)

SM 2130 B. Turbidity. Nephelometric Method.

APHA-AWWA-WEF (2012) 5210 B

APHA-AWWA-WEF (2012) 5220 B

SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 22nd Ed. 2012. Solids. Total Suspended  
Solids Dried at 103-105°C.

  
ESTEFANY GLADYS  
TEODORO VARA  
INGENIERA QUIMICA  
Reg. CIP N° 141142

**ENSAYO N°30 -JS- 2020**  
**INFORME DE RESULTADOS- MUESTREO DE AGUA**

<b>Dirección:</b>	Jicamarca - Huarochiri
<b>Tipo de ensayo:</b>	Análisis físico-químico y metales pesados en agua
<b>Matriz:</b>	Agua residual Industrial
<b>Descripción de la muestra:</b>	Muestra tratada mediante ozono
<b>Muestra tomado por:</b>	Fernandez Cahuzaya, Joselyn y Suca Condori Javier
<b>Fecha de ingreso de la muestra:</b>	19/10/2020

pH						
Estación	Tipo de resultado	Coordenadas		Unidad de medida	Resultados	
					Sistema 1	Sistema 2
T2-R1	Muestra	Norte	11.9203034		7.85	7.74
		Este	76.9652011			
T2-R2	Muestra	Norte	11.9203034		7.87	7.73
		Este	76.9652011			
T2-R3	Muestra	Norte	11.9203034		7.84	7.73
		Este	76.9652011			

Temperatura						
Estación	Tipo de resultado	Coordenadas		Unidad de medida	Resultados	
					Sistema 1	Sistema 2
T2-R1	Muestra	Norte	11.9203034	°C	20.1	20.1
		Este	76.9652011			
T2-R2	Muestra	Norte	11.9203034	°C	20.1	20.1
		Este	76.9652011			
T2-R3	Muestra	Norte	11.9203034	°C	20.1	20.1
		Este	76.9652011			

Conductividad Eléctrica						
Estación	Tipo de resultado	Coordenadas		Unidad de medida	Resultados	
					Sistema 1	Sistema 2
T2-R1	Muestra	Norte	11.9203034	ms/cm	3.14	3.14
		Este	76.9652011			
T2-R2	Muestra	Norte	11.9203034	ms/cm	3.14	3.18
		Este	76.9652011			
T2-R3	Muestra	Norte	11.9203034	ms/cm	3.17	3.18
		Este	76.9652011			

Turbidez						
Estación	Tipo de resultado	Coordenadas		Unidad de medida	Resultados	
					Sistema 1	Sistema 2
T2-R1	Muestra	Norte	11.9203034	NTU	6.24	6.11
		Este	76.9652011			
T2-R2	Muestra	Norte	11.9203034	NTU	6.17	6.11
		Este	76.9652011			
T2-R3	Muestra	Norte	11.9203034	NTU	6.17	6.15
		Este	76.9652011			



Demanda Bioquímica de Oxígeno						
Estación	Tipo de resultado	Coordenadas		Unidad de medida	Resultados	
					Sistema 1	Sistema 2
T2-R1	Muestra	Norte	11.9203034	mg/l	211	214
		Este	76.9652011			
T2-R2	Muestra	Norte	11.9203034	mg/l	209	211
		Este	76.9652011			
T2-R3	Muestra	Norte	11.9203034	mg/l	209	211
		Este	76.9652011			

Demanda Química de Oxígeno						
Estación	Tipo de resultado	Coordenadas		Unidad de medida	Resultados	
					Sistema 1	Sistema 2
T2-R1	Muestra	Norte	11.9203034	mg/l	421	406
		Este	76.9652011			
T2-R2	Muestra	Norte	11.9203034	mg/l	421	412
		Este	76.9652011			
T2-R3	Muestra	Norte	11.9203034	mg/l	418	412
		Este	76.9652011			

Sólidos suspendidos totales						
Estación	Tipo de resultado	Coordenadas		Unidad de medida	Resultados	
					Sistema 1	Sistema 2
T2-R1	Muestra	Norte	11.9203034	mg/l	54.2	54.6
		Este	76.9652011			
T2-R2	Muestra	Norte	11.9203034	mg/l	54.7	53.1
		Este	76.9652011			
T2-R3	Muestra	Norte	11.9203034	mg/l	54.7	53.6
		Este	76.9652011			

plomo(pb)						
Estación	Tipo de resultado	Coordenadas		Unidad de medida	Resultados	
					Sistema 1	Sistema 2
T2-R1	Muestra	Norte	11.9203034	mg/l	0.042	0.038
		Este	76.9652011			
T2-R2	Muestra	Norte	11.9203034	mg/l	0.045	0.032
		Este	76.9652011			
T2-R3	Muestra	Norte	11.9203034	mg/l	0.038	0.032
		Este	76.9652011			

Hierro(Fe)						
Estación	Tipo de resultado	Coordenadas		Unidad de medida	Resultados	
					Sistema 1	Sistema 2
T2-R1	Muestra	Norte	11.9203034	mg/l	4.41	4.26
		Este	76.9652011			
T2-R2	Muestra	Norte	11.9203034	mg/l	4.45	4.26
		Este	76.9652011			
T2-R3	Muestra	Norte	11.9203034	mg/l	4.41	4.28
		Este	76.9652011			

Manganeso(Mg)						
Estación	Tipo de resultado	Coordenadas		Unidad de medida	Resultados	
					Sistema 1	Sistema 2
T2-R1	Muestra	Norte	11.9203034	mg/l	2.12	2.12
		Este	76.9652011			
T2-R2	Muestra	Norte	11.9203034	mg/l	2.09	2.14
		Este	76.9652011			
T2-R3	Muestra	Norte	11.9203034	mg/l	2.12	2.12
		Este	76.9652011			

**Metodología de Análisis:**

APHA-AWWA-WEF (2012)5210B

Estándar Methods for the examination of water and wastewater. AWWA-1992

SMEWW.APHA-AWWA 2510 B. (2017)

SM 2130 B. Turbidity. Nephelometric Method.

APHA-AWWA-WEF (2012) 5210 B

APHA-AWWA-WEF (2012) 5220 B

SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 22nd Ed. 2012. Solids. Total Suspended Solids Dried at 103-105°C.

  
 ESTEFANY GLADYS  
 TEODORO VARA  
 INGENIERA QUIMICA  
 Reg. CIP N° 141142

<b>ENSAYO N°40 -IS- 2020</b>
<b>INFORME DE RESULTADOS- MUESTREO DE AGUA</b>

Dirección:	Jicamarca - Huarochiri
Tipo de ensayo:	Análisis físico-químico y metales pesados en agua
Matriz:	Agua residual Industrial
Descripción de la muestra:	Muestra tratada mediante ozono
Muestra tomada por:	Fernandez Cahuaa, Joselyn y Suca Condoni Javier
Fecha de ingreso de la muestra:	22/10/2020

pH						
Estación	Tipo de resultado	Coordenadas		Unidad de	Resultados	
				medida	Sistema 1	Sistema 2
T3-R1	Muestra	Norte	11.9203034		7.83	7.86
		Este	76.9652011			
T3-R2	Muestra	Norte	11.9203034		7.83	7.84
		Este	76.9652011			
T3-R3	Muestra	Norte	11.9203034		7.81	7.84
		Este	76.9652011			

Temperatura						
Estación	Tipo de resultado	Coordenadas		Unidad de	Resultados	
				medida	Sistema 1	Sistema 2
T3-R1	Muestra	Norte	11.9203034	°C	20.1	20.1
		Este	76.9652011			
T3-R2	Muestra	Norte	11.9203034	°C	20.1	20.1
		Este	76.9652011			
T3-R3	Muestra	Norte	11.9203034	°C	20.1	20.1
		Este	76.9652011			

Conductividad Eléctrica						
Estación	Tipo de resultado	Coordenadas		Unidad de	Resultados	
				medida	Sistema 1	Sistema 2
T3-R1	Muestra	Norte	11.9203034	ms/cm	3.11	3.16
		Este	76.9652011			
T3-R2	Muestra	Norte	11.9203034	ms/cm	3.11	3.16
		Este	76.9652011			
T3-R3	Muestra	Norte	11.9203034	ms/cm	3.18	3.11
		Este	76.9652011			

Turbidez						
Estación	Tipo de resultado	Coordenadas		Unidad de	Resultados	
				medida	Sistema 1	Sistema 2
T3-R1	Muestra	Norte	11.9203034	NTU	6.07	6.04
		Este	76.9652011			
T3-R2	Muestra	Norte	11.9203034	NTU	6.11	6.04
		Este	76.9652011			
T3-R3	Muestra	Norte	11.9203034	NTU	6.07	6.04
		Este	76.9652011			

Demanda Bioquímica de Oxígeno						
Estación	Tipo de resultado	Coordenadas		Unidad de medida	Resultados	
					Sistema 1	Sistema 2
T3-R1	Muestra	Norte	11.9203034	mg/l	218	236
		Este	76.9652011			
T3-R2	Muestra	Norte	11.9203034	mg/l	224	231
		Este	76.9652011			
T3-R3	Muestra	Norte	11.9203034	mg/l	218	231
		Este	76.9652011			

Demanda Química de Oxígeno						
Estación	Tipo de resultado	Coordenadas		Unidad de medida	Resultados	
					Sistema 1	Sistema 2
T3-R1	Muestra	Norte	11.9203034	mg/l	427	427
		Este	76.9652011			
T3-R2	Muestra	Norte	11.9203034	mg/l	427	422
		Este	76.9652011			
T3-R3	Muestra	Norte	11.9203034	mg/l	421	422
		Este	76.9652011			

Sólidos suspendidos totales						
Estación	Tipo de resultado	Coordenadas		Unidad de medida	Resultados	
					Sistema 1	Sistema 2
T3-R1	Muestra	Norte	11.9203034	mg/l	51.8	53.1
		Este	76.9652011			
T3-R2	Muestra	Norte	11.9203034	mg/l	51.7	53.1
		Este	76.9652011			
T3-R3	Muestra	Norte	11.9203034	mg/l	51.7	52.4
		Este	76.9652011			

plomo(pb)						
Estación	Tipo de resultado	Coordenadas		Unidad de medida	Resultados	
					Sistema 1	Sistema 2
T3-R1	Muestra	Norte	11.9203034	mg/l	0.036	0.031
		Este	76.9652011			
T3-R2	Muestra	Norte	11.9203034	mg/l	0.041	0.032
		Este	76.9652011			
T3-R3	Muestra	Norte	11.9203034	mg/l	0.032	0.031
		Este	76.9652011			

Hierro[Fe]						
Estación	Tipo de resultado	Coordenadas		Unidad de medida	Resultados	
					Sistema 1	Sistema 2
T3-R1	Muestra	Norte	11.9203034	mg/l	4.43	4.36
		Este	76.9652011			
T3-R2	Muestra	Norte	11.9203034	mg/l	4.45	4.33
		Este	76.9652011			
T3-R3	Muestra	Norte	11.9203034	mg/l	4.43	4.35
		Este	76.9652011			

Manganeso(Mg)						
Estación	Tipo de resultado	Coordenadas		Unidad de	Resultados	
				medida	Sistema 1	Sistema 2
T3-R1	Muestra	Norte	11.9203034	mg/l	2.05	2.11
		Este	76.9652011			
T3-R2	Muestra	Norte	11.9203034	mg/l	2.03	2.11
		Este	76.9652011			
T3-R3	Muestra	Norte	11.9203034	mg/l	2.03	2.09
		Este	76.9652011			

Metodología de Análisis:

APHA-AWWA-WEF (2012)5210B

Estándar Methods for the examination of water and wastewater, AWWA-1992  
SMEWW.APHA-AWWA 2510 B, (2017)


SM 2130 B, Turbidity, Nephelometric Method,

APHA-AWWA-WEF (2012) 5210 B

APHA-AWWA-WEF (2012) 5220 B

SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 22nd Ed. 2012, Solids, Total Suspended  
Solids Dried at 103-105°C.

Espectrofotometría UV

  
ESTEFANY GLADYS  
TEODORO VARA  
INGENIERA QUIMICA  
Reg. CIP N° 141142