

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONIO GUILLERMO URRELO



**Facultad de Ingeniería
Carrera Profesional de Ingeniería Ambiental y Prevención de
Riesgo**

**EFEECTO DEL OZONO SOBRE EL COMPONENTE
ORGÁNICO DE LAS AGUAS RESIDUALES EN EL
HOSPITAL REGIONAL DOCENTE DE CAJAMARCA, 2022**

Autores:

Bach. Augusto Quispe Jorge Miguel

Bach. Elder Noé Ramos Vásquez

Asesor:

Dr. Persi Vera Zelada

Cajamarca – Perú

Enero – 2023

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONIO GUILLERMO URRELO



**Facultad de Ingeniería
Carrera Profesional de Ingeniería Ambiental y Prevención de
Riesgo**

**EFEECTO DEL OZONO SOBRE EL COMPONENTE
ORGÁNICO DE LAS AGUAS RESIDUALES EN EL
HOSPITAL REGIONAL DOCENTE DE CAJAMARCA, 2022**

Tesis presentada en cumplimiento parcial de los requerimientos para optar el
Título Profesional de Ingeniero Ambiental y Prevención de Riesgos

Bach. Augusto Quispe Jorge Miguel

Bach. Elder Noé Ramos Vásquez

Asesor: Dr. Persi Vera Zelada

Cajamarca – Perú

Enero – 2023

COPYRIGHT © 2023 by
AUGUSTO QUISPE JORGE MIGUEL
ELDER NOÉ RAMOS VÁSQUEZ
Todos los derechos reservados

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONIO GUILLERMO URRELO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y
PREVENCIÓN DE RIESGO**

APROBACIÓN DE TESIS PARA OPTAR TÍTULO PROFESIONAL

**EFECTO DEL OZONO SOBRE EL COMPONENTE
ORGÁNICO DE LAS AGUAS RESIDUALES EN EL
HOSPITAL REGIONAL DOCENTE DE CAJAMARCA, 2022**

Presidente:

Secretario:

Vocal:

Asesor:

ÍNDICE

ÍNDICE	5
ÍNDICE DE TABLAS	7
ÍNDICE DE FIGURAS	8
DEDICATORIA	9
AGRADECIMIENTO.....	10
RESUMEN.....	11
ABSTRACT	12
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	13
1.1. Descripción de la realidad problemática	13
1.2. Justificación de la investigación.....	15
1.3. Objetivos.....	16
1.3.1. Objetivo general.....	16
1.3.2. Objetivos específicos	16
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	17
2.1. Teorías que sustentan la investigación	17
2.2. Bases teóricas	20
2.3. Discusión teórica	31
2.4. Definición de términos básicos	35
2.5. Hipótesis	36
2.6. Operacionalización de las variables	37

CAPÍTULO III. MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN	38
3.1. Unidad de análisis, universo y muestra	38
3.2. Métodos de investigación	38
3.3. Técnicas de investigación.....	41
3.4. Instrumentos	41
3.5. Técnicas de análisis de datos.....	42
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	43
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	57
5.1. Conclusiones.....	57
5.2. Recomendaciones	57
LISTA DE REFERENCIA	59
ANEXOS.....	62
ANEXO 01. MATRIZ DE CONSISTENCIA	62
ANEXO 02. FORMATOS DE LABORATORIO	64

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Propiedades del Ozono.....	28
Tabla 2 Ventajas y desventajas del ozono.....	33
Tabla 3 Límites Máximos Permisibles para los efluentes de PTAR.....	35
Tabla 4 Operacionalización de variables.	37
Tabla 5 Muestreo para parámetros químicos.	43
Tabla 6 Resultados de la Muestra MI-001.	44
Tabla 7 Resultados de la Muestra MI-002.	45
Tabla 8 Resultados de la Muestra TH1-001.....	46
Tabla 9 Resultados de la Muestra TH1-002.....	47
Tabla 10 Control de calidad de las muestras evaluadas.	49
Tabla 11 Propiedades del agua apto para categoría 3.	50
Tabla 12 Comparación de propiedades de las muestras de estudio.	51
Tabla 13 Prueba de normalidad con Kolmogorov- Smirnov y Shapiro-Wilk.	52
Tabla 14 Pearson.	53

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Esquema de ozonización para aguas residuales en laboratorio.	29
Figura 2 Características del agua residual.....	31
Figura 3 Propiedades químicas DBO y DQO de la muestra MI-001.....	44
Figura 4 Propiedades químicas DBO y DQO de la muestra MI-002.....	45
Figura 5 Propiedades químicas DBO y DQO de la muestra THI-001.....	46
Figura 6 Propiedades químicas DBO y DQO de la muestra THI-002.....	47
Figura 7 Propiedades químicas DBO y DQO de las muestras.....	48

DEDICATORIA

El resultado de esta investigación está dedicado a mi familia, por haberme enseñado a ser la persona que soy ahora, valores, perseverancia y mi empeño para seguir adelante.

También quiero dedicarle esta propuesta de tesis a mi asesor, quien me ha acompañado, enseñado y apoyado durante su desarrollo.

AGRADECIMIENTO

A mis docentes de la Universidad Privada Antonio Guillermo Urrelo, quienes, con sus conocimientos, me permitieron llegar hasta donde estoy ahora y me apoyaron a lograr este objetivo.

A mi asesor, quien formó parte importante en el desarrollo de esta investigación brindando el apoyo suficiente para lograr con éxito.

A mi familia, por haber sido el motor que impulsaron mis esperanzas y sueños durante todos los días de mi vida.

RESUMEN

En la presente investigación plantea como formulación del problema “¿Cuál es el efecto del ozono sobre la concentración del componente orgánico de las aguas residuales en el Hospital Regional Docente de Cajamarca, 2022?”. Ante esta problemática, se considera como objetivo general, el determinar el efecto del ozono sobre la concentración del componente orgánico de las aguas residuales en el Hospital Regional Docente de Cajamarca, 2022. Esta investigación es de método experimental, considerando como unidad de análisis a las aguas residuales seleccionadas del Hospital Regional Docente de Cajamarca, las cuales pasarán el proceso de ozonización para determinar el efecto del ozono sobre el componente orgánico de estas. Obtuvo como principales resultados, parámetros DBO y DQO del agua residual del Hospital Regional Docente de Cajamarca fue evaluado mediante cuatro muestras que obtuvieron valores de 309.0 mgO₂/L y 404.7 mgO₂/L respectivamente, mientras que la muestra MI-002 alcanzó valores de 210.0 mgO₂/L y 301.9 mgO₂/L. Mientras que, la muestra TH1-001 con un valor de 53.3 mgO₂/L y 129.4 mgO₂/L para DBO y DQO respectivamente. Asimismo, se acepta la hipótesis H₀ planteada, debido que, el ozono sobre la concentración de la DBO y DQO de las aguas residuales no permite el cumplimiento con lo establecido en el D.S. 004-2017-MINAM – categoría 3 en el Hospital Regional Docente de Cajamarca. En método estadístico aplicado fue la prueba de normalidad Shapiro Wilk, con la prueba no paramétrica Pearson. Finalmente, para la muestra TH1-002 con un valor de 33.0 mgO₂/L y 116.1 mgO₂/L respectivamente. Finalmente, se concluyó que, en la dosificación adicionada de ozono no fue favorable.

Palabras clave: ozono, componente orgánico, aguas residuales, concentración.

ABSTRACT

In the present investigation, he proposes as a formulation of the problem "What is the effect of ozone on the concentration of the organic component of wastewater at the Hospital Regional Docente de Cajamarca, 2022?". Faced with this problem, it is considered as a general objective, to determine the effect of ozone on the concentration of the organic component of wastewater in the Hospital Regional Docente de Cajamarca, 2022. This investigation is of an experimental method, considering as a unit of analysis the Selected wastewater from the Hospital Regional Docente de Cajamarca, which will pass the ozonation process to determine the effect of ozone on their organic component. The main results obtained were the BOD and COD parameters of the residual water from the Cajamarca Regional Teaching Hospital, which were evaluated using four samples that obtained values of 309.0 mg/L and 404.7 mgO₂/L respectively, while the MI-002 sample reached values of 210.0 mg/L and 301.9 mgO₂/L. While, the TH1-001 sample with a value of 53.3 mg/L and 129.4 mgO₂/L for BOD and COD respectively. Likewise, the proposed H₀ hypothesis is accepted, because ozone on the concentration of BOD and COD of wastewater does not allow compliance with the provisions of D.S. 004-2017-MINAM – category 3 at the Cajamarca Regional Teaching Hospital. Finally, for sample TH1-002 with a value of 33.0 mg/L and 116.1 mgO₂/L respectively. Finally, it was concluded that the added dosage of ozone was not favorable.

Keywords: ozone, organic component, wastewater, concentration.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Descripción de la realidad problemática

Los contaminantes emergentes han sido definidos de varias maneras, pero en esencia son sustancias de origen natural o sintético que interfieren con el funcionamiento de los sistemas endocrinos, lo que genera respuestas no naturales. En la mayoría de los casos estos contaminantes no han sido regulados, razón por la cual se postulan como candidatos a futuras regulaciones dependiendo de estudios que muestren los potenciales efectos sobre la salud y el monitoreo de su ocurrencia (Maldonado, 2021).

Según Wiston (2020), los hospitales son considerados como la mayor fuente de contaminantes emergentes, resultado de diferentes actividades, como, por ejemplo, residuos de laboratorio, excreción de los pacientes, actividades de investigación, entre otros. Uno de los principales problemas causados por los efluentes hospitalarios se debe a su descarga en los sistemas de alcantarillado urbano. Varios estudios han demostrado que estos componentes no son removidos cuantitativamente por medio de procesos de tratamiento convencionales, como consecuencia de esto son encontrados en fuentes de agua potable lo que constituye un potencial riesgo para la salud humana. En este sentido los estudios deben estar orientados a determinar la capacidad de remoción de la materia orgánica no biodegradable utilizando diversos procesos de tratamiento.

Generalmente las plantas de tratamiento emplean procesos biológicos sin mostrar resultados sobre aguas de tipo residual hospitalaria, ya que su capacidad de remoción en este tipo de compuestos recalcitrantes es baja. En general la presencia de residuos farmacéuticos en el ambiente y en los sistemas acuáticos, constituyen un serio problema ya que son extremadamente resistentes a la degradación biológica y usualmente escapan intactos al tratamiento de plantas convencionales; razón por la cual que se hace necesario el uso de tecnologías no convencionales, como por ejemplo los procesos de oxidación avanzada (POA).

El ozono, se considera como un POA de tipo homogéneo, es el segundo oxidante más poderoso, superado en su potencial de oxidación solamente por el flúor. La química de la ozonización es compleja y se caracteriza por la actuación a través de dos mecanismos: reacción directa, con ozono molecular disuelto y reacción indirecta, con especies radicales formadas cuando el ozono se descompone en el agua en condiciones alcalinas. La combinación de estos dos mecanismos en la remoción de las sustancias, depende de la naturaleza del agua, del pH del medio y de la dosis aplicada de ozono. La ozonización de compuestos disueltos en agua se considera como un proceso de oxidación avanzada cuando el radical hidroxilo es el agente oxidante, esto es cuando el medio presenta condiciones alcalinas (Grisales, Ortega y Rodríguez, 2012)

Por ello, el objetivo de esta investigación fue tratar las aguas residuales con componente orgánico ya sea ozono en el hospital de Cajamarca para

disminuir los efectos que causan su eliminación hacia las principales fuentes de agua de la ciudad.

Formulación del problema

Se plantea como problema general a la siguiente pregunta de investigación ¿Cuál es el efecto del ozono sobre la concentración del componente orgánico de las aguas residuales en el Hospital Regional Docente de Cajamarca, 2022?

1.2. Justificación de la investigación

La presente investigación presenta una gran importancia debido a la realidad presente en el Hospital Regional Docente de Cajamarca, ya que, sus aguas residuales son consideradas como una principal fuente contaminante emergente que afecta de manera considerable nuestro ambiente, estas aguas son resultado de las diferentes actividades que se realizan debido a la atención de pacientes del hospital, residuos de laboratorios, actividades en investigación, entre otros. De esta manera, estos efluentes hospitalarios se consideran un gran problema debido que su descarga es en los sistemas de alcantarillado urbano. Por lo que, se hace empleo de ozono, al ser considerado un material que permite mejorar las condiciones para aguas residuales y aguas crudas, una vez disuelto en el agua, mediante una reacción indirecta por la formación de oxidantes secundarios como radicales libres, en especial, radicales hidroxilos. Así es, que esta investigación permite resaltar su justificación al brindar un aporte valioso en el aspecto

ambiental, ya que, este procedimiento evalúa el efecto del ozono en la remoción de materia orgánica de un efluente.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Determinar el efecto del ozono sobre la concentración del componente orgánico de las aguas residuales en el Hospital Regional Docente de Cajamarca, 2022.

1.3.2. Objetivos específicos

- Identificar los valores de los parámetros DBO y DQO del agua residual y agua modificada con ozono del Hospital Regional Docente de Cajamarca, 2022.
- Evaluar el efecto del ozono sobre la concentración de la DBO y DQO del agua residual del Hospital Regional Docente de Cajamarca, 2022
- Comparar los valores de los parámetros DBO y DQO obtenidos después del tratamiento con el D.S. 004-2017-MINAM categoría 3 del agua residual tratada y no tratada previamente.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. Teorías que sustentan la investigación

Antecedentes internacionales

Indah, Endah y Nur (2018) en su artículo científico “Treatment of hospital waste water by ozone technology” presentan como objetivo principal analizar el uso del ozono mediante los procesos de oxidación química para el tratamiento de aguas residuales hospitalarias. Los resultados obtenidos muestran que, mediante la oxidación avanzada con el uso del ozono, en condiciones de operación donde el efluente presenta pH 7.7 y DQO igual a 65%, se obtuvieron eficiencias de 43%, 65% y 44% para el parámetro DQO, asimismo, al intentar reducir la concentración de TDS se obtuvieron eficiencias de 7.6%, 5% y 4.9%. Finalmente, este artículo concluye que la reducción eficiente del Reducción eficiente del ozono de DQO y TDS a una concentración de 100 mg / litro, el valor medio más bajo con DQO de 17,47 mg / litro y TDS 409,75 mg / litro.

Bohórquez y Sarmiento (2017) en su investigación “Análisis del uso de biorreactores de membrana para tratamiento de aguas residuales y posible implementación en Colombia” plantearon como objetivo general analizar la tecnología de biorreactores de membrana para tratamiento de aguas residuales mediante un estudio descriptivo DOFA para una posible implementación en Colombia. El análisis DOFA presentó como principales debilidades los problemas de espumas en el biorreactor, ensuciamiento de la membrana, baja eficiencia de transferencia de oxígeno y dificultad de operación, asimismo, las oportunidades identificadas

consisten en optimizar los procesos de implementación de nuevas tecnologías para mejorar la eficiencia y productividad del sector industrial, generar fuentes de capacitación y empleo en las zonas donde sea implementado el sistema MBR, las fortalezas están conformadas por la ventaja que ofrece el sistema de biorreactor de membrana al reutilizar agua generada por la planta de tratamiento, finalmente, las amenazas identificadas corresponden al mal manejo de los recursos destinados para el tratamiento de aguas residuales y las políticas con una baja sensibilización en mejorar calidad de efluentes.

Thi-Kim-Quyen Vo et al. (2016) en su artículo científico “Performance of ozonation process as advanced treatment for antibiotics removal in membrane permeate” presentan como objetivo principal aplicar un tratamiento de aguas residuales hospitalarias mediante el biorreactor de membrana de esponja junto con un proceso de ozonización. Los resultados obtenidos muestran que, mediante la ozonización, al evaluar los parámetros de DQO, ciprofloxacina y tetraciclina, se obtuvieron eficiencias de remoción de 90%, 93% y 100%. Concluyendo que un biorreactor de membrana de esponja (Sponge- MBR) junto con la ozonización podría ser una tecnología prospectiva para el tratamiento de aguas residuales hospitalarias.

Antecedentes nacionales

Saavedra y Verde (2021) en su tesis de investigación “Evaluación de técnicas de tratamiento en aguas residuales de centros hospitalarios” plantearon como objetivo principal evaluar la eficiencia de las diversas

técnicas usadas para el tratamiento de aguas residuales de centros hospitalarios. Esta investigación obtuvo como resultados que las principales técnicas de tratamiento comprenden procesos físicos, químicos y biológicos para el tratamiento de los productos farmacéuticos característicos de estos centros hospitalarios, tales como ibuprofeno, paracetamol, sulfametazol, cefixiona, diclofenaco, entre otros. Asimismo, las técnicas de oxidación avanzada y ozonificación obtuvieron una eficiencia del 90% al 100% y el uso de humedales como técnica de tratamiento de aguas obtuvo una eficiencia del 96%. Como conclusión, los autores indican que las diferentes técnicas se usan dependiendo del parámetro a eliminar o disminuir su concentración, dicho esto, en los casos de tratamiento para la eliminación de productos farmacéuticos, la técnica de oxidación avanzada y ozonificación es la más adecuada, mientras para la disminución de concentraciones de DBO5 y DQO es más eficiente usar la técnica de humedales construidos y procesos de oxidación.

2.1.1. A nivel local

Guevara (2020) en su investigación “Evaluación de la calidad de las aguas residuales del Hospital Regional Docente de Cajamarca, 2019” planteó como objetivo general calcular los valores de los parámetros físicos, químicos y biológicos de las aguas residuales del Hospital Regional Docente de Cajamarca. Los resultados obtenidos muestran concentraciones de aceites y grasas de 56.7 mg/L, de coliformes termotolerantes con un valor de 3500000 NMP/100mL, de demanda bioquímica de oxígeno de 390 mg/L, de demanda química de oxígeno de

583.9 mg/L, de potencial de hidrógeno de 9.2 mg/L y 304 mg/L de sólidos suspendidos totales. Finalmente, esta tesis concluye que gran parte de los parámetros físicos, químicos y biológicos superan los valores normativos permitidos en la D.S. 003-2010-MINAM.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Contaminantes emergentes

De la misma manera como se encuentran remanentes de distintos tipos de contaminantes en las aguas residuales urbanas, también se observa la presencia de restos de fármacos, plaguicidas y otras sustancias, las cuales son llamadas contaminantes emergentes (CE), compuestos que se vierten en el agua y que no están regulados. Los contaminantes emergentes, también llamados micro contaminantes, son compuestos químicos producto de las actividades humanas que se realizan en el diario vivir, como la higiene personal o el cuidado de la salud, que pueden provocar efectos negativos en el ecosistema, generando alteraciones sobre el medio ambiente. Se trata de sustancias de diferente origen y composición química de las que se conoce relativamente poco con respecto al impacto que tienen en el ambiente y en el ser humano, sustancias que son reconocidas con el nombre de contaminantes emergentes (Ramírez; Chicaiza; Ramos; Álvarez; 2019). Corrientemente se liberan al ambiente en pequeñas cantidades, pero con el tiempo, su uso intensivo y generalizado, se van acumulando en el entorno. Actualmente también son llamados contaminantes de interés

emergente, no son necesariamente nuevos productos químicos y generalmente incluyen contaminantes que a menudo han estado presentes en el medioambiente, pero cuya presencia, importancia y efectos (toxicidad) están siendo evaluados (Arbeláez, 2015).

Entre los contaminantes emergentes presentes en el agua cabe destacar fármacos, compuestos perfluorados, hormonas, drogas de abuso, productos de cuidado y de higiene personal; también podremos encontrarlos en plaguicidas, fármacos de uso tanto humano como de animal, antisépticos, retardantes de llama y surfactantes conocidos también como tensoactivos. En consecuencia, la principal fuente de entrada de estos compuestos en el medio ambiente acuático es por las aguas residuales, aunque también cabe destacar el papel de la agricultura y la ganadería como fuentes de contaminación difusa de pesticidas y antibióticos, respectivamente.

2.2.2. Industria farmacéutica

La industria farmacéutica es uno de los grandes sectores económicos encargados de desarrollar y vender miles de toneladas de químicos farmacéuticos que en la actualidad son bienes de consumo esenciales no solo para la humanidad sino también para los animales. Es un sector avanzado ya que para la creación de sus productos invierten sumas significativas de dinero en investigación con el objetivo de desarrollar curas contra enfermedades. Resulta oportuno resaltar que como toda industria para el desarrollo de sus fármacos y medicamentos existen procesos los cuales tienen unas entradas y unas salidas. Para el caso de esta

industria las entradas son la materia prima para la elaboración de los fármacos y las salidas son los productos y subproductos del proceso de transformación sumado a los desechos de la producción.

Medicamentos

El concepto de fármaco o medicamento es un término que se debe emplear exclusivamente para denotar el principio activo, no el producto farmacéutico. Como “principio activo” generalmente se emplea, sobre todo al referirse a operaciones de formulación y fabricación. Se recomienda que el término “fármaco” se use para referirse a aquellas situaciones en las cuales el principio activo se encuentra en contacto con sistemas biológicos. También se puede designar a un medicamento como un producto farmacéutico empleado para la prevención, diagnóstico o tratamiento de una enfermedad (Arias, 1999). Los medicamentos están conformados básicamente de dos componentes, los principios activos y los excipientes. Los primeros pueden ser uno o varios, y esencialmente son los encargados de producir el efecto medicinal en el organismo. Los segundos, son sustancias inactivas que se agregan al principio activo para así, poder administrar los medicamentos (Asociación Española de Medicamentos Genéricos [AESEG], 2013).

2.2.3. Aguas residuales

También llamadas “aguas negras”. Son las contaminadas por la dispersión de desechos humanos, procedentes de los usos domésticos, comerciales o industriales. Llevan disueltas materias coloidales y sólidas en suspensión.

Su tratamiento y depuración constituyen el gran reto ecológico de los últimos años por la contaminación de los ecosistemas (Martínez, 2016).

2.2.3.1. Parámetros de calidad de agua

Son aquellos que permiten determinar el nivel de contaminación de las aguas, estos se clasifican en:

Parámetros físicos

- **Temperatura:** Uno de los parámetros físicos más importantes en el agua, pues por lo general influye en el retardo o aceleración de la actividad biológica, la absorción de oxígeno, la precipitación de compuestos, la formación de depósitos, la desinfección y los procesos de mezcla. Floculación, sedimentación y filtración (DIGESA, 2010).
- **Potencial Hidrógeno pH:** Es el factor químico que determina si una sustancia es ácida, neutra o básica, calculando el número de iones hidrogeno presentes. Se calcula con el fin de estimar algún tipo de efecto por acidez o alcalinidad producida por acciones naturales o antropogénicas.

La medición de este parámetro se realiza in situ. Se mide en una escala de 0 a 14. Los valores de pH menores de 7 indican que una sustancia es ácida, los valores de pH mayores a 7 indican que la sustancia es básica y si el pH es 7 indica que la sustancia es neutra. Su interpretación va relacionada con la alcalinidad o acidez titulable, los cuales tienen relevancia por encima de 9,6 y por debajo de 4,4 unidades de pH (DIGESA, 2010).

- **Sólidos Totales Disueltos:** Los sólidos disueltos constituyen una medida de la parte de los sólidos en una muestra de agua que pasa a través de un peso nominal de 2.00 *Um*. O menos en condiciones específicas. Esta medida proporciona otra indicación (como la conductividad) de la salinidad de la descarga de la industria (Sawyer, 2000).

En general Son productos de la erosión de los suelos, detritos orgánicos y plancton. Estos sólidos, como el limo, virus y arena, son los que causan las impurezas visibles y consisten en partículas muy pequeñas, se identifican por su color, turbidez, gusto y olor del agua. Son importantes, para el control de los procesos biológicos y físicos de aguas residuales y para evaluar el cumplimiento, que regulan su vertimiento. Las sustancias no disueltas, son los sólidos suspendidos y se evalúan por medio de la turbiedad (Sawyer, 2000).

- **Turbidez:** La turbidez de un cuerpo de agua se debe a la presencia de materiales en suspensión, finamente divididos; arcillas, limo, partículas de sílice, materias orgánicas, etc. La apreciación de la abundancia de estas materias se da por el grado de turbidez (OMS, 2011).

Parámetros químicos

- **Potencial Hidrógeno pH:** Es el factor químico que determina si una sustancia es ácida, neutra o básica, calculando el número de iones hidrogeno presentes. Se calcula con el fin de estimar algún tipo de

efecto por acidez o alcalinidad producida por acciones naturales o antropogénicas.

La medición de este parámetro se realiza in situ. Se mide en una escala de 0 a 14. Los valores de pH menores de 7 indican que una sustancia es ácida, los valores de pH mayores a 7 indican que la sustancia es básica y si el pH es 7 indica que la sustancia es neutra. Su interpretación va relacionada con la alcalinidad o acidez titulable, los cuales tienen relevancia por encima de 9,6 y por debajo de 4,4 unidades de pH (DIGESA, 2010).

- **Oxígeno Disuelto:** Este parámetro proporciona una medida de la cantidad de oxígeno disuelto en el agua para tener una concentración adecuada de oxígeno disuelto en el agua. Es importante para la supervivencia de peces y otros organismos de vida acuática. La temperatura, el material orgánico disuelto, los oxidantes inorgánicos, etc., afectan sus niveles, la baja concentración de oxígeno disuelto puede ser un indicador que el agua tiene una alta carga orgánica, provocada por aguas residuales (DIGESA, 2010).
- **Aceites y Grasas:** Los aceites y grasas se definen en los métodos estándar, como “cualquier material recuperado en la flora de una sustancia soluble en el solvente”. El triclorofluoretano es el solvente recomendado; sin embargo, debido a los problemas ambientales con los clorofluorocarbonos (Hernández, 2010).

El aceite es perjudicial para la vida acuática porque forma una película sobre la superficie del agua, reduce la aeración disminuye la

penetración de luz solar necesaria para la fotosíntesis de las plantas acuáticas. Al encontrarse en la ribera de los ríos puede afectar a plantas y animales cualquier material recuperado, como sustancia soluble en Cloroformo (Hernández, 2010).

- **Demanda Bioquímica De Oxígeno o Demanda Biológica De Oxígeno (DBO₅):** Cantidad de Oxígeno, en mg/L, necesaria para oxidar biológicamente los componentes de las aguas residuales. Determinan la concentración de Oxígeno, para la descomposición por acción bacteriana, en un período de incubación de cinco días a 20°C. Mide el oxígeno disuelto, utilizado por los microorganismos en la oxidación bioquímica de la materia orgánica (Frías & Montilla, 2016).
- **Demanda Química De Oxígeno (DQO):** Mide la cantidad requerida, para la oxidación química de la materia orgánica e inorgánica en el agua, con el empleo de un oxidante, como el Dicromato de Potasio, obteniendo resultados en 3hrs y guarda relación con DBO₅ (Frías & Montilla, 2016).

La DQO, no diferencia entre la materia biodegradable y el resto, no suministra información sobre la velocidad de degradación en condiciones normales (T y P): El valor de la DQO, es siempre mayor al de la DBO₅ y ambas, se expresan en mg/L. La diferencia entre la DQO y la DBO₅, radica, en que muchas sustancias pueden oxidarse fácilmente y su contenido es de materia orgánica (carbohidratos, proteínas, grasas) e inorgánicos (hierro ferroso, nitritos, amoníaco, sulfuros y cloruros). De allí, que se usa para medir el contenido de la

materia orgánica de aguas naturales y residuales, recurriendo a reacciones puramente químicas, donde los componentes de la muestra están constituidos por materia orgánica o inorgánica oxidables, que miden el Oxígeno Disuelto requerido, para oxidar la materia, mediante un agente químico; así como, la cantidad de materia orgánica total biodegradable y no biodegradable (Frías & Montilla, 2016).

- **Alcalinidad:** Depende de la presencia de los iones hidroxilo (OH^-), Carbonatos (CO_3^{2-}) y bicarbonatos (HCO_3^-) en el agua según sea la procedencia de la misma. Se expresa como ppm de CaCO_3 (Frías & Montilla, 2016).

2.2.4. Ozono

El ozono fue utilizado por primera vez para el tratamiento de agua potable en 1893 en los Países Bajos. Actualmente, la ozonización es una técnica de oxidación química con una gran variedad de aplicaciones, que incluye: desinfección, oxidación de micro contaminantes orgánicos recalcitrantes (fármacos, pesticidas, contaminantes fenólicos, etc.), oxidación de contaminantes inorgánicos, como hierro, manganeso y sulfitos y eliminación de color y sabor.

El ozono se puede utilizar para la mineralización (eliminación de carbono orgánico total) de compuestos orgánicos, aunque en muchos casos implica el uso de altas dosis de ozono, y el encarecimiento del proceso. Una buena estrategia es la utilización de la ozonización como pretratamiento, ya que los productos de la oxidación parcial con ozono son generalmente más

fácilmente biodegradables que sus precursores (Chiva, Berlanga, Martínez, y Climent, 2017).

2.2.4.1. Propiedades del ozono

Según Chiva et. al. (2017), el ozono se caracteriza por ser color azul pálido, siendo una de sus características principales su alta solubilidad en agua, el olor características de este gas en el aire es similar al blanqueador de cloro y es detectable en una concentración de 0.01 ppm en el aire.

Tabla 1

Propiedades del Ozono.

Propiedad	Unidad	Valor
Peso molecular	g.mol ⁻¹	47.998
Densidad	g/L	2.144
Temperatura de fusión	°C	-192.5
Temperatura de ebullición	°C	111.9
Solubilidad en agua	g.L ⁻¹	0.0105

Nota. Esta tabla representa las propiedades del ozono. Tomado de Chivas et. al. (2017).

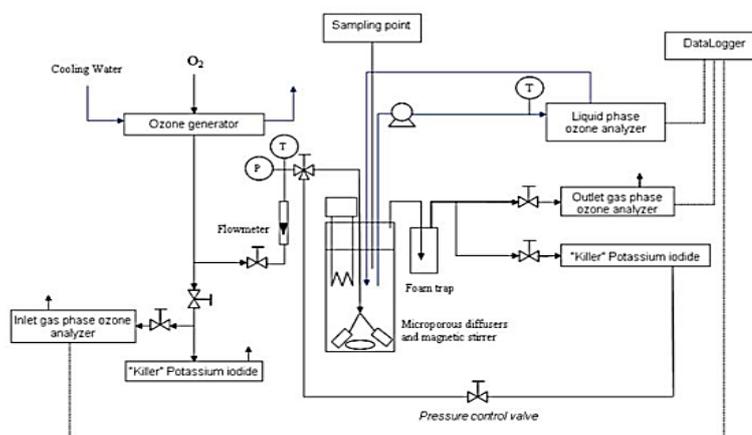
2.2.4.2. Aplicaciones de la ozonización

La ozonización puede utilizarse para distintas aplicaciones como son, entre otras, potabilización de aguas, depuración de aguas residuales, desinfección de corrientes gaseosas, blanqueo de pasta de papel, eliminación de olores, etc. El ozono se utiliza en la potabilización de agua por diversas razones: es efectivo en la desinfección, es decir, en la inactivación de bacterias y virus. La desinfección de *Escherichia coli*

con ozono es más de 3 veces más rápida que con cloro. Además, puede oxidar gran cantidad de compuestos orgánicos como fenoles, detergentes, pesticidas, ácidos húmicos, ácidos fúlvicos, compuestos aromáticos, proteínas, etc. Al mismo tiempo, oxida diversos metales pesados a estados de oxidación mayores, menos solubles, dando lugar a óxidos e hidróxidos que se pueden eliminar fácilmente por sedimentación y/o filtración. También es muy efectivo en la eliminación de sabores, olores y color. El ozono también se puede utilizar en muy distintos tipos de aguas residuales y para muy distintas finalidades. Así, se usa en el tratamiento de colorantes poliaromáticos de aguas textiles, de efluentes de la producción de pasta de papel con colorantes naturales y otra materia orgánica, para la eliminación de sustancias tóxicas o biocidas de la industria química y farmacéutica, tensioactivos de la industria de cosméticos y detergentes, compuestos húmicos u orgánicos halogenados de lixiviados de vertedero, entre muchas otras.

Figura 1

Esquema de ozonización para aguas residuales en laboratorio.



Nota. El gráfico muestra o representa el esquema de ozonización para aguas residuales. Tomado de *Chivas et. al., 2017.*

2.2.4.3. Influencia del ozono en el agua residual

El ozono es un gas natural que se descompone en el agua y desencadena la formación de radicales libres con gran capacidad de oxidación, destruyendo agentes patógenos y degradando sustancias químicas para facilitar su remoción (Muñoz & Orta, 2012).

Benitez et al (2008) el ozono es un poderoso oxidante para el agua cruda y las aguas residuales; una vez disuelto en el agua, reacciona con una gran cantidad de componentes orgánicos de dos formas diferentes: por oxidación directa con ozono molecular o por una reacción indirecta mediante la formación de oxidantes secundarios como radicales libres, en especiales radicales hidroxilos.

Asimismo, Karnik et al. (2005) afirman que, el uso de la ozonación en el tratamiento de aguas reduce la formación de trihalometanos y ácidos haloacéticos, ayuda a la formación de mayor cantidad de componentes polares e incrementa la biodegradabilidad.

El ozono oxida mayoritariamente las moléculas que contienen dobles enlaces carbono-carbono y alcoholes aromáticos (Wang, Wang, Liu, & Duan, 2007). Además, puede romper la estructura de la materia orgánica natural y propiciar la transformación de los compuestos de alto peso molecular en otros de bajo peso como ácidos carboxílicos, carbohidratos y aminoácidos.

2.3. Discusión teórica

El agua.

El agua es un recurso natural considerado como un recurso de mayor relevancia a nivel mundial, presentando un papel esencial y vital en el desarrollo, ya que, sin este mismo no podría existir la vida e industrias.

Agua residual.

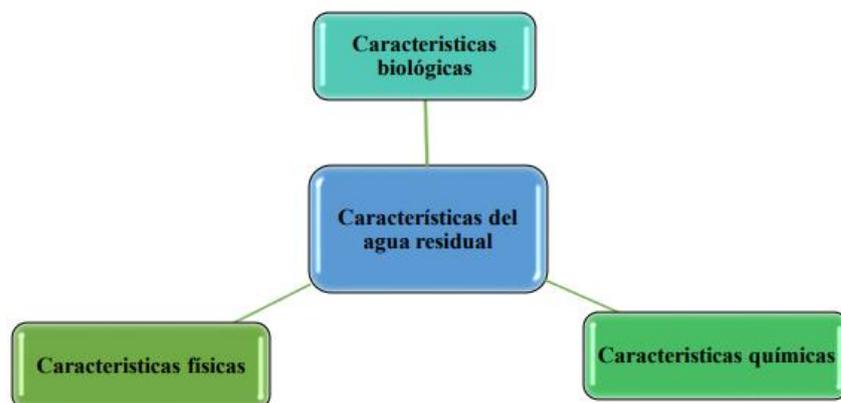
Según INCYTU (2019), las aguas residuales es aquel tipo de agua que presenta una calidad afectada de forma negativa por la actividad humana, son aquellas que arrastran detritos y contaminantes. Estas pueden tener una procedencia de poblaciones, viviendas y/o áreas industriales.

Estas aguas son aquellas que cuentan con contaminantes vertidas principalmente de aguas industriales y domésticas, teniendo en consideración que pueden contener contaminantes de desechos industriales o municipales (Chávez, 2022).

Características de las aguas residuales.

Figura 2

Características del agua residual.



Nota. El gráfico muestra la caracterización de aguas residuales. Tomado de Chávez, 2022.

a) Características físicas.

Estas características se catalogan en olores, sólidos totales, densidad, temperatura, turbiedad y color (Chávez, 2022).

b) Características químicas.

Estas características se catalogan en sustancias químicas, siendo muy complejas, ya que, son utilizados en las industrias influyendo en diversos contaminantes, como compuestos químicos: pH, DBO, DQO, metales pesados, fósforo, sulfuros, mercurio, nitratos, entre otros (Beneza, 2021).

c) Características biológicas.

Estas características se catalogan por los principales grupos de microorganismos biológicos como bacterias anaerobias, aerobias, coliformes termotolerantes, coliformes totales, virus, algas y hongos (Chávez, 2022).

Potabilización del agua natural.

La potabilización es aquel proceso que se convierte un agua contaminada en aquella agua apta para el consumo humano, el fin de este proceso es la minimización de contaminantes tóxicos, aglomeración de coloides, sólidos suspendidos, aglomeración de organismos patógenos, manganeso, hierro, sedimentación y corrosión, entre otras (Merma & Vara, 2015).

Después de la potabilización, se obtiene un agua que sale de la planta potabilizadora, siendo aquella que logra reunir diversas características organoléptica, microbiológicas y fisicoquímicas reguladas por la ley, permitiendo el consumo público y garantizando un agua potable de calidad.

Ozono como producto en oxidación o desinfección de agua.

El ozono es un producto o material que se encarga de la oxidación específicamente de manganeso, hierro y sulfuros, incluso se considera más efectivo que el dióxido de cloro (*Merma & Vara, 2015*).

Este es un material o poderoso agente oxidante usado como desinfectante, además de ello, se considera un agente germicida de diversos microorganismos, permitiendo la destrucción o desinfección de bacterias o virus (*Carreón, 2009*).

Tabla 2

Ventajas y desventajas del ozono.

Ventajas	Desventajas
Más efectivo que el dióxido de cloro.	Puede producir subproductos como aldehídos, bromatos y ácidos.
Elimina y controla problemas de sabor, color y olor.	Necesita gran cantidad de energía, así como equipos más costosos
No forma subproductos halogenados, a no ser que, exista presencia de bromuros.	Es muy tóxico y corrosivo, debido que, puede formar ácido nítrico y óxido nítrico que generan corrosión en equipos.
Requiere menor concentración y tiempo para la desinfección.	Desaparece con rapidez del agua, especialmente altos de temperatura y pH.
Su efectividad no está influida por el pH.	Debe ser generado in situ.

Nota. Esta tabla muestra las ventajas y desventajas del empleo de ozono. Tomado de *MINAM.*, 2010.

Método de desinfección por ozonización.

Este método consiste en agregar cantidades de ozono suficiente siendo lo más rápido posible de forma que logre satisfacer la demanda y mantener un residuo de ozono durante un tiempo suficiente para asegurar la destrucción o inactivación de microorganismos (*Merma & Vara, 2015*). Este proceso que consiste en la desinfección por ozono trata de mantener un residual mínimo de 0,4 a 0,5 ppm después de 10 a 20 minutos de contacto con el agua

El ozono es 12,5 veces más soluble en agua que el mismo oxígeno, por lo que, dicha solubilidad de ozono en agua depende específicamente de la temperatura de esta y de la concentración de ozono en fase gaseosa (*Gutiérrez et al., 2002*).

Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM.

Este decreto indica en su numeral 32.1 del artículo 32° de la Ley General del Ambiente; que el parámetro normativo de concentración o grado de elementos, sustancias o parámetros de calidad de agua característico de un efluente se rige por el “Límite Máximo Permisible” (LMP). Dado que, al exceder estos valores, se atenta contra la salud, el bienestar humano y el ambiente. Este parámetro es definido por el Ministerio de vivienda, el mismo, es responsable de su cumplimiento; por ello, definen los criterios de supervisión y sanción en la D.S. N°003-2010-MINAM.

Tabla 3*Límites Máximos Permisibles para los efluentes de PTAR.*

PARÁMETRO	UNIDAD	LMP DE EFLUENTES PARA VERTIDOS A CUERPOS DE AGUAS
Aceites y grasas	mg/L	20
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	10000
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	100
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	200
pH	unidad	6.5 - 8.5
Sólidos Totales en Suspensión	mL/L	150
Temperatura	°C	<35

Nota. El gráfico muestra o representa el esquema de ozonización para aguas residuales. Tomado de *MINAM.*, 2010.

2.4. Definición de términos básicos

AGUAS RESIDUALES: Son aguas que provienen del sistema de abastecimiento de agua de una población, después de haber sido modificadas por diversos usos en actividades domésticas, industriales y comunitarias (Blázquez & Montero, 2010).

OZONO: El ozono es un gas incoloro, de olor fuerte, con alto poder oxidante, es la forma triatómica del oxígeno y en fase acuosa se descompone rápidamente a oxígeno y especies radicales (Rodríguez, Botelho, y Cleto, 2008).

OZONIZACIÓN: El proceso de ozonización permite degradar compuestos orgánicos tóxicos aumentando así la biodegradabilidad del efluente (Jaimes y Vera, 2020)

DEMANDA BIOLÓGICA DE OXÍGENO: Es una medida de la cantidad de oxígeno utilizado por los microorganismos en la estabilización de la materia orgánica biodegradable, en condiciones aeróbicas (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, 2007)

DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO: Es la cantidad de oxígeno que necesitan los microorganismos para oxidar residuos orgánicos de modo aerobio (Raffo y Ruiz, 2014)

2.5. Hipótesis

- **H1:** El efecto del ozono sobre la concentración de la DBO y DQO de las aguas residuales en el Hospital Regional Docente de Cajamarca, 2022 permite el cumplimiento con lo establecido en el D.S. 004-2017-MINAM – categoría 3.
- **H0:** El efecto del ozono sobre la concentración de la DBO y DQO de las aguas residuales en el Hospital Regional Docente de Cajamarca, 2022 NO permite el cumplimiento con lo establecido en el D.S. 004-2017-MINAM – categoría 3.

2.6. Operacionalización de las variables

Tabla 4

Operacionalización de variables.

Variable	Definición	Dimensiones	Indicadores	Unidad	Instrumentos
V.I. Efecto del ozono	El efecto del ozono es aquel efecto que se obtiene de la oxidación directa, como aquella reacción química en el que un metal o un no metal cede electrones, por lo que incrementa su estado de oxidación	Ozono	Cantidad de concentración de ozono	-	Ficha de observación
V.D. Cumplimiento con la norma vigente	El cumplimiento de la norma vigente consiste en aquella verificación de los diferentes parámetros normativos que se encuentran estandarizados en el D.S. 004-2017-MINAM categoría 3	Parámetros físicos y químicos	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L mg/L	Fichas de laboratorio

Nota. Elaboración propia.

CAPÍTULO III. MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Unidad de análisis, universo y muestra

3.1.1. Unidad de análisis

Se considera como unidad de análisis a las aguas residuales seleccionadas del Hospital Regional Docente de Cajamarca, las cuales pasarán el proceso de ozonización para determinar el efecto del ozono sobre el componente orgánico de estas.

3.1.2. Población

Se considera como población a todas las aguas residuales provenientes del Hospital Regional Docente de Cajamarca.

3.1.3. Muestra

Se considera como 02 muestras de aguas residuales provenientes del Hospital Regional Docente de Cajamarca.

3.2. Métodos de investigación

La presente investigación desarrolla un método experimental, ya que se plantea analizar el efecto del ozono en tres escenarios distintos, donde, mediante la ozonización y técnicas de recopilación de datos, se conseguirá determinar la veracidad de la hipótesis planteada al inicio de la investigación. Según Ñaupas, Valdivia, Palacios y Romero (2018), consideran este método como sofisticado, debido a que las técnicas que permitirán comprobar la hipótesis son complicadas; sin embargo, son las que permiten evidenciar claramente los resultados obtenidos.

A continuación, se brinda detalle del procedimiento detallado que ha sido considerado en laboratorio para la evaluación e las muestras de estudio.

1) Caracterización de la muestra

La caracterización de la muestra es la primera actividad que se realiza en esta investigación, pues a partir de ella se identifican: la materia orgánica que contiene el agua residual hospitalaria, además de identificar los posibles interferente en el consumo del ozono durante la exposición.

Las muestras son extraídas del agua residual del hospital regional de Cajamarca, siendo la cantidad de 40 L en total; la muestra de laboratorio consistió en 2 L para un análisis previo del tratamiento, y lo restante para la experimentación.

2) Diseño de experimentos

Previo a la ejecución del experimento, se bosqueja con los indicadores a estudiar el formato de diseño de experimento, puesto que, este formato guía en la recolección de datos y luego en el análisis estadístico de estos.

El diseño de experimento se distribuye de la siguiente manera: 1) Los factores a estudiar dosis de ozonización y el tiempo de reacción; el primero, en 400 mg/h y el segundo, con 3 niveles (30, 60 y 120 min); 2) Por cada tiempo de ozonización, se midió los parámetros de campo opcionales, pero principalmente se extrae la muestra (2 L) para determinar los parámetros en laboratorio (DBO₅, DQO); 3) Se realiza las pruebas con una réplica.

3) Manipulaciones experimentales

En la ejecución de las pruebas se procedió de la siguiente manera:

- Previo al experimento, se hace una revisión de los equipos e instrumentos a utilizar, se verifica si están calibrados y óptimos para las mediciones.
- Luego se extrae una muestra de 4L del agua residual hospitalaria en un recipiente o balde de 4L.
- La muestra de 4 L se coloca sobre un agitador magnético a una revolución de 700 RPM, por 5 minutos.
- La muestra se ozoniza con dos generadores de ozono, ya que, la producción de estos es baja (200 mg/h), motivo por el cual se inyecta ozono a los 4 L durante los tiempos indicados.
- Pasado el tiempo de ozonización asignado, se mide los parámetros de campo nuevamente y se toma la muestra para ser enviada al laboratorio (2 L).
- El procedimiento se repite para la réplica.

4) Aproximaciones de medición

Para la experimentación se utilizan: baldes de 4 L, contenedores de 50 L, todos graduados. 2 generadores de ozonizador Master modelo FM – 500 de 200 mg/h. Y métodos de ensayo para: Demanda biológica de oxígeno, Demanda química de oxígeno basados en el Standard Methods, versión 2017, edición 23. (Laboratorio SGS)

3.3. Técnicas de investigación

3.3.1. Recolección de agua residual

La recolección de aguas residuales se proyecta en un lapso de 2 semanas, dado que, por la variabilidad de estas, es necesario tomar un número importante de muestras para mostrar fielmente sus características. Se programaron 02 muestras de 3 litros cada uno, las cuales serán tomadas en las horas de mayor actividad en el Hospital Regional Docente de Cajamarca. Para ello, el agua residual obtenida se conservará en baldes de polietileno teniendo en cuenta las consideraciones del ANA para el monitoreo de la calidad de agua, y luego será mezclada buscando obtener muestras de 6 litros, con las características deseadas. Posteriormente, las muestras serán entregadas al laboratorio donde se realizarán los ensayos respectivos para determinar los parámetros físicos y químicos de la calidad de agua.

3.4. Instrumentos

3.4.1. Ficha de observación

Con ayuda de este instrumento se recolectará información visual de gran importancia, entre estas las características de las muestras de estudio. Para ello, se elaborará un formato de ficha de observación para cada variable, con la intención de resaltar las características más visuales para dar relación a las propiedades obtenidas posteriormente mediante los ensayos realizados en laboratorio para ambas variables.

3.4.2. Análisis de DBO y DQO

Luego de aplicar el ozono en las muestras de agua residual recolectadas, es necesario determinar los parámetros que indican los niveles de contaminación que presentan, para verificar la reducción de este indicador. Dicho esto, para determinar estos valores, se trabajará la muestra en el laboratorio en ambos casos, siendo el caso de DBO el procedimiento más simple en comparación con la obtención del DQO. Estos serán analizados posteriormente mediante gráficas, las cuales permitirán determinar la eficiencia del efecto del ozono sobre el componente orgánico en aguas residuales de origen hospitalario.

3.5. Técnicas de análisis de datos

En la presente investigación se usaron diversos programas de ayuda para el procesamiento, recolección y organización de la información obtenida, entre ellos: Microsoft Excel y Microsoft Word, gracias a estos se logra obtener los resultados de forma ordenada para su posterior discusión.

Asimismo, esta investigación propone la recolección de información como fichas de observación y fichas de laboratorio, las cuales en un primer momento se obtendrán de forma manual y luego se procesará esta información en los programas antes mencionados. Con esto se busca obtener una presentación gráfica de cómo afecta el ozono en el componente orgánico de las aguas residuales en Hospital Regional Docente de Cajamarca.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados

A continuación, se puede visualizar los resultados obtenidos de la evaluación de sus parámetros químicos de las muestras de estudio de agua residual municipal.

Parámetros químicos de las muestras de estudio

Dentro de los resultados, se consideró la evaluación del parámetro Demanda Bioquímica de Oxígeno mediante el método de ensayo: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B; 23rd Ed:2017. Biochemical Oxygen Demand (BOD): 5- Day BOD test. Mientras que, para la evaluación del parámetro Demanda Química de Oxígeno, se realizó mediante el método de ensayo: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D; 23rd: 2017. Chemical Oxygen Demand, Closed Reflux, Colorimetric Method. El muestreo se realizó mediante INNODEVEL, considerando la obtención de 4 muestras para el estudio con procedencia de agua residual Municipal de Cajamarca, las cuales están siendo denominadas como: MI-001, MI-002, TH1-001 y TH1-002.

Tabla 5

Muestreo para parámetros químicos.

Estación de muestreo
MI-001
MI-002
TH1-001
TH1-002

Nota. Elaboración propia.

La tabla 14 logra evidenciar un muestreo conformado por cuatro muestras utilizadas para el análisis de los parámetros químicos.

Tabla 6

Resultados de la Muestra MI-001.

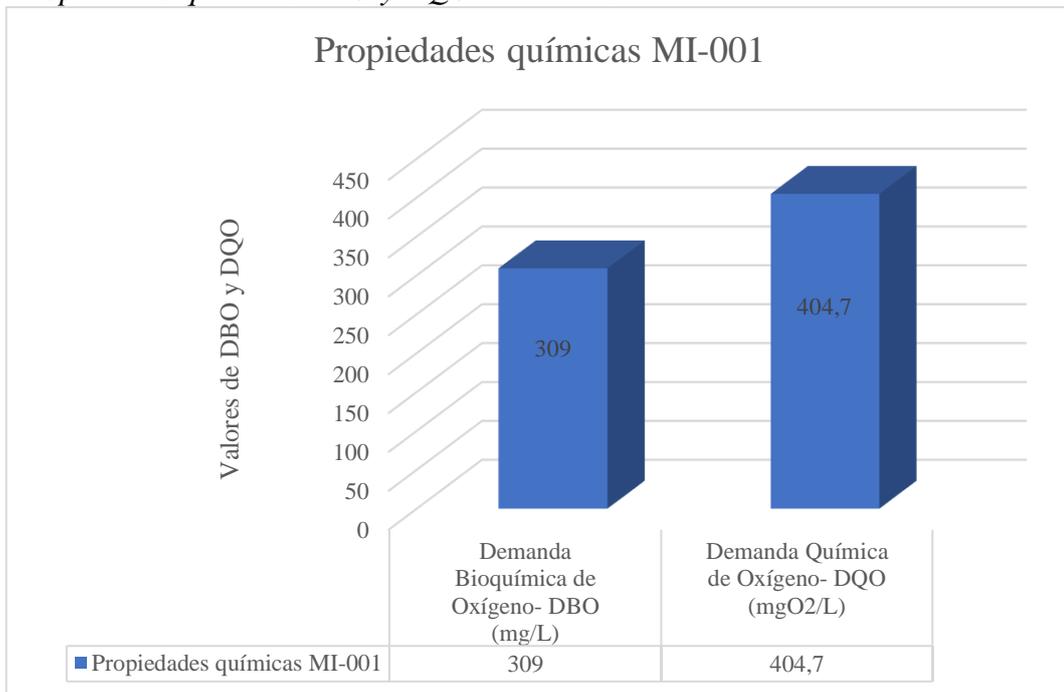
Estación de muestreo	Valor	
Identificación de la muestra- Cliente	MI-001	
Fecha de muestreo	16/12/2022	
Hora de muestreo	11:50	
Categoría	Agua Residual Municipal	
	RESULTADO	Incertidumbre
Demanda Bioquímica de Oxígeno- DBO (mg/L)	309.0	± 37.10
Demanda Química de Oxígeno- DQO (mgO ₂ /L)	404.7	± 9.70

Nota. Elaboración propia.

La muestra MI-001 evaluó sus propiedades químicas el día 16/12/2022 a las 11:50 hrs, obteniendo como resultados a una demanda bioquímica de oxígeno (DBO) de 309 mg/L, una demanda química de oxígeno (DQO) de 404.7 mgO₂/L.

Figura 3

Propiedades químicas DBO y DQO de la muestra MI-001.



Nota. Elaboración propia, 2023.

Tabla 7*Resultados de la Muestra MI-002.*

Estación de muestreo	Valor
Identificación de la muestra- Cliente	MI-002
Fecha de muestreo	16/12/2022
Hora de muestreo	12:03
Categoría	Agua Residual Municipal
RESULTADO Incertidumbre	
Demanda Bioquímica de Oxígeno- DBO (mg/L)	210.0 ± 25.20
Demanda Química de Oxígeno- DQO (mgO ₂ /L)	301.9 ± 7.70

Nota. Elaboración propia.

Asimismo, la muestra MI-002 evaluó sus propiedades químicas el día 16/12/2022 a las 12:03 hrs, obteniendo como resultados a una demanda bioquímica de oxígeno (DBO) de 210.0 mg/L, una demanda química de oxígeno (DQO) de 301.9 mgO₂/L.

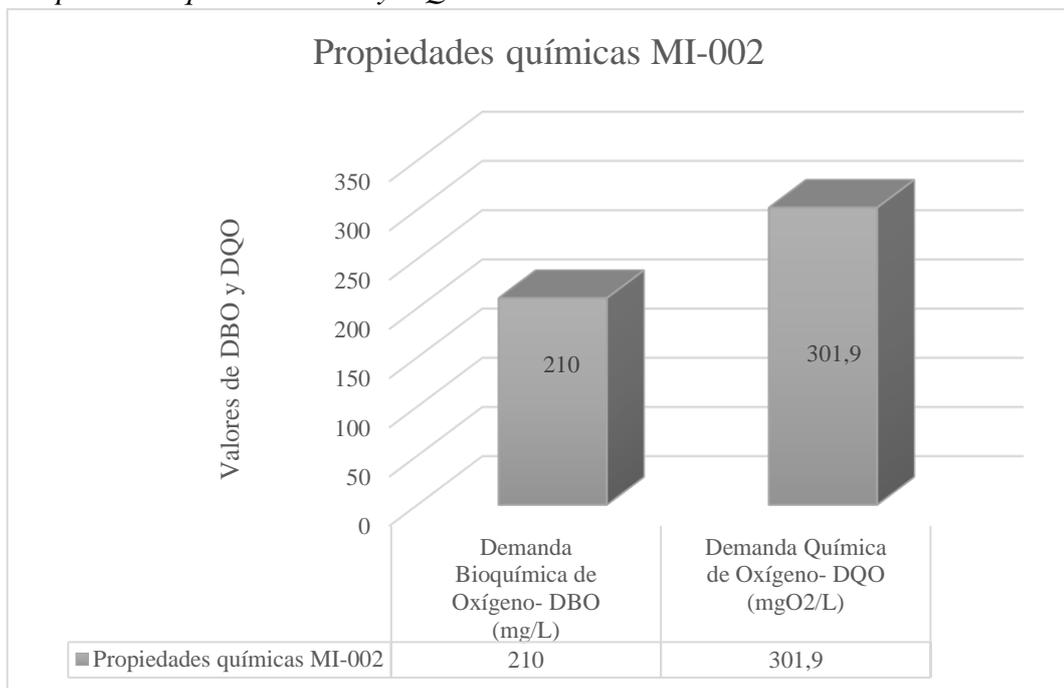
Figura 4*Propiedades químicas DBO y DQO de la muestra MI-002.**Nota.* Elaboración propia, 2023.

Tabla 8*Resultados de la Muestra TH1-001.*

Estación de muestreo	Valor	
Identificación de la muestra- Cliente	TH1-001	
Fecha de muestreo	16/12/2022	
Hora de muestreo	15:00	
Categoría	Agua Residual Municipal	
	RESULTADO	Incertidumbre
Demanda Bioquímica de Oxígeno- DBO (mg/L)	53.3	± 6.40
Demanda Química de Oxígeno- DQO (mgO ₂ /L)	129.4	± 4.40

Nota. Elaboración propia.

Mientras que, la muestra TH1-001 evaluó sus propiedades químicas el día 16/12/2022 a las 15:00 hrs, obteniendo como resultados a una demanda bioquímica de oxígeno (DBO) de 53.3 mg/L, una demanda química de oxígeno (DQO) de 129.4 mgO₂/L.

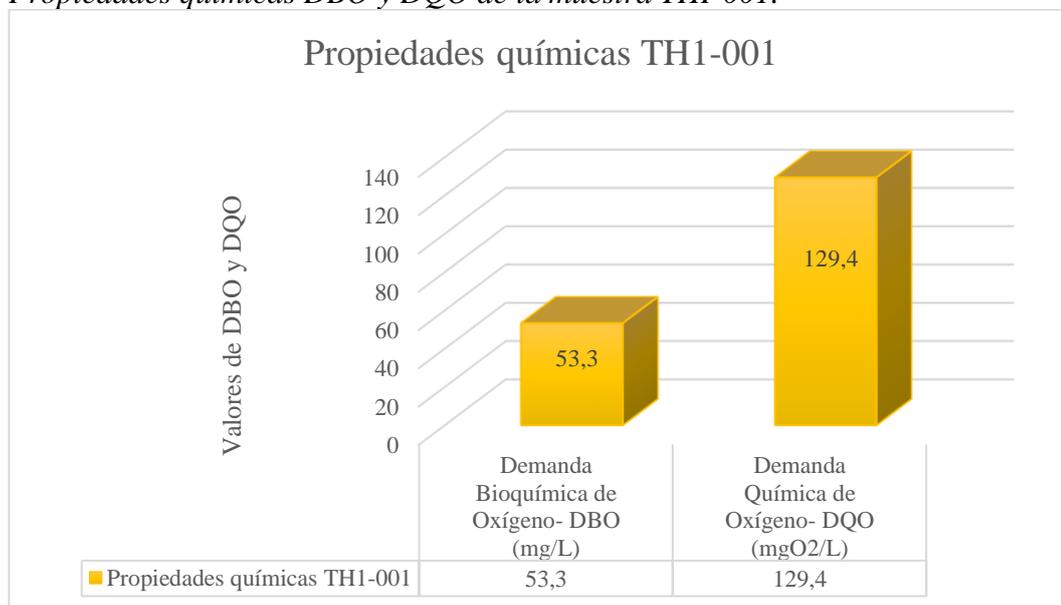
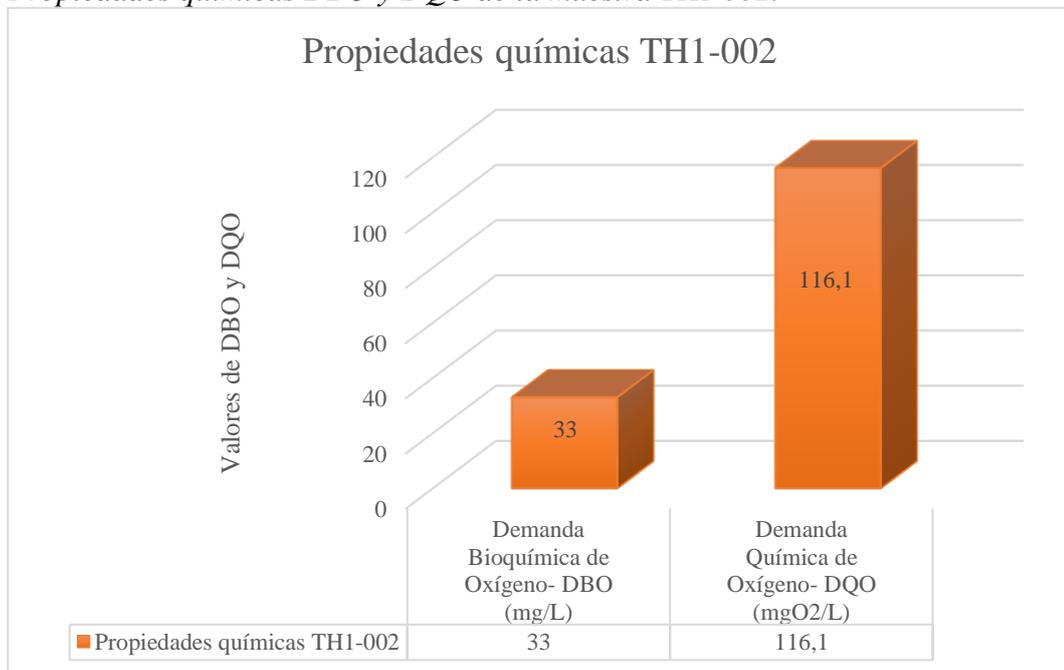
Figura 5*Propiedades químicas DBO y DQO de la muestra TH1-001.**Nota.* Elaboración propia, 2023.

Tabla 9*Resultados de la Muestra TH1-002.*

Estación de muestreo	Valor	
Identificación de la muestra- Cliente	TH1-002	
Fecha de muestreo	16/12/2022	
Hora de muestreo	15:30	
Categoría	Agua Residual Municipal	
	RESULTADO	Incertidumbre
Demanda Bioquímica de Oxígeno- DBO (mg/L)	33.0	± 4.0
Demanda Química de Oxígeno- DQO (mgO ₂ /L)	116.1	± 4.2

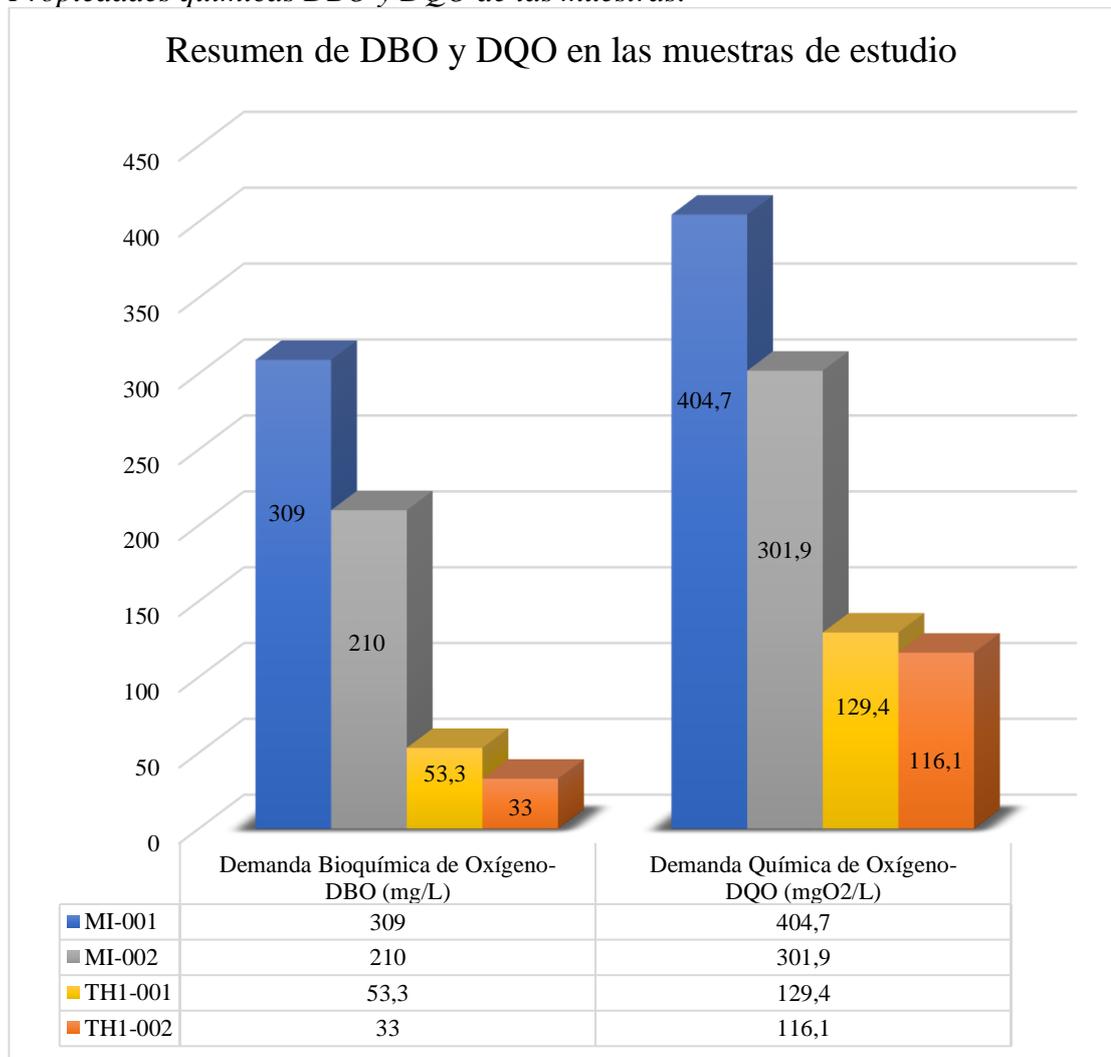
Nota. Elaboración propia.

Finalmente, la muestra TH1-002 evaluó sus propiedades químicas el día 16/12/2022 a las 15:30 hrs, obteniendo como resultados a una demanda bioquímica de oxígeno (DBO) de 33.0 mg/L, una demanda química de oxígeno (DQO) de 116.1 mgO₂/L.

Figura 6*Propiedades químicas DBO y DQO de la muestra TH1-002.**Nota.* Elaboración propia, 2023.

Finalmente, se elaboró una gráfica que proyecta el resumen de todos los valores de las propiedades químicas DBO y DQO de cada muestra de estudio tanto de la MI-001, MI-002, THI-001 y THI-002. Como se evidencia, se cuentan con los valores DBO de cada muestra, las cuales obtuvieron valores de 309 mg/L, 210 mg/L, 53.3 mg/L y 33 mg/L, y en su propiedad química de DQO alcanzaron valores de 404.7 mg/L, 301.9 mg/L, 129.4 mg/L y 116.1 mg/L respectivamente.

Figura 7
Propiedades químicas DBO y DQO de las muestras.



Nota. Elaboración propia, 2023.

Tabla 10*Control de calidad de las muestras evaluadas.*

Estación de muestreo	Unidad	Límite de cuantificación	Blanco del proceso	Diferencia porcentual relativa entre los duplicados del proceso	Porcentaje de recuperación del patrón de proceso	Porcentaje de recuperación de la muestra adicionada
		LC	MB	DUP %RPD	LCS %Recovery	MS %Recovery
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	2.6	< 2.6	6 – 9%	96% - 98%	
Demanda Química de Oxígeno	mgO2/L	4.5	< 4.5		99%	100% - 101%

Nota. Elaboración propia.

Para el control de calidad, se evaluó su límite de cuantificación (LC), blanco del proceso (MB), porcentaje de recuperación del patrón de proceso (LCS %Recovery), porcentaje de recuperación de la muestra adicionada (MS %Recovery), diferencia porcentual relativa entre los duplicados de la muestra adicionada (MSD %RPD), y la diferencia porcentual relativa entre los duplicados del proceso (Dup %RPD).

A continuación, se muestra en la siguiente tabla el control de calidad de las muestras evaluadas, específicamente en cuanto a su parámetro de DBO y DQO, determinando así su límite de cuantificación (LC) de 2.6 mg/L y 4.5 mgO₂/L respectivamente. Relacionado a la diferencia porcentual relativa entre los duplicados del proceso (DUP %RPD) de 6-9%, y porcentaje de recuperación del patrón del proceso (LCD %Recovery) de 96%-98% para DBO y DQO con un 99%, finalmente, un porcentaje de recuperación de muestra adicionada (MD %Recovery) con un valor de 100%-101% en DQO.

Comparación de parámetros con el D.S. N° 004-2017 MINAM

En este subtítulo se desarrollará el análisis de los resultados frente a las consideraciones o parámetros permisibles especificados en el D.S. N° 004-2017 MINAM, con la finalidad de constatar la hipótesis planteada.

Tabla 11

Propiedades del agua apto para categoría 3.

Propiedad		D1: Riego de vegetales	D2: Bebida de animales
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	mg/L	15	15
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mgO ₂ /L	40	40

Nota. Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM.

En la tabla 20, se puede visualizar una comparación de las consideraciones y parámetros de la categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales. En este caso, en cuanto a su demanda bioquímica de oxígeno DBO fue de 15 mg/L para agua reutilizada para riego de vegetales y bebida de animales, así como un DQO de 40 mgO₂/L para ambos.

Tabla 12

Comparación de propiedades de las muestras de estudio.

Parámetros comparativos	Potencial de Hidrógeno (pH)	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	Demanda Química de Oxígeno (DQO)
MI-001	7.57	309.0 mg/L	404.7 mgO ₂ /L
MI-002	7.64	210.0 mg/L	301.9 mgO ₂ /L
TH30-001	8.23	-	-
TH30-002	8.25	-	-
TH60-001	8.36	-	-
TH60-002	8.37	-	-
TH1-001	8.46	53.3 mg/L	129.4 mgO ₂ /L
TH1-002	8.47	33.0 mg/L	116.1 mgO ₂ /L

Nota. Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM.

Tabla 13

Comparación de propiedades de las muestras de estudio.

Parámetros comparativos	Ozono (solubilidad)	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	Demanda Química de Oxígeno (DQO)
MI-001	0.105	309	404.7
MI-002	0.115	210	301.9
TH1-001	0.120	53.3	129.4
TH1-002	0.130	33	116.1

De esta manera, se evaluaron las hipótesis anteriormente planteadas para su constatación, la cual deben ser rechazadas o aceptadas, en este caso, se acepta la hipótesis H0: El efecto del ozono sobre la concentración de la DBO y DQO de las aguas residuales en el Hospital Regional Docente de Cajamarca no permite el cumplimiento con lo establecido en el D.S. 004-2017-MINAM – categoría 3, al haber obtenido resultados desfavorables en todas las muestras y no cumplir con la normativa vigente.

Prueba de normalidad

La prueba de normalidad que se utiliza para determinar si los datos de una variable discreta siguen una distribución normal, se muestra a continuación.

Tabla 14

Prueba de normalidad con Kolmogorov- Smirnov y Shapiro-Wilk.

	Pruebas de normalidad					
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
OZONO	,155	4	.	,998	4	,995
DBO	,178	4	.	,994	4	,977
DQO	,282	4	.	,881	4	,342

a. Corrección de significación de Lilliefors

Nota. Elaboración propia.

Debido a mantener datos menores a 50 elementos, se evaluó con la prueba Shapiro-Wilk, encontrando que el valor Sig es mayor a 0.05; por lo tanto, existe normalidad entre los datos, por ello se trabajará con la prueba no paramétrica Pearson.

- **H1:** El efecto del ozono sobre la concentración de la DBO y DQO de las aguas residuales en el Hospital Regional Docente de Cajamarca,

2022 **permite** el cumplimiento con lo establecido en el D.S. 004-2017-MINAM – categoría 3.

- **H0:** El efecto del ozono sobre la concentración de la DBO y DQO de las aguas residuales en el Hospital Regional Docente de Cajamarca, 2022 **NO permite** el cumplimiento con lo establecido en el D.S. 004-2017-MINAM – categoría 3.

Tabla 15

Rho de Spearman

Correlaciones			
		OZONO	DBO
OZONO	Correlación de Pearson	1	-0.406
	Sig. (bilateral)		0.594
	N	4	4
DBO	Correlación de Pearson	-0.406	1
	Sig. (bilateral)	0.594	
	N	4	4

Nota. Elaboración propia.

Tabla 16

Rho de Spearman

Correlaciones			
		OZONO	DBO
OZONO	Correlación de Pearson	1	-0.926
	Sig. (bilateral)		0.074
	N	4	4
DQO	Correlación de Pearson	-0.926	1
	Sig. (bilateral)	0.074	
	N	4	4

Nota. Elaboración propia.

Las anteriores tablas demuestran que se obtiene un Sig. (bilateral) mayor a 0.05 de 0,594 y 0.074, para DBO y DQO, respectivamente; por lo tanto, se rechaza la hipótesis alternativa y se acepta la nula, encontrando que el efecto del ozono sobre la concentración de la DBO y DQO de las aguas residuales en el Hospital Regional Docente de Cajamarca, 2022 no permite el cumplimiento con lo establecido en el D.S. 004-2017-MINAM – categoría 3.

4.2. Discusiones

En la presente investigación se obtuvieron valores de los parámetros DBO y DQO del agua residual del Hospital Regional Docente de Cajamarca fue evaluado mediante cuatro muestras como la muestra MI-001 que obtuvieron valores de 309.0 mg/L y 404.7 mgO₂/L respectivamente, mientras que la muestra MI-002 alcanzó valores de 210.0 mg/L y 301.9 mgO₂/L. Mientras que, la muestra TH1-001 con un valor de 53.3 mg/L y 129.4 mgO₂/L para DBO y DQO respectivamente. Finalmente, para la muestra TH1-002 con un valor de 33.0 mg/L y 116.1 mgO₂/L respectivamente.

Finalmente, se concluyó que, los parámetros DBO y DQO del agua residual tratada y no tratada llegaron a obtener valores mayores a los parámetros o valores permitidos del D.S. 004-2017-MINAM categoría 3, en este caso valores de 15 mg/L y 40 mgO₂/L respectivamente, por lo que, se logró concluir que, en la dosificación adicionada de ozono no fue favorable.

Guevara (2020) en su investigación mostró concentraciones de aceites y grasas de 56.7 mg/L, de coliformes termotolerantes con un valor de 3500000 NMP/100mL, de demanda bioquímica de oxígeno de 390 mg/L, de demanda química de oxígeno

de 583.9 mg/L, de potencial de hidrógeno de 9.2 mg/L y 304 mg/L de sólidos suspendidos totales. Finalmente, se concluyó que, en gran parte de los parámetros físicos, químicos y biológicos superan los valores normativos permitidos en la D.S. 003-2010-MINAM.

Mientras que, en la investigación de Saavedra y Verde (2021) obtuvieron como resultados que las principales técnicas de tratamiento comprenden procesos físicos, químicos y biológicos para el tratamiento de los productos farmacéuticos característicos de estos centros hospitalarios, tales como ibuprofeno, paracetamol, sulfametazol, cefixiona, diclofenaco, entre otros. Por lo que, con las técnicas de oxidación avanzada y ozonificación obtuvieron una eficiencia del 90% al 100% y el uso de humedales como técnica de tratamiento de aguas obtuvo una eficiencia del 96%. Como conclusión, los autores indican que las diferentes técnicas se usan dependiendo del parámetro a eliminar o disminuir su concentración, dicho esto, en los casos de tratamiento para la eliminación de productos farmacéuticos, la técnica de oxidación avanzada y ozonificación es la más adecuada, mientras para la disminución de concentraciones de DBO5 y DQO es más eficiente usar la técnica de humedales construidos y procesos de oxidación.

Sin embargo, a nivel internacional, en la investigación se obtuvieron resultados que mostraron mediante la oxidación avanzada con el uso del ozono, en condiciones de operación donde el efluente presenta un DQO igual a 65%, se obtuvieron eficiencias de 43%, 65% y 44% para el parámetro DQO, asimismo, al intentar reducir la concentración de TDS se obtuvieron eficiencias de 7.6%, 5% y 4.9%. Finalmente, este artículo concluye que la reducción eficiente del Reducción eficiente del ozono

de DQO y TDS a una concentración de 100 mg / litro, el valor medio más bajo con DQO de 17,47 mg / litro y TDS 409,75 mg / litro.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- Los valores de los parámetros DBO y DQO del agua residual del Hospital Regional Docente de Cajamarca fue evaluado mediante cuatro muestras como la muestra MI-001 que obtuvieron valores de 309.0 mg/L y 404.7 mgO₂/L respectivamente, mientras que la muestra MI-002 alcanzó valores de 210.0 mg/L y 301.9 mgO₂/L. Mientras que, la muestra TH1-001 con un valor de 53.3 mg/L y 129.4 mgO₂/L para DBO y DQO respectivamente. Finalmente, para la muestra TH1-002 con un valor de 33.0 mg/L y 116.1 mgO₂/L respectivamente.
- Los parámetros DBO y DQO del agua residual tratada y no tratada llegaron a obtener valores mayores a los parámetros o valores permitidos del D.S. 004-2017-MINAM categoría 3, en este caso valores de 15 mg/L y 40 mgO₂/L respectivamente, por lo que, se logró concluir que, en la dosificación adicionada de ozono no fue favorable debido, que se obtiene un Sig. (bilateral) mayor a 0.05 de 0,594 y 0.074, para DBO y DQO, respectivamente.

5.2. Recomendaciones

- Se recomienda que estudiantes y docentes de las diversas universidades creen motivos de interés por la innovación de nuevos conocimientos relacionados al mejoramiento de los parámetros físicos y químicos de aguas residuales con fines de tratamiento para su reutilización. Asimismo,

se requiere que exista mayor interés de conocimiento sobre los efectos de ozono sobre la concentración de todos los parámetros físicos y químicos según el D.S. 004-2017-MINAM.

- Se sugiere proponer la búsqueda de otras alternativas de adición para el tratamiento de las aguas residuales. Asimismo, no solo se debe realizar el estudio de aguas residuales municipales dentro de la región, sino en otras ubicaciones a nivel nacional.

- Se recomienda realizar futuras investigaciones enfocadas a lograr una remoción buena y óptima de DBO y DQO, verificando tiempos de retención del tratamiento biológico con diversos materiales.

LISTA DE REFERENCIA

- Arbeláez, P. (2015). *Contaminantes emergentes en aguas residuales y de río y fangos de depuradora*. Tarragona: Universitat Rovira I Virgili.
- Beneza, S. (2021). *Eficiencia del sistema de vermifiltro en la depuración de contaminantes críticos de aguas residuales domésticas de la comunidad La Punta - Sapallanga*. Huancayo: Universidad Continental.
- Carreón, E. (2009). *Efecto del ozono en la formación de subproductos del proceso TPA+Cloro aplicado a agua residual*. México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Chávez, J. (2022). *Efecto del ozono sobre el componente orgánico del agua residual doméstica de los Baños del Inca, 2021*. Cajamarca: Universidad Privada Antonio Guillermo Urrelo.
- Chiva, S., Berlanga, G., Martínez, R., & Climent, J. (2017). *Procesos de oxidación avanzada en el ciclo integral del agua*. Valencia: Uninversitat Jaume I. doi:<http://dx.doi.org/10.6035/UJI.FACSA.2017.1>
- Dávila, J., & Cortés, C. (2017). *Obtención del biodiesel a partir de aceite de fritura*. Bogotá.
- Gutiérrez et al. (2002). Efecto de la aplicación de ozono sobre la biodegradabilidad de aguas de formación. *Multiciencias*, 2(1), 50-54.
- INCYTU. (2019). *Tratamiento de Aguas Residuales*. Incytu.

- Jaimés, J., & Vera, J. (2020). Los contaminantes emergentes de las aguas residuales de la industria farmacéutica y su tratamiento por medio de la ozonización. *Informador Técnico*, 84(2), 249-263.
doi:<https://doi.org/10.23850/22565035.2305>
- López, L., Bocanegra, J., & Malagón, D. (2015). Obtención de biodiesel por transesterificación de aceite de cocina usado. *Ing. Universidad Bogotá*, 19, 155-172.
- Maldonado, K. (2021). *Influencia del óxido de zirconio y la temperatura en la obtención de biodiesel a partir de aceite reciclado de pollería en Huancayo*. Huancayo. Obtenido de https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/7081/T010_72208840_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Martins, A., Ricardo, M., & Bolanos, M. (2018). Tratamiento de aguas residuales provenientes de industria de productos de limpieza y desinfectantes por ozonización convencional y catalítica. *Revista chilena de ingeniería*, 7(2), 223-235.
- Merma, A., & Vara, K. (2015). *Simulación de un proceso de desinfección eficiente de agua a potabilizar, mediante ozono, respetando el medio ambiente*. Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.
- Pedrerros, C., Valderrama, K., Agudelo, R., Pérez, K., & Enrique, C. (2021). Reducción de la concentración de DQO y COT en aguas residuales de la industria farmacéutica empleando ozono catalizado por Fe²⁺. Estudio de

caso a escala real. *Revista Mutis*, 56-63.
doi:<https://doi.org/10.21789/22561498.1707>

Quispe, K. (2021). *Obtención de biodiesel a partir de la mezcla de aceite doméstico residual y aceite de soya en la región del Cusco - 2020*. Lima.

Raffo, E., & Ruiz, E. (2014). Caracterización de las aguas residuales y la demanda bioquímica de oxígeno. *Revista de la facultad de ingeniería industrial*.

Rodriguez, T., Botelho, D., & Cleto, E. (2008). Tratamiento de efluentes industriales de naturaleza recalcitrante usando ozono, peróxido de hidrógeno y radiación ultravioleta. *Rev. Fac. Ing. Univ. Antioquía*(46), 24-38.

Saavedra, N., & Verde, L. (2021). *Evaluación de técnicas de tratamiento en aguas residuales de centros hospitalarios*. Trujillo. Obtenido de https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/74825/Saavedra_RNS-Verde_ML-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Véliz, E., Llanes, J., Fernández, L., & Bataller, M. (2010). Evaluación de la eficiencia de los procesos de coagulación-floculación y ozonización a escala de laboratorio en el tratamiento de aguas residuales municipales. *Revista CENIC Ciencias Químicas*, 41(1), 49-56.

ANEXOS

ANEXO 01. MATRIZ DE CONSISTENCIA

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variable	Dimensiones	Indicadores	Unidad	Instrumentos
¿Cuál es el efecto del ozono sobre la concentración del componente orgánico de las aguas residuales en el Hospital Regional Docente de Cajamarca, 2022?	Objetivo General	- H1: El efecto del ozono sobre la concentración de la DBO y DQO de las aguas residuales en el Hospital Regional Docente de Cajamarca, 2022 permite el cumplimiento con lo establecido en el D.S. 004-	V.I. Efecto del ozono	Concentración de ozono	Ozono	%	Ficha de observación
	Objetivos Específicos		V.D. Cumplimiento con la norma vigente	Parámetros químicos	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L	Fichas de laboratorio
	- Identificar los valores de los parámetros DBO y DQO del agua residual y agua modificada con ozono del Hospital Regional Docente de Cajamarca, 2022.				Demanda Química de	mg/L	

<p>- Comparar los valores de los parámetros DBO y DQO con el D.S. 004-2017-MINAM categoría 3 del agua residual tratada y no tratada previamente.</p>	<p>2017-MINAM – categoría 3. - H0: El efecto del ozono sobre la concentración de la DBO y DQO de las aguas residuales en el Hospital Regional Docente de Cajamarca, 2022 NO permite el cumplimiento con lo establecido en el D.S. 004-2017-MINAM – categoría 3.</p>	<p>Oxígeno (DQO)</p>
--	---	----------------------

ANEXO 02. FORMATOS DE LABORATORIO



LABORATORIO DE ENSAYOS INNODEVEL

INFORME DE ENSAYO N° IE161221150

REV. 00

DATOS DEL CLIENTE

Solicitante: Elder Noé Ramos Vásquez
RUC / DNI: 47622098
Dirección fiscal: Jr. Inca Yupanqui 230
Representante: Elder Noé Ramos Vásquez
Correo Electronico: elderrv@hotmail.com
Teléfono: 963 332 848

Proyecto: EFECTO DEL OZONO SOBRE EL COMPONENTE ORGÁNICO DE LAS AGUAS RESIDUALES EN EL HOSPITAL REGIONAL DOCENTE DE CAJAMARCA, 2022.

CONTROL DEL LABORATORIO

Fecha de recepción: 16/12/2022
Fecha de ejecución: 16/12/2022
Fecha de reporte: 21/12/2022
Cadena de custodia: ---

MUESTREO

Muestreo realizado por: Innodevel
N° de muestras: 8
Procedencia: Agua residual municipal - Cajamarca.

ESTACIÓN DE MUESTREO
MI-001
MI-002
TH30-001
TH30-002
TH60-001
TH60-002
TH1-001
TH1-002

Manuel A. Zelada Sangay
CIP: 374151
Encargado de laboratorio ambiental

Jefe del Laboratorio de Ensayos

RESULTADOS

IDENTIFICACIÓN CLIENTE			MI-001	MI-002		
IDENTIFICACIÓN LABORATORIO			16-1201	16-1202		
FECHA DE MUESTREO			16/12/2022	16/12/2022		
HORA DE MUESTREO			11:50	12:03		
MATRIZ			ARM	ARM		
PARÁMETRO	UNIDAD	LC	RESULTADO	DS	RESULTADO	DS
Potencial de hidrógeno	Unidad de pH	----	7.57	± 0.01	7.64	± 0.01
Turbidez	NTU	----	673.67	± 224.60	663.67	± 94.30

IDENTIFICACIÓN CLIENTE			TH30-001	TH30-002		
IDENTIFICACIÓN LABORATORIO			16-1203	16-1204		
FECHA DE MUESTREO			16/12/2022	16/12/2022		
HORA DE MUESTREO			12:49	12:55		
MATRIZ			ARM	ARM		
PARÁMETRO	UNIDAD	LC	RESULTADO	DS	RESULTADO	DS
Potencial de hidrógeno	Unidad de pH	----	8.23	± 0.03	8.25	± 0.01
Turbidez	NTU	----	386.50	± 2.12	384.00	± 7.07

IDENTIFICACIÓN CLIENTE			TH60-001	TH60-002		
IDENTIFICACIÓN LABORATORIO			16-1205	16-1206		
FECHA DE MUESTREO			16/12/2022	16/12/2022		
HORA DE MUESTREO			13:20	13:20		
MATRIZ			ARM	ARM		
PARÁMETRO	UNIDAD	LC	RESULTADO	DS	RESULTADO	DS
Potencial de hidrógeno	Unidad de pH	----	8.36	± 0.01	8.37	± 0.01
Turbidez	NTU	----	301.00	± 1.41	281.50	± 3.54

IDENTIFICACIÓN CLIENTE			TH1-001	TH1-002		
IDENTIFICACIÓN LABORATORIO			16-1207	16-1208		
FECHA DE MUESTREO			16/12/2022	17/12/2022		
HORA DE MUESTREO			15:00	15:30		
MATRIZ			ARM	ARM		
PARÁMETRO	UNIDAD	LC	RESULTADO	DS	RESULTADO	DS
Potencial de hidrógeno	Unidad de pH	----	8.46	± 0.01	8.47	± 0.01
Turbidez	NTU	----	166.00	± 11.31	156.50	± 2.12

REFERENCIA DE MÉTODOS DE ENSAYO

Referencia	Parámetro	Método de ensayo
4500 -H+ B. Electrometric Method. SM Ed. 23th.	pH	LE-ME-001
Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 23th Edition (2017). Method 2130 B.	Turbidez	LE-ME-002

OBSERVACIONES



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



**INFORME DE ENSAYO
MA2248754 Rev. 0**

INNODEVEL S.A.C

JR. LOS LEONES NRO. 464 URB. SANTA MERCEDE CAJAMARCA - CAJAMARCA - CAJAMARCA

ENV / LB-351824-002

PROCEDENCIA : FISCAL

Fecha de Recepción SGS : 18-12-2022

Fecha de Ejecución : Del 18-12-2022 al 25-12-2022

Muestreo Realizado Por : CLIENTE

Estación de Muestreo
MI-001
MI-002
TH1-001
TH1-002

Emitido por SGS del Perú S.A.C.

Impreso el 25/12/2022

Jade C. Huarcaya Soto

C.B.P. 8471

Jefe de Oficina

"Este informe de ensayo, al estar en el marco de la acreditación del INACAL-DA, se encuentra dentro del ámbito de reconocimiento multilateral/mutuo de los miembros firmantes de IAAC e ILAC"

Página 1 de 5



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



Registro N° LE - 002

**INFORME DE ENSAYO
MA2248754 Rev. 0**

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					MI-001	MI-002
FECHA DE MUESTREO					16/12/2022	16/12/2022
HORA DE MUESTREO					11:50:00	12:03:00
CATEGORIA					AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL
SUB CATEGORIA					AGUA RESIDUAL MUNICIPAL	AGUA RESIDUAL MUNICIPAL
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre	Resultado ± Incertidumbre
Análisis Generales						
Demanda Bioquímica de Oxígeno	EW APHA5210B CX	mg/L	1.0	2.6	309.0 ± 37.10	210.0 ± 25.20
Demanda Química de Oxígeno	EW APHA5220D CX	mgO ₂ /L	1.8	4.5	404.7 ± 9.70	301.9 ± 7.70

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					TH1-001	TH1-002
FECHA DE MUESTREO					16/12/2022	16/12/2022
HORA DE MUESTREO					15:00:00	15:30:00
CATEGORIA					AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL
SUB CATEGORIA					AGUA RESIDUAL MUNICIPAL	AGUA RESIDUAL MUNICIPAL
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre	Resultado ± Incertidumbre
Análisis Generales						
Demanda Bioquímica de Oxígeno	EW APHA5210B CX	mg/L	1.0	2.6	53.3 ± 6.40	33.0
Demanda Química de Oxígeno	EW APHA5220D CX	mgO ₂ /L	1.8	4.5	129.4 ± 4.40	116.1 ± 4.20



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



**INFORME DE ENSAYO
MA2248754 Rev. 0**

CONTROL DE CALIDAD

LC: Límite de cuantificación
MB: Blanco del proceso.
LCS %Recovery: Porcentaje de recuperación del patrón de proceso.
MS %Recovery: Porcentaje de recuperación de la muestra adicionada.
MSD %RPD: Diferencia Porcentual Relativa entre los duplicados de la muestra adicionada.
Dup %RPD: Diferencia Porcentual Relativa entre los duplicados del proceso.

Parámetro	Unidad	LC	MB	DUP %RPD	LCS %Recovery	MS %Recovery
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	2.6	<2.6	6 - 9%	96 - 98%	
Demanda Química de Oxígeno	mgO ₂ /L	4.5	<4.5		99%	100 - 101%



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



**INFORME DE ENSAYO
MA2248754 Rev. 0**

REFERENCIAS DE MÉTODOS DE ENSAYO

Referencia	Sede	Parámetro	Método de Ensayo
EW_APHA5210B_CX	Cajamarca	Demanda Bioquímica de Oxígeno	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B ;23rd Ed: 2017. Biochemical Oxygen Demand (BOD): 5-Day BOD test
EW_APHA5220D_CX	Cajamarca	Demanda Química de Oxígeno	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D; 23rd Ed: 2017. Chemical Oxygen Demand, Closed Reflux, Colorimetric Method



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



**INFORME DE ENSAYO
MA2248754 Rev. 0**

NOTAS

Notas:

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

Las muestras recibidas cumplen con las condiciones necesarias para la realización de los análisis solicitados.

"Este informe de ensayo, al estar en el marco de la acreditación del INACAL-DA, se encuentra dentro del ámbito de reconocimiento multilateral/mutuo de los miembros firmantes de IAAC e ILAC"

Este documento es emitido bajo las Condiciones Generales de Servicio de SGS del Perú S.A.C, las cuales se encuentran descritas en la página <http://www.sgs.pe/es-ES/Terms-and-Conditions.aspx>. Son especialmente importantes las disposiciones sobre limitación de responsabilidad, pago de indemnizaciones y jurisdicción definidas en dichas Condiciones Generales de Servicio, su alteración o su uso indebido constituye un delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones civiles y penales de la materia; queda prohibida la reproducción total o parcial, salvo autorización escrita de SGS del Perú S.A.C.

Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para la(s) muestra(s) ensayadas; no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. La compañía no es responsable del origen o fuente de la cual las muestras han sido tomadas y de la información proporcionada por el cliente.

Última Revisión Enero 2022

Página 5 de 5

DATOS DEL CLIENTE

Solicitante: Elder Noé Ramos Vásquez
RUC / DNI: 47622098
Dirección fiscal: Jr. Inca Yupanqui 230
Representante: Elder Noé Ramos Vásquez
Correo Electronico: elderrv@hotmail.com
Teléfono: 963 332 848

Proyecto: EFECTO DEL OZONO SOBRE EL COMPONENTE ORGÁNICO DE LAS AGUAS RESIDUALES EN EL HOSPITAL REGIONAL DOCENTE DE CAJAMARCA, 2022.

CONTROL DEL LABORATORIO

Fecha de recepción: 16/12/2022
Fecha de ejecución: 16/12/2022
Fecha de reporte: 21/12/2022
Cadena de custodia: ---

MUESTREO

Muestreo realizado por: Innodevel
N° de muestras: 8
Procedencia: Agua residual municipal - Cajamarca.

ESTACIÓN DE MUESTREO
MI-001
MI-002
TH30-001
TH30-002
TH60-001
TH60-002
TH1-001
TH1-002



Manuel A. Zelada Sangay
CIP: 274151
Encargado de laboratorio ambiental

Jefe del Laboratorio de Ensayos

RESULTADOS

IDENTIFICACIÓN CLIENTE			MI-001	MI-002		
IDENTIFICACIÓN LABORATORIO			16-1201	16-1202		
FECHA DE MUESTREO			16/12/2022	16/12/2022		
HORA DE MUESTREO			11:50	12:03		
MATRIZ			ARM	ARM		
PARÁMETRO	UNIDAD	LC	RESULTADO	DS	RESULTADO	DS
Potencial de hidrógeno	Unidad de pH	----	7.57	± 0.01	7.64	± 0.01
Turbidez	NTU	----	673.67	± 224.60	663.67	± 94.30

IDENTIFICACIÓN CLIENTE			TH30-001	TH30-002		
IDENTIFICACIÓN LABORATORIO			16-1203	16-1204		
FECHA DE MUESTREO			16/12/2022	16/12/2022		
HORA DE MUESTREO			12:49	12:55		
MATRIZ			ARM	ARM		
PARÁMETRO	UNIDAD	LC	RESULTADO	DS	RESULTADO	DS
Potencial de hidrógeno	Unidad de pH	----	8.23	± 0.03	8.25	± 0.01
Turbidez	NTU	----	386.50	± 2.12	384.00	± 7.07

IDENTIFICACIÓN CLIENTE			TH60-001	TH60-002		
IDENTIFICACIÓN LABORATORIO			16-1205	16-1206		
FECHA DE MUESTREO			16/12/2022	16/12/2022		
HORA DE MUESTREO			13:20	13:20		
MATRIZ			ARM	ARM		
PARÁMETRO	UNIDAD	LC	RESULTADO	DS	RESULTADO	DS
Potencial de hidrógeno	Unidad de pH	----	8.36	± 0.01	8.37	± 0.01
Turbidez	NTU	----	301.00	± 1.41	281.50	± 3.54

IDENTIFICACIÓN CLIENTE			TH1-001	TH1-002		
IDENTIFICACIÓN LABORATORIO			16-1207	16-1208		
FECHA DE MUESTREO			16/12/2022	17/12/2022		
HORA DE MUESTREO			15:00	15:30		
MATRIZ			ARM	ARM		
PARÁMETRO	UNIDAD	LC	RESULTADO	DS	RESULTADO	DS
Potencial de hidrógeno	Unidad de pH	----	8.46	± 0.01	8.47	± 0.01
Turbidez	NTU	----	166.00	± 11.31	156.50	± 2.12

REFERENCIA DE MÉTODOS DE ENSAYO

Referencia	Parámetro	Método de ensayo
4500 -H+ B. Electrometric Method. SM Ed. 23th.	pH	LE-ME-001
Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 23th Edition (2017). Method 2130 B.	Turbidez	LE-ME-002

OBSERVACIONES



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



**INFORME DE ENSAYO
MA2248754 Rev. 0**

INNODEVEL S.A.C

JR. LOS LEONES NRO. 464 URB. SANTA MERCED CAJAMARCA - CAJAMARCA - CAJAMARCA

ENV / LB-351824-002

PROCEDENCIA : FISCAL

Fecha de Recepción SGS : 18-12-2022

Fecha de Ejecución : Del 18-12-2022 al 25-12-2022

Muestreo Realizado Por : CLIENTE

Estación de Muestreo
MI-001
MI-002
TH1-001
TH1-002

Emitido por SGS del Perú S.A.C.

Impreso el 25/12/2022

Jade C. Huarcaya Soto
C.B.P. 8471
Jefe de Oficina

"Este informe de ensayo, al estar en el marco de la acreditación del INACAL-DA, se encuentra dentro del ámbito de reconocimiento multilateral/mutuo de los miembros firmantes de IAAC e ILAC"



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



Registro N° LE - 002

**INFORME DE ENSAYO
MA2248754 Rev. 0**

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					MI-001	MI-002
FECHA DE MUESTREO					16/12/2022	16/12/2022
HORA DE MUESTREO					11:50:00	12:03:00
CATEGORIA					AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL
SUB CATEGORIA					AGUA RESIDUAL MUNICIPAL	AGUA RESIDUAL MUNICIPAL
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre	Resultado ± Incertidumbre
Análisis Generales						
Demanda Bioquímica de Oxígeno	EW_APHA5210B_CX	mg/L	1.0	2.6	309.0 ± 37.10	210.0 ± 25.20
Demanda Química de Oxígeno	EW_APHA5220D_CX	mgO ₂ /L	1.8	4.5	404.7 ± 9.70	301.9 ± 7.70

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					TH1-001	TH1-002
FECHA DE MUESTREO					16/12/2022	16/12/2022
HORA DE MUESTREO					15:00:00	15:30:00
CATEGORIA					AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL
SUB CATEGORIA					AGUA RESIDUAL MUNICIPAL	AGUA RESIDUAL MUNICIPAL
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre	Resultado ± Incertidumbre
Análisis Generales						
Demanda Bioquímica de Oxígeno	EW_APHA5210B_CX	mg/L	1.0	2.6	53.3 ± 6.40	33.0
Demanda Química de Oxígeno	EW_APHA5220D_CX	mgO ₂ /L	1.8	4.5	129.4 ± 4.40	116.1 ± 4.20



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



**INFORME DE ENSAYO
MA2248754 Rev. 0**

CONTROL DE CALIDAD

LC: Límite de cuantificación
MB: Blanco del proceso.
LCS %Recovery: Porcentaje de recuperación del patrón de proceso.
MS %Recovery: Porcentaje de recuperación de la muestra adicionada.
MSD %RPD: Diferencia Porcentual Relativa entre los duplicados de la muestra adicionada.
Dup %RPD: Diferencia Porcentual Relativa entre los duplicados del proceso.

Parámetro	Unidad	LC	MB	DUP %RPD	LCS %Recovery	MS %Recovery
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	2.6	<2.6	6 - 9%	96 - 98%	
Demanda Química de Oxígeno	mgO ₂ /L	4.5	<4.5		99%	100 - 101%



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



**INFORME DE ENSAYO
MA2248754 Rev. 0**

REFERENCIAS DE MÉTODOS DE ENSAYO

Referencia	Sede	Parámetro	Método de Ensayo
EW_APHA5210B_CX	Cajamarca	Demanda Bioquímica de Oxígeno	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B ;23rd Ed: 2017. Biochemical Oxygen Demand (BOD): 5-Day BOD test
EW_APHA5220D_CX	Cajamarca	Demanda Química de Oxígeno	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D; 23rd Ed: 2017. Chemical Oxygen Demand, Closed Reflux, Colorimetric Method



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



**INFORME DE ENSAYO
MA2248754 Rev. 0**

NOTAS

Notas:

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

Las muestras recibidas cumplen con las condiciones necesarias para la realización de los análisis solicitados.

"Este informe de ensayo, al estar en el marco de la acreditación del INACAL-DA, se encuentra dentro del ámbito de reconocimiento multilateral/mutuo de los miembros firmantes de IAAC e ILAC"

Este documento es emitido bajo las Condiciones Generales de Servicio de SGS del Perú S.A.C, las cuales se encuentran descritas en la página <http://www.sgs.pe/es-ES/Terms-and-Conditions.aspx>. Son especialmente importantes las disposiciones sobre limitación de responsabilidad, pago de indemnizaciones y jurisdicción definidas en dichas Condiciones Generales de Servicio, su alteración o su uso indebido constituye un delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones civiles y penales de la materia; queda prohibida la reproducción total o parcial, salvo autorización escrita de SGS del Perú S.A.C.

Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para la(s) muestra(s) ensayadas; no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. La compañía no es responsable del origen o fuente de la cual las muestras han sido tomadas y de la información proporcionada por el cliente.

Última Revisión Enero 2022

Página 5 de 5