

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Ambiental

“DISMINUCIÓN DE DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO, DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO, CARBÓN ORGÁNICO TOTAL EN POZAS DE LIXIVIACIÓN APLICANDO MICROBURBUJEO DE AIRE EN EL RELLENO SANITARIO DE CAJAMARCA 2021”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero (a) Ambiental

Autores:

Nilson Esidio Díaz Pérez
Esli Rut Lozano Rodríguez

Asesor:

Mg. Julián Ricardo Díaz Ruiz

Cajamarca - Perú

2021



DEDICATORIA

Dedicamos este proyecto de investigación a nuestros padres, por brindarnos su apoyo incondicional por creer en nosotros porque siempre estuvieron en los momentos difíciles, gracias por darnos la oportunidad de estudiar una carrera universitaria para nuestro futuro, todo esto se lo debo a ustedes. A nuestros hermanos por estar siempre con nosotros.

A Dios por la oportunidad de estar con nosotros en cada decisión que tomamos y por haber puesto en nuestro camino a personas maravillosas que han sido nuestra compañía durante toda esta etapa universitaria.

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a Dios por brindarnos la fuerza necesaria para lograr nuestras metas.

Gracias a la universidad por haber permitido formarnos con éxito, gracias a todos los profesores que fueron partícipes de este proyecto.

A nuestros padres por el apoyo incondicional porque siempre estuvieron con nosotros en cada momento, por el día a día darnos fuerzas para seguir adelante con este propósito.

INDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO	3
INDICE DE CONTENIDO.....	4
ÍNDICE DE TABLAS	5
ÍNDICE DE FIGURAS	7
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	8
RESUMEN	9
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	11
1.1. Realidad problemática	11
1.2. Formulación del problema de investigación	13
1.3. Objetivos	13
1.4. Hipótesis	14
1.5. Antecedentes.....	15
1.6. Bases teóricas.	19
1.7. Importancia del estudio.....	31
CAPÍTULO II. MÉTODO	32
2.1. Tipo de investigación.....	32
2.2. Enfoque de investigación	32
2.3. Diseño de investigación	33
2.4. Población y muestra (Materiales, instrumentos y métodos)	33
2.5. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos	37
2.6. Procedimiento	39
CAPÍTULO III. RESULTADOS.....	42
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	55
REFERENCIAS.....	60
ANEXOS	65

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Materiales utilizados durante el proceso de recolección de la muestra del relleno sanitario.....	34
Tabla 2: Materiales utilizados en laboratorio.....	34
Tabla 3: Reactivos utilizados para la preservación de la muestra	35
Tabla 4: Método de ensayo usado por el laboratorio SGS	36
Tabla 5: Parámetros fisicoquímicos DBO ₅ , DQO Y COT.....	40
Tabla 6: Demanda bioquímica del oxígeno en pozas de lixiviados aplicando el método de microburbujeo de aire en el relleno sanitario	41
Tabla 7: Demanda química del oxígeno en pozas de lixiviados aplicando el método de microburbujeo de aire en el relleno sanitario.....	42
Tabla 8: Demanda química del Carbono Orgánico Total en pozas de lixiviados aplicando el método de microburbujeo de aire en el relleno sanitario.....	43
Tabla 9: Prueba de normalidad	45
Tabla 10: Concentración DBO ₅ , DQO y COT en pozas de lixiviación entre la cabeza y la estación 2 aplicando el método de microburbujeo de aire en el relleno sanitario...46	
Tabla 11: Concentración DBO ₅ , DQO y COT en pozas de lixiviación entre la cabeza y la estación 3 aplicando el método de microburbujeo de aire en el relleno sanitario...47	
Tabla 12: Concentración DBO ₅ , DQO y COT en pozas de lixiviación entre la cabeza y la estación 4 aplicando el método de microburbujeo de aire en el relleno sanitario...48	

Tabla 13: Concentración DBO₅, DQO y COT en pozas de lixiviación entre la cabeza y la estación 5 aplicando el método de microburbujeo de aire en el relleno sanitario...49

Tabla 14: Concentración de DBO₅ en pozas de lixiviación entre la cabeza y la estación 5 aplicando el método de microburbujeo de aire en el relleno sanitario.....50

Tabla 15: Concentración de DQO en pozas de lixiviación entre la cabeza y la estación 5 aplicando el método de microburbujeo de aire en el relleno sanitario.....51

Tabla 16: Concentración de COT en pozas de lixiviación entre la cabeza y la estación 5 aplicando el método de microburbujeo de aire en el relleno sanitario.....52

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Mapa de ubicación del Relleno Sanitario de Cajamarca.....	33
Figura 2: Resultados en gráfico de barras de los parámetros DBO ₅ , DQO y COT.....	41
Figura 3: Demanda Bioquímica de Oxígeno.....	43
Figura 4: Demanda Química de Oxígeno.....	44
Figura 5: Carbono Orgánico Total.....	45

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1: Prueba de normalidad de Shapiro Wilk.....	37
Ecuación 2: Prueba de U de Mann- Whitney.....	37

RESUMEN

En esta investigación sobre la Demanda Bioquímica de Oxígeno, Demanda Química de Oxígeno, Carbón Orgánico Total en pozas de lixiviación aplicando Microburbujeo de aire en el relleno sanitario de Cajamarca 2021, se tuvo como objetivo: Disminuir la concentración de DBO₅, DQO, COT en pozas de lixiviación aplicando el método de microburbujeo de aire en el relleno sanitario de Cajamarca 2021, para el cuál se utilizó el diseño Cuasi-Experimental del tipo pre y pos test. Asimismo, se obtuvieron muestras de la poza de lixiviación ubicada en el sector Palduro del Caserío San José de Canay, distrito de Jesús, en el kilómetro 13 de la carretera de Cajamarca. Los instrumentos de recolección de datos se desarrollaron en dos fases: fase de campo y fase experimental. Estos datos fueron sistematizados mediante el programa de Microsoft Excel y SPSS en el cual se calcularon los parámetros de DBO₅, DQO y COT. Y se optó por utilizar la prueba U de Mann-Whitney, donde se encontró como resultados que: La DBO₅, en la cabeza fue de 3050.0 mg/l y que disminuyó en la estación 2 con 1555.0 mg/l; estación 3 con 1092.5mg/l; estación 4 con 1010.0 mg/l y estación 5 con 1067.5 mg/l; sobre el DQO, en la cabeza fue de 9380.2 mg/l y que disminuyó en la estación 2 con 3182.6 mg/l ; estación 3 con 2680.1 mg/l ; estación 4 con 2512.6 mg/l y estación 5 con 2847.6 mg/l ; y sobre el COT, en la cabeza fue de 3234.5 mg/l y que disminuyó en la estación 2 con 994.6 mg/l ; estación 3 con 992.6 mg/l ; estación 4 con 966.4 mg/l ; y estación 5 con 918.6 mg/l. Sin embargo, según la prueba de hipótesis: No existe disminución significativa entre la cabeza y la estación 2; 3; 4 y 5 de DBO₅, DQO y CTO ya que se encontró una significancia de p= entre ,700 y 1,000 que son mayores al (>0,05).

Palabras claves. Demanda Bioquímica de Oxígeno, Demanda Química de Oxígeno, Carbono Orgánico Total, pozas de lixiviación, microburbujeo de aire.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

En los últimos tiempos se ha escuchado que el valor del agua es importante y el valor que se le da al agua ha aumentado de manera destacable. Se puede asegurar que las fuentes de abasto de agua para el consumo humano se hallan primordialmente en nuestros propios ríos, en lagos y en las aguas subterráneas. Según los diferentes estudios que se han realizado la proporción de agua en los diferentes ríos y en lagos representan un aproximado de 0.26 por ciento de toda el agua dulce que está disponible en el mundo (Araujo, 2021). De la misma forma, podemos asegurar que los ríos y los lagos no son únicamente fuentes de abasto de aguas, sino que además conforman una fuente fundamental de proteínas materializadas en la fauna ictiológica, alcanzando hasta el 25% del tamaño total en los diferentes territorios que se hallan en desarrollo. Las fuentes de agua que ya comentamos permanecen siendo contaminadas seriamente por las ocupaciones de los humanos, de la misma forma que las descargas agrícolas, sedimentos y químicos tóxicos (Guevara y Carrasco, 2001). Es en este sentido, se hace importante contar con técnicas como el DQO y COT, que han sido empleadas para determinar la contaminación de las aguas residuales de forma eficaz (Calvo et al., 2021). Las diferentes técnicas utilizadas como la de fotocatalisis heterogénea con TiO_2 y H_2O_2 , solo pueden ser posibles si las mediciones de los sedimentos al grado de los lixiviados se elaboran mediante la DQO y COT (Raul y Suazo, 2021). Sin embargo, la que actualmente ha demostrado buenos indicadores y cuyas aplicaciones en un contexto de recursos limitados es el método del microburbujeo (Calderón y Tarazona, 2021).

En donde en un estudio nacional los indicadores de DQO de 41 mg/L pasaron 24 mg/L con una eficacia del 41.46%, mientras que los índices de DBO₅ de 21mg/L pasaron a 10mg/L con una eficacia del 52.38%. Siendo también causante de que el porcentaje de residuos fecales se disminuyera un 99.9% (Atoche y Hilaquita, 2021). Los estudios de alcance internacional también replicados con variantes del mismo método, corroboran no solo la eficacia del método, sino su bajo costo de producción en la aplicación del mismo, por lo que es una alternativa viable en países con recursos limitados como el de Perú (Yang et al., 2012).

En nuestro contexto nacional, los grados de residuos sólidos se han visto incrementados por el incremento demográfico y un bajo nivel de conciencia ambiental (Choque, 2020). Un claro ejemplo es lo que sucede en el río Huancachupa en donde la descarga residual de la población perteneciente a los distritos de San Francisco de Cayran y Pilcomarca, han superado los límites máximos permisibles según estándares de calidad ambiental (Bueno, 2021). La normativa vigente permite, viabilizar métodos para la reducción de la contaminación de las aguas, suelos y aire (Novoa, y Bucaram, 2021) y es por esa razón que la búsqueda de métodos como el del microburbujeo en aire son indispensables para crear herramientas a futuro que disminuyan la contaminación.

En la ciudad de Cajamarca el creciente aumento de contaminantes en las zonas de riego y pozos acuíferos, retoma mayor importancia, siendo las principales causas encontradas la zonificación de los sectores industriales y de servicios públicos, como los vistos en el derrame de desechos orgánicos por los comerciantes de los mercados centrales (Rivera y López, 2009) La planta de tratamiento en la localidad de San Marcos,

corroboran los problemas estructurales al tratar de implementar diseños operativos en contra de la contaminación, que en algunos casos son avalados por la comunidad debido a su medio producción (Tafur, 2020). Si bien hay ejemplos de cultura ambiental, como el de Shumaya distrito de Huarango, en donde la preocupación de la contaminación de los ríos y suelos ha impulsado a la población a generar un proceso de tratamiento del estiércol para generar bioabonos (Racho y Alexander, 2020), su efecto en un macro sistema debe estar respaldado por métodos replicables a gran escala como lo es el del presente estudio para el tratamiento de lixiviados por el método del microburbujeo por aire.

1.2. Formulación del problema de investigación

Problema general:

¿Cuál es la demanda Bioquímica de Oxígeno, Demanda Química Oxígeno, Carbón Orgánico Total en pozas de lixiviación aplicando microburbujeo de aire en el relleno sanitario de Cajamarca, Cajamarca 2021?

1.3. Objetivos

Objetivo general:

Evaluar la Demanda Bioquímica de Oxígeno, Demanda Química de Oxígeno, Carbón Orgánico Total en pozas de lixiviación aplicando microburbujeo de aire en el relleno sanitario de Cajamarca 2021.

Objetivos específicos:

Evaluar la Demanda Bioquímica de Oxígeno en pozas de lixiviación aplicando el método de microburbujeo de aire en el relleno sanitario de Cajamarca 2021.

Evaluar la Demanda Química de Oxígeno en pozas de lixiviación aplicando el método de microburbujeo de aire en el relleno sanitario de Cajamarca 2021.

Evaluar la concentración de Carbón Orgánico Total en pozas de lixiviación aplicando el método de microburbujeo de aire en el relleno sanitario de Cajamarca 2021.

1.4. Hipótesis

Hipótesis general:

Ha: Existe disminución significativa en la Demanda Bioquímica de Oxígeno, Demanda Química de Oxígeno, Carbón Orgánico Total en pozas de lixiviación aplicando microburbujeo de aire en el relleno sanitario de Cajamarca 2021.

Hipótesis específicas:

Ha1: Existe disminución significativa en la Demanda Bioquímica de Oxígeno en pozas de lixiviación aplicando el método de microburbujeo de aire en el relleno sanitario de Cajamarca 2021.

Ha2: Existe disminución significativa en la Demanda Química de Oxígeno en pozas de lixiviación aplicando el método de microburbujeo de aire en el relleno sanitario de Cajamarca 2021.

Ha3: Existe disminución significativa en la concentración de Carbón Orgánico Total en pozas de lixiviación aplicando el método de microburbujeo de aire en el relleno sanitario de Cajamarca 2021.

1.5. Antecedentes

1.7.1 Antecedentes Internacional

Calderón y Tarazona (2021) en su trabajo sobre el análisis y evaluación de la incidencia de las microburbujas en el tratamiento de agua, a través del desarrollo y estudio de un sistema de operación continua para tratamiento primario de aguas residuales. Tuvo como objetivo: Analizar la incidencia de la generación de micro burbujas a través de la implementación de un sistema de funcionamiento continuo para el tratamiento primario de aguas residuales contaminadas con sedimentos comunes donde se evidencie si hay, o no, beneficios en el uso de las micro burbujas y su impacto en el tratamiento de estas aguas. en donde entre otras cosas concluyó que las pruebas (ensayos) que se realizaron con el prototipo del sistema de tratamiento primario de aguas residuales y emplearon tres tipos materiales diferentes, ayudó y posibilitó evidenciar que la aplicación de micro burbujas permite mejorar la eliminación de sólidos presentes en el agua y, por consiguiente, ayuda a la obtención de mejores características físicas del agua efluente del sistema como son coloración y turbidez.

Zuluaga (2019) en su trabajo sobre la evaluación del tratamiento de lixiviados de rellenos sanitarios mediante cavitación hidrodinámica en donde se

tuvo el objetivo de realizar una evaluación de los lixiviados provenientes de estos rellenos sanitarios y su tratamiento mediante cavitación hidrodinámica. Las muestras fueron tomadas de forma puntual siendo estas de 280 litros en recipientes de 20 y 40 litros cada uno, la primera muestra fue de 5 l/s; el segundo muestreo fue en el mismo relleno, la tercera muestra se realizó en el relleno sanitario “Eucaliptos” ubicado en el municipio de Aguadas; luego las muestras fueron transportadas a la planta de Bioprocesos almacenándolas a 4°C para su posterior análisis. Concluyendo, que el tratamiento de los lixiviados de rellenos sanitarios mediante el proceso de cavitación hidrodinámica logra establecer un parámetro óptimo de operación, además, se encontró que el mejor tiempo de cavitación fue de 30 min logrando tener un % remoción de DQO del 53,20% y el mejor resultado de concentración óptima de oxidante (H_2O_2) fue a 200 ppm obteniendo un porcentaje de remoción de DBO_5 del 51,55%. Así mismo, se encontró la mejor forma de tratar estos lixiviados mediante el uso del proceso de cavitación hidrodinámica.

1.7.2 Antecedentes nacionales

Espinoza (2017) en su tesis: “Disminución de la DBO_5 , DQO y STD del agua residual doméstica de Santiago de Chuco empleando un biofiltro de piedra pómez”, tuvo como objetivo determinar un valor promedio del agua residual de Santiago de Chuco para el parámetro de demanda bioquímica de oxígeno en un 35.52 mg/L; así mismo para el parámetro de demanda química de oxígeno (DQO), el valor promedio fue 85.83 mg/L-; y finalmente en el parámetro de

sólidos totales disueltos (STD), se halló un 64.99 mg/L; todos estos valores fueron calculados a partir de las tres muestras que fueron tomadas desde el mes de octubre a noviembre del 2016.

Gonzales (2018) en su investigación: micro burbujas de aire para el tratamiento del agua residual industrial de la refinería la pampilla 2018. tuvo como objetivo evaluar la eficiencia de las micro burbujas de aire para el tratamiento del agua residual industrial de La Refinería La Pampilla 2018. y tuvo una muestra de agua de 47 litros proveniente de la PTAR, y el cual se dividió en tres unidades experimentales con tres repeticiones donde los tratamientos fueron las micro burbujas de aire en tres tiempos distintos de 20 (veinte), 40 (cuarenta) y 60 (sesenta) minutos de contacto. En donde encontró que se logró reducir de manera significativa la concentración de sólidos disueltos totales en un 79.61%(de 412 ppm a 84 ppm), de la conductividad eléctrica en un 77.34%(de 728 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 165 $\mu\text{S}/\text{cm}$), el potencial de hidrógeno en un 12.23%(de 9.24 a 8.11), la demanda biológica de oxígeno en un 90.91%(de 132 mg/L a 12 mg/L) y por sobre la demanda química de oxígeno en un 93.98%(de 382 mg/L a 23 mg/L), lo que lo llevo a concluir que a menor diámetro de la burbuja, se produce una mayor cantidad de colapso con una presión interna mayor.

Astonitas (2018) en su trabajo de investigación tuvo como objetivo proponer un sistema de tratamiento de aguas residual en la empresa para disminuir el impacto ambiental. para el cual realizó un análisis físico –químico

del efluente, donde se encontró que la DQO, la DBO₅ y los SST exceden los límites permitidos del máximo permitido con 4 300, 4 380, 2 910 mg/l respectivamente. Luego, se identificó el tratamiento adecuado para las aguas residuales, a través del uso de factores ponderados, teniendo en cuenta: la remoción, la viabilidad económica, área requerida, consumo de energía y otros. Una vez realizado el tratamiento, se determinó que el tratamiento de coagulación-floculación es el más eficiente de acuerdo a la confrontación y calificación de los factores ya que se obtuvo un resultado final de 52.4 mg/l en DBO₅, 64.5 mg/l en DQO, 42.05 mg/l en SST y 4.32 mg/l en sólidos sedimentables, lo que logró permitir que el agua sea reutilizable en el proceso de lavado.

1.7.3 Antecedentes locales

Pajares (2018) en su trabajo de investigación sobre “evaluación de la influencia del caudal sobre la reducción de SST y DBO₅ mediante el diseño de planta de sedimentación de sólidos de aguas residuales, Cajamarca 2018”. El objetivo de este estudio fue aportar con un medio adicional y sostenible para el tratamiento de aguas residuales, para el cual el diseñó un sistema donde tuvo como variable el caudal y obtuvo como resultado la reducción de los valores por debajo de los límites máximos permisibles (LMP), por lo que concluyó que su sistema diseñado e implementado es aceptable.

Gallardo (2018) en su trabajo sobre: “Velocidad de tratamiento de la fracción orgánica de los lixiviados en la infraestructura de tratamiento y

disposición final de residuos sólidos en Cajamarca 2019. tuvo como objetivo evaluar si el tratamiento es efectivo en la fracción orgánica de los lixiviados en la infraestructura de tratamiento y en la disposición final de los residuos sólidos en Cajamarca, donde uso una metodología del tipo descriptiva, pues se recolectaron datos del DBO₅, la DQO y el pH, los cuales se midió con mucha precisión, Para este estudio las muestras se recogieron en tres pozas de lixiviados, y en siete oportunidades diferentes, desde enero y febrero del 2019. Luego de cada muestreo se caracterizó el lixiviado y se estudió la variación en la composición de los lixiviados de esto se obtuvo que: existe una carga tóxica muy elevada de los parámetros DBO₅ con un exceso de más de 3000% a lo normado en el D.S. N°012 – MINAM, las 3 pozas y en todas las fechas de muestreo. Para la dimensión del DQO, también se determinó una carga tóxica muy elevada, para este parámetro, con un exceso de más de 920% del LMP de la normativa vigente D.S. N°012 – MINAM – 2009, en las 3 pozas. y para la dimensión del PH se obtuvo niveles que se encontraba dentro del parámetro y datos que se encontraban fuera del parámetro según la norma referida. Esto llevo a concluir que la efectividad del tratamiento de la fracción orgánica de los lixiviados en la infraestructura de tratamiento y disposición final de residuos sólidos de Cajamarca no es eficiente.

1.6. Bases teóricas.

Para el marco conceptual de la investigación, se discurren las siguientes definiciones, tales como: DBO₅, DQO y COT que entre los análisis más comunes para

hallar la calidad de agua tenemos a la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5), la Demanda Química de Oxígeno (DQO) y al Carbono Orgánico Total (COT), nos permiten también conocer el sistema de tratamiento de agua al que debe someterse el líquido vital antes de su destino y uso. Para poder estudiar los procesos de contaminación se debe conocer primero los fenómenos de difusión y decaimiento de los contaminantes. El método de modelación es una de las herramientas más útiles para simular el comportamiento de todos estos fenómenos. La decisión de la demanda bioquímica de oxígeno, es una de las pruebas más relevantes para conocer la función de contaminación de los cuerpos receptores, contaminante de las aguas negras y los desperdicios industriales. La demanda bioquímica de oxígeno o más conocido como DBO_5 nos llega a indicar la cantidad de agua clara de dilución necesaria, para obtener una mejor evacuación satisfactoria de aguas negras por dilución. Según Ángel (1994), para poder determinar la prueba de demanda bioquímica de oxígeno, debemos usar los requerimientos relativos de oxígeno en el agua contaminada. No obstante, existe la limitante, que desde el laboratorio no pueden reproducirse las condiciones físicas, químicas y de flujo biológico de la demanda bioquímica de oxígeno, la cual llega a tener un amplio rango de aplicaciones, sin embargo, posee una serie de limitantes que nombraremos a continuación:

- a) El ensayo no tiene ninguna validez estequiometría una vez que la materia orgánica soluble. Presente en la solución haya sido utilizada
- b) En el lapso de 5 días puede llegar o no a corresponder al punto en el cual la materia orgánica soluble.

- c) Reducir las consecuencias de los organismos nitrificantes.
- d) También se tiene la necesidad de un periodo prolongado para obtener los resultados de la prueba.
- e) La necesidad de disponer de una alta concentración de bacterias activas y aclimatadas que se utilicen como inóculo.
- f) La necesidad de realizar un pretratamiento de la muestra cuando haya residuos tóxicos en ella.

La demanda bioquímica de oxígeno se llega a determinar por los métodos estándares para el análisis de aguas y aguas residuales de la (Gil, 1998). Flores et al., (2008) refiere que las muestras diluidas al 5% y 25% y sin diluir fueron incubadas a 200 °C en oscuridad durante 5 días.

La decisión de la demanda bioquímica de oxígeno, es una de las pruebas empíricas en la que más se llegan a usar procedimientos estandarizados de un laboratorio, para establecer requerimientos de oxígeno de las aguas residuales. La demanda bioquímica de oxígeno, se crea regularmente en el agua, por la materia orgánica disuelta y coloidal. La materia orgánica, y el oxígeno usado para oxidar materia orgánica como los sulfuros y el ion ferroso. Hay distintas variaciones de la decisión de la DBO. Entre ellos la medición de periodos de incubación mis cortos y más largos.

Además, es apropiado nombrar, que la prueba de la Demanda Bioquímica de Oxígeno o DBO_5 puede medir el oxígeno usado para oxidar las maneras reducidas de nitrógeno, a menos que se evite con la utilización de un inhibidor químico (Alcarraz, et al., 2010).

La demanda bioquímica de oxígeno, se logra definir como la cantidad de oxígeno usado por los microorganismos no fotosintéticos a una temperatura de 20°C, para metabolizar los compuestos orgánicos degradables biológicamente, refiere Osorio et al., (2002).

El parámetro de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅), generalmente se usa para poder determinar la contaminación biológica del agua, midiendo los requerimientos de oxígeno demandados por una población de microorganismos, tanto en agua tratada como contaminada. Ángel (1994) refiere que además se usa para decidir la eficiencia de un proceso de procedimiento de aguas y para dimensionar las instalaciones para el tratamiento de las mismas. No obstante, las limitantes encontradas a este parámetro, han originado estudios dirigidos a la indagación de un procedimiento más a gusto, más preciso, y más que nada más veloz, para utilizarse como parámetro indicador de contaminación en el agua.

En los estudios durante los primeros dos a tres días, los microorganismos rápidamente metabolizan los compuestos orgánicos disponibles y viables de degradar biológicamente. Tales cinéticas serán obtenidas siempre que las condiciones medioambientales apropiadas para el ensayo estén aseguradas, tales como:

- pH neutro
- Presencia de un inóculo lo suficientemente aclimatado

- Presencia de una cantidad adecuada de nutrientes minerales necesarios para el crecimiento microbiano (de particular importancia son N, P, Ca, Mg, Fe, S).
- Incubación en la oscuridad

La literatura también hace mención y muestra el gran interés de diversos investigadores por determinar la demanda bioquímica de oxígeno de manera rápida, y así eliminar muchas de sus limitantes.

La demanda bioquímica de oxígeno, se llega a producir normalmente en el agua, por la materia orgánica disuelta y coloidal. La determinación de la demanda bioquímica de oxígeno, generalmente llega a ser una prueba empírica en la que se utilizan métodos estandarizados de laboratorio, para determinar requerimientos relativos de oxígeno de las aguas residuales, efluentes tratados y aguas con laminadas.

También debemos mencionar, que la prueba de la demanda bioquímica de oxígeno puede medir el oxígeno utilizado para oxidar las formas reducidas de nitrógeno, a menos que se logre evitar con el uso de un inhibidor químico. Esta oxidación, se estima una interferencia de la demanda bioquímica de oxígeno pues la decisión del requerimiento de nitrógeno no es de utilidad para evaluar las necesidades de oxígeno asociado con la materia orgánica; aun cuando actualmente, con las novedosas regulaciones sobre descargas con nutrientes, se podría reconsiderar su utilidad.

Al incrementarse la temperatura se consigue precipitar los procesos bacteriológicos y la tasa de implementación del oxígeno. Por lo que, la tasa de rapidez

de la actitud biológica, está en funcionalidad de la temperatura. En su mayoría se establece la Demanda Bioquímica de Oxígeno de una muestra de agua residual a 20 no obstante, se puede establecer la constante de rapidez de actitud (K) a una temperatura distinta de 20°C, y para eso se usa una ecuación aproximada, derivada de la interacción de Van't Hoff- Arrhenius. La funcionalidad es la siguiente: ($K_t = K_{20} 6^{\circ C T^{\circ} - 20}$) Donde K_p y K_{20} son constantes de rapidez de actitud a la temperatura T° (°C) y T_2 respectivamente, K_j y T° son la corrección por temperatura. El costo de O (Coeficiente de temperatura) cambia de la siguiente forma: $\Theta = 1.056$ para temperaturas entre 20 y 30 $^{\circ}C$, $\Theta = 1.135$ para temperaturas entre 4 y 2011.

Antes de iniciar el proceso de la inoculación del agua de dilución, debemos tener especial cuidado en ajustar el pH del agua residual al rango de 6.5 a 7.5 para obtener valores confiables de la DBO_5 .

Para Osorio et al., (2002), la Demanda Química de Oxígeno (DQO), es la cantidad de oxígeno requerida para oxidar completamente por medios químicos que son los compuestos orgánicos a CO_2 , H_2O_2 y para la práctica, la materia orgánica en agua es oxidada por $K_2Cr_2O_7$ bajo condiciones estrictas (en medio de ácido sulfúrico concentrado, y a una temperatura de 160 °C). La cantidad de oxígeno del dicromato usado, generalmente es determinada y expresada como Demanda Química de Oxígeno. En aquellos casos que la fórmula de los compuestos es conocida, la Demanda Química de Oxígeno puede ser derivada de la estequiometría.

A continuación, daremos a conocer un ejemplo claro referente a este tema: se tiene que 1 g de carbohidrato ó 1 g de proteína que corresponde 1 g de CO_2 . De esto,

debemos destacar que la Demanda Química de Oxígeno no incluye el oxígeno que convierte el nitrógeno reducido a nitrato. En cuanto al sulfuro reducido ($R-SH$ S_2), Se observa que este es oxidado a sulfuro por los agentes químicos y por consiguiente se incluye en el valor de la Demanda Química de Oxígeno. Una muy importante ventaja de este método es que cuantifica tanto la materia orgánica disuelta como la partícula. Por eso, considerando el hecho que el tratamiento de aguas residuales tiene que ver con la separación de ambos tipos de materia orgánica, la medida de la Demanda Química de Oxígeno es ampliamente usada como un parámetro cuantitativo. Flores et al., (2008) dice que para hallar la demanda química de oxígeno generalmente se sacan muestras de los efluentes decepcionados y tratados. Para estos casos se usa el método de Winkler (1980) de la Standard Methods.

Según Eyherabide et al., el carbono orgánico total (COT) del suelo mayormente por su efecto benéfico sobre las propiedades químicas, físicas y biológicas, es considerado como uno de los principales indicadores de calidad de suelo, por lo que es necesario determinarlo con suficiente exactitud para evitar contradicciones en los estudios que se va a realizar.

El carbono orgánico total del suelo es un componente importante del ciclo global del carbono, ocupando un 69,8 % del carbono orgánico de la biosfera (FAO, 2001). Para Lal et al., (1990) generalmente el suelo puede actuar como fuente o reservorio de Carbono dependiendo de su uso y manejo. Se estima que desde que se incorporan nuevos suelos al ambiente hasta establecer sistemas intensivos de cultivo se producen pérdidas de COS que fluctúan entre 30 y 50% del nivel inicial, según Reicosky (2002). Existen

prácticas agronómicas que favorecen la captura de carbono orgánico total en el suelo. El carbono orgánico total del suelo, afecta la mayoría de las propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo vinculado con su:

1) calidad

2) sustentabilidad

3) capacidad productiva, por lo que generalmente en un manejo sustentable, el carbono orgánico total debe mantenerse o aumentarse. Sin embargo, se debe establecer una clara relación de dependencia entre el COS y la productividad del suelo es complejo. Pese a la existencia de literatura abundante que documenta los efectos del COS sobre las propiedades del suelo que favorecen el desarrollo de los cultivos, existe poca información sobre la contribución directa de un aumento de carbono orgánico total en la productividad del suelo.

La demanda bioquímica de oxígeno es uno de los indicadores más importantes en la medición de la contaminación en aguas residuales, como también en el control del agua potable

Entre otras aplicaciones para la DBO₅, se mencionan:

- Medición de la calidad en las aguas superficiales y aguas residuales.
- Evaluación de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales o PTAR.
- Diseño de unidades de tratamiento biológicos.
- Establecimiento de Límites Máximos Permisibles (LMP).

1.8.1 Uso de la demanda química de oxígeno y su relación con el medio ambiente

El gran crecimiento de la población en general y el gran desarrollo industrial que se ha observado en los últimos años ha logrado generar un notable incremento en la generación de residuos, tanto domésticos, industriales y especiales, como son los tóxicos o peligrosos. Dentro del amplio espectro de generadores de residuos tóxicos, un capítulo particular lo constituyen los laboratorios de análisis químicos que, como consecuencia de su actividad, generan diferentes residuos, en la mayoría de los casos peligrosos. Los residuos de laboratorio presentan como características gran diversidad, alta peligrosidad y escaso volumen, lo que hace que su gestión presente una problemática distinta a la de los residuos de origen industrial, caracterizados por su gran volumen y su poca diversidad. Por eso, a este tipo de residuos se los designa como Residuos Tóxicos en Pequeña Cantidad (RTPC).

Aunque el volumen de los residuos de laboratorio es generalmente reducido en relación a los provenientes del sector industrial, su gestión es igualmente importante y no menos compleja. Todos requieren la elaboración de un plan que abarque aspectos tales como, recolección, identificación, tratamiento, ya sea intra o extra laboratorio, de manera de disminuir su peligrosidad y facilitar su disposición final. Dentro de este marco, uno de los residuos más peligrosos que generan los laboratorios de análisis químicos es el proveniente de la Demanda Química de Oxígeno (DQO). Esta determinación analítica, ampliamente utilizada para determinar el contenido de materia orgánica en aguas y aguas residuales, requiere el uso de reactivos tales como dicromato de potasio, ácido sulfúrico,

sulfato de plata y sulfato mercuríco con lo cual se genera un líquido residual altamente tóxico, tanto por su elevado contenido en metales pesados: cromo, mercurio y plata, como por su bajo pH.

1.8.2 Uso de carbono orgánico total y su relación con el medio ambiente

Según Lal (2004), los depósitos de carbono orgánico total en el suelo y su dinámica se encuentran estrechamente relacionados con la fauna edáfica de la zona de estudio, la cual es considerada un factor de gran influencia en las propiedades físicas y biológicas del suelo, especialmente en lo relacionado con la estructura, porosidad, aireación, infiltración, drenaje, de nutrientes y flujo de materia orgánica. Se debe resaltar el alto potencial de almacenamiento de carbono orgánico total encontrado en los suelos de las zonas de estudio. según Feldpausch et al. (2004) se convierte en una consideración importante para el manejo futuro de créditos de carbono. Además, los diferentes mercados se están extendiendo globalmente y los mecanismos de desarrollo limpio del protocolo de Kyoto ofrecen una oportunidad económica atractiva para la subsistencia de agricultores de países en vía de desarrollo, quienes podrían obtener recursos económicos por medio de la venta a países industrializados del carbono secuestrado en sus agroecosistemas según refiere Nair et al. (2009); evidenciando que la disminución de emisiones de gases de efecto invernadero a partir del almacenamiento de carbono, además de ser un servicio ecosistémico se convierte en una alternativa económica que se puede potenciar a través de las evaluaciones del carbono orgánico del suelo en paisajes rurales neotropicales.

Al respecto Lal (2004) afirma que una de las estrategias viables para disminuir las concentraciones de CO₂ en la atmósfera, es el incremento de la densidad del carbono orgánico del suelo, mejorando la distribución en profundidad y encapsulándolo dentro de los micro-agregados, de manera que el C esté protegido de los procesos microbiales y se vuelva recalcitrante; lo que según Feldpausch et al. (2004) se convierte en una consideración importante para el manejo futuro de créditos de carbono.

Por lo tanto, se recomienda a las instituciones encargadas del diseño de políticas relacionadas con el calentamiento global y el cambio climático, asignar mayor importancia a la captura de carbono en el suelo y promover su inclusión en los mercados internacionales de carbono.

Se propone para los diferentes países la elaboración de la línea base nacional de almacenamiento de carbono y nitrógeno en el suelo, con la que ya cuentan otros países y les ha permitido la construcción y validación de modelos, permitiendo así realizar predicciones a futuro y simular escenarios de lo que podría ocurrir con la captura de estos elementos según las características climáticas, fisiográficas y de usos y coberturas vegetales del terreno de un determinado territorio.

Según Actini (2017), para hacerlo más simple las burbujas son espacios de gas en un cuerpo de agua, que se encuentran en suspensión, estas burbujas pueden contener diferentes tipos de gases.

Ahora bien, desde el punto de vista mecánico, las burbujas son un flujo gaseoso que se introduce en un líquido a un determinado gasto de inyección de aire, según refiere Ortiz (2009) el cual se forma influenciado por diferentes factores, como son la viscosidad del líquido, la superficie de contacto, la velocidad de inyección de gas, la gravedad, la tensión superficial, capilaridad entre otros.

Métodos y formación de las microburbujas

Las micro burbujas se llegan a producir mejor en superficies hidrófobas. Existen diferentes métodos para poder efectuar contacto del aire con el agua, los más utilizados son los difusores porosos sumergidos en el cuerpo de agua. La formación de la burbuja en un medio acuoso, depende del volumen de la burbuja que crece a medida que se le inyecta gas en su interior para luego producirse un despegue de la fuente generadora, según nos refiere Ortiz (2009). También está involucrado las fuerzas capilares que mantienen a la burbuja unida a la fuente de generación de burbujas o zona de inyección de gas, si el volumen crítico que son las fuerzas de flotación y de inercia supera las fuerzas capilares, las burbujas saldrán expelidas.

En el método de microburbujeo de aire se tiene una relación entre el tamaño del orificio por donde sale el gas y el tamaño de la burbuja. Una vez liberada la burbuja de su fuente generadora este se mantiene en su estructura, gracias a la presión exterior respecto a la burbuja y la presión interior siendo la presión interior mayor que la presión exterior, gracias a la ley de Laplace.

1.7. Importancia del estudio

Actualmente contamos con muchos artículos y bibliografías que hacen referencia al trabajo de investigación desarrollado, que además presenta de forma detallada la influencia del método de micro burbujeo de aire y su efecto en la disminución de la concentración de DBO_5 , DQO, COT en pozas viejas de lixiviación. Lo que en forma práctica se podrá aplicar las teorías para poder solucionar los problemas de contaminación en los rellenos sanitarios de Cajamarca 2021. Asimismo, los datos no podrán ser inferenciales ni generalizables a la población, más sólo si a la muestra de estudio.

CAPÍTULO II. MÉTODO

2.1. Tipo de investigación

La presente investigación es de tipo aplicada, se caracteriza por su interés en la aplicación de los conocimientos teóricos a determinada situación concreta y las consecuencias prácticas que de ella se deriven. Y en nuestra investigación se fundamenta en cómo fueron realizados estos trabajos de la aplicación de las micro burbujas mediante difusores en los lixiviados que se encontraron en los rellenos sanitarios, este tendrá que mejorar su calidad en los parámetros estudiados durante el proceso de investigación

Según la participación del investigador es experimental ya que se realiza mediante la manipulación de la variable independiente por el investigador, esto se realiza de forma intencional, por lo que los resultados que se evidencian son provocados.

Investigación exploratoria pues la investigación se llevó a cabo mediante el uso de difusores de micro burbujas y se definió cuál es el comportamiento de los lixiviados del relleno sanitario

2.2. Enfoque de investigación

La presente investigación según el enfoque es cuantitativa ya que se fundamenta en un esquema deductivo y lógico, busca formular preguntas de investigación e hipótesis para posteriormente probarlas, utiliza el análisis estadístico, es reduccionista y pretende generalizar los resultados. (Hernández et al., 2016).

2.3. Diseño de investigación

El diseño de la investigación fue Pre experimentos (pre prueba y pos prueba con un solo grupo) ya que se aplicó una prueba previa al tratamiento experimental y después del tratamiento se le aplica una prueba posterior.

Lo que se buscó es “modificar la variable dependiente manipulando la variable independiente” (Hernández et al., 2014).

El esquema del diseño:

G O1 X O2

G: Grupo de lixiviados

O1: Pre - prueba – variable dependiente (muestreo inicial de los lixiviados).

X: Tratamiento – variable independiente (aplicación de microburbujeo de aire).

O2: post - prueba – variable dependiente (muestreo final de los lixiviados).

2.4. Población, Materiales, instrumentos y métodos

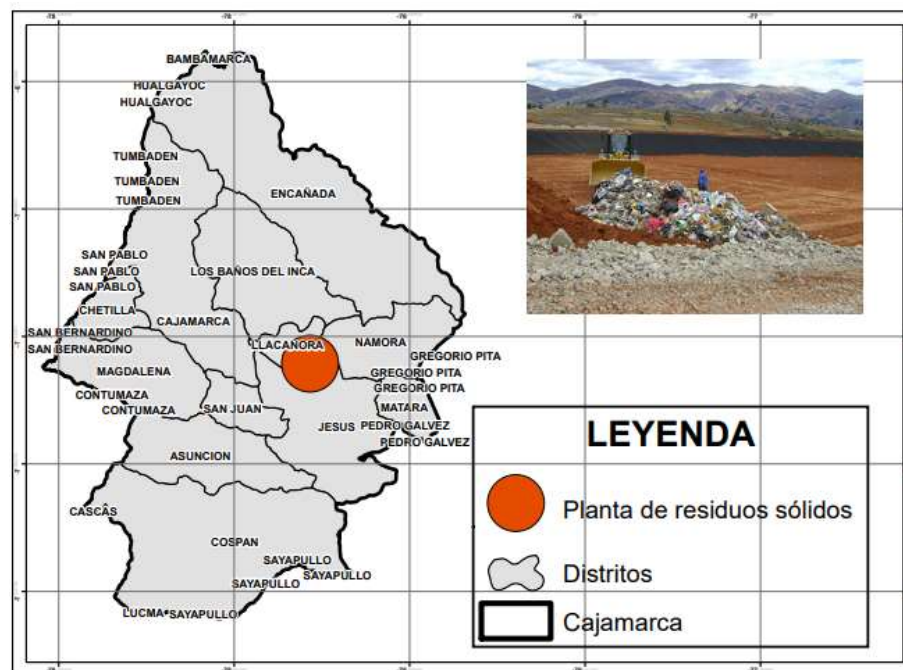
2.4.1. Población

La población es el conjunto de todos los casos que concuerda con una serie de especificaciones. Con respecto a lo señalado en la presente investigación, la población de estudio corresponde a las 03 pozas viejas con 200 lts de lixiviación cada una, que se encuentra ubicada en el sector Palduro, caserío San José de Canay, distrito de Jesús, en el kilómetro 13 de la carretera de Cajamarca.

2.4.2. Muestra

La muestra es un subgrupo de la población de interés sobre el cual se recolectarán datos, y que tiene que definirse y delimitarse con precisión y deberá ser representativo de la población. En ese sentido nuestra muestra tiene carácter No probabilístico, por conveniencia, está compuesta por la recolección de los lixiviados de una de las pozas donde se extrajo 3 baldes de 20 L juntando un total de 60 L, siguiendo el protocolo de muestro adaptado de CORPOAMAZONIA (corporación para el desarrollo sostenible del sur de la amazonia).

Figura 1
Mapa de ubicación del Relleno Sanitario de Cajamarca.



2.4.3. Materiales y equipos

En desarrollo de la investigación esta se realizó en 2 fases, la fase de campo y la fase experimental. Para la fase de campo o recolección de muestras de los lixiviados se tomó como referencia el protocolo de muestreo de CORPOAMAZONIA (corporación para el desarrollo sostenible del sur de la amazonia) a continuación se presenta la lista de los materiales y equipos que se requieren en el momento del muestreo:

Tabla 1

Materiales utilizados durante el proceso de recolección de la muestra del relleno sanitario

Materiales	Cantidad
EPP	2 unidades
Baldes plásticos de 10L	10 unidades
Mascarillas	6 unidades
Guantes	6 unidades
Botas	2 unidades
Lentes de seguridad	2 unidades
GPS	1 unidad
Librete de campo	1 unidad
Frasco lavador con agua destilada	1 unidad
Cuerda 2 m para manipular los baldes	1 unidad
Formato para toma de muestra	10 unidades
Etiquetas	10 unidades

Se detallan todos los reactivos utilizados en la investigación para la preservación

Tabla 2

Materiales utilizados en laboratorio durante la fase experimental.

Materiales	Cantidad
Laptop	2 unidades
EPP	2 unidades
Frascos esterilizados para recolección de las muestras	6 unidades
Preservantes	2 unidades
Difusores de microburbujeo	1 unidad
Compresora de aire	1 unidad
Lejía	3 unidades
Mascarilla y guantes	10 unidades
Cadenas custodia (anexo1)	5 unidades
Recipiente 20 L	1 unidad
Vasos beaker de 100ml	2 unidades
Cronometro	1 unidad

Se detallan todos los reactivos utilizados en la investigación para la preservación

Para la preservación de las muestras y su posterior análisis en el laboratorio contratado (SGS) se añade reactivos:

Tabla 3

Reactivos utilizados para la preservación de la muestra

Parámetro	Reactivo / preservación	Volumen mínimo de la muestra (ml)
DBO ₅	H ₂ SO ₄	1000
DQO	H ₂ SO ₄	100
COT	H ₂ SO ₄	100

Se detallan todos los reactivos utilizados en la investigación para la preservación

2.5. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

2.5.1. Técnica de recolección de datos

Para Hernández et al., 2010 refiere que la técnica está basada en la realidad problemática, son fuentes primarias que se encuentran relacionado con la recolección de datos pertinentes y los conceptos que se tiene acerca del problema en estudio. En esta investigación se realizó en un determinado lugar que reunía ciertas condiciones, y también se contrató los servicios del laboratorio SGS.

2.5.2. Instrumento de recolección de datos

Para la investigación se utilizaron los siguientes instrumentos:

Ficha de resultados de las pruebas. (Anexo B)

Ficha técnica del difusor. (Anexo D)

Ficha de caracterización de los lixiviados. (Anexo E)

Los instrumentos **fueron validados** a través de la opinión de tres jueces, quienes indicaron la validez de los mismos en su coherencia, relevancia, suficiencia y claridad obteniendo un valor del 98.3%. lo que indicaría la validez de los instrumentos utilizados.

2.5.3. Métodos y Técnicas de análisis de datos

Método utilizado

El método de ensayo utilizado por el laboratorio SGS para el análisis de las muestras se detallan en la siguiente tabla.

Tabla 4

Método de ensayo usado por el laboratorio SGS

Referencia	Sede	Parámetro	Método de ensayo
EW_APHA5210B_CX	Cajamarca	Demanda Bioquímica de Oxígeno	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B; 23 rd 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; 23 rd Ed: 2017. Biochemical Oxygen Demand, Closed Reflux, Colorimetric Method.
EW_APHA5310B	Cajamarca	Carbono Orgánico Total	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5310 B; 23 rd Ed: 2017. Total Organic Carbon High - Temperature Combustion Method.

Fuente: laboratorio SGS

Análisis de datos

Los datos obtenidos de la fase de análisis de laboratorio a las muestras tomadas en campo fueron sistematizados mediante el programa de Microsoft Excel, en el cual se calcularon los parámetros de DBO₅, DQO y COT. Seguidamente se analizaron los datos con el programa estadístico SPSS, se realizó la prueba de normalidad para determinar el estadístico a utilizarse. En base al resultado obtenido se optó por utilizar la prueba U de Mann-Whitney, para determinar si existe diferencia estadística entre los tratamientos de estudio. Para estos análisis se utilizaron los datos de los parámetros fisicoquímicos del laboratorio.

Ecuación 1

Prueba de normalidad de Shapiro Wilk

$$W = \frac{(\sum \sigma y(i))^2}{\sum (y_i - \bar{y})^2}$$

Ecuación 2

Prueba de U de Mann-Whitney

$$U1 = n1 n2 + \frac{n1 (n1 + 1)}{2} - R1$$

$$U2 = n1 n2 + \frac{n1 (n1 + 1)}{2} - R2$$

Donde n_1 y n_2 son los tamaños respectivos de cada muestra; R_1 y R_2 es la suma de los rangos de las observaciones de las muestras 1 y 2 respectivamente.

2.6. Procedimiento

Se realizó en dos fases:

2.6.1. Fase de campo

El trabajo de campo del presente proyecto se realizó en el relleno sanitario de Cajamarca ubicado a 13 kilómetros en el distrito de Jesús caserío de san José de Canay carretera a San Marcos.

Para el tratamiento se determinó la ubicación de las pozas de lixiviación para la extracción de lixiviados, se procedió a recolectar los lixiviados de una de las pozas donde se extrajo 3 baldes de 20 L juntando un total de 60 L, siguiendo el protocolo de muestro adaptado de

CORPOAMAZONIA (corporación para el desarrollo sostenible del sur de la amazonia)

2.6.2 Fase Experimental

De acuerdo al diseño de la investigación se procedió a establecer el tratamiento de la siguiente manera:

Se inició acondicionando un espacio determinado para la instalación los equipos utilizados para el tratamiento (Compresa de aire, Difusores), seguidamente se depositó el lixiviado en un recipiente con una capacidad para todo el volumen de la muestra. Antes de iniciar el tratamiento se toma 2L de volumen de muestra de lixiviado para el análisis de cabeza de los 3 parámetros a estudiar DBO₅, DQO, COT, agregándole 2ml de H₂SO₄ como preservante de la muestra para ser analizada.

Se inició el tratamiento introduciendo los difusores en el recipiente con la muestra a un flujo de aire de 45 l/s por medio de un microburbujeador con diámetro de 12”.

Una vez iniciado el tratamiento pasada las primeras 24h se procede a la toma de muestra (Estación 2) para analizar (DBO₅, DQO, COT) se procede a preservar con H₂SO₄ y llevar analizar al laboratorio contratado SGS S.A.C del Perú.

Se siguió tomando 2 L de muestra para un tiempo de tratamiento de 48h (estación 3), 72h (estación 4), 96h (estación 5), utilizando el mismo

preservante (H_2SO_4) y se envió a analizar en el laboratorio SGS S.A.C del Perú.

Finalmente se realizó el Análisis de los resultados obtenidos utilizando en primer lugar la prueba de normalidad para determinar el estadístico a utilizarse y en base al resultado obtenido se optó por utilizar la prueba U de Mann-Whitney.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

3.1. Estadística descriptiva

Tabla 5

Parámetros físicoquímicos DBO₅, DQO Y COT

FECHA	DBO ₅	DQO	COT
14/07/2021	3050.0 mg/l	9380.2 mg/l	3234.5 mg/l
15/07/2021	1555.0 mg/l	3182.6 mg/l	994.6 mg/l
16/07/2021	1092.5 mg/l	2680.1 mg/l	992.6 mg/l
17/07/2021	1010.0 mg/l	2512.6 mg/l	966.4 mg/l
18/07/2021	1067.5 mg/l	2847.6 mg/l	918.6 mg/l

Fuente: Datos obtenidos del laboratorio SGS.

En la Tabla 5, se muestran los resultados de análisis de laboratorio a los lixiviados en el relleno sanitario de Cajamarca, por parámetro (DBO₅, COT y DQO), así como por fechas de muestreo del 14, 15, 16, 17 y 18 de julio en la poza.

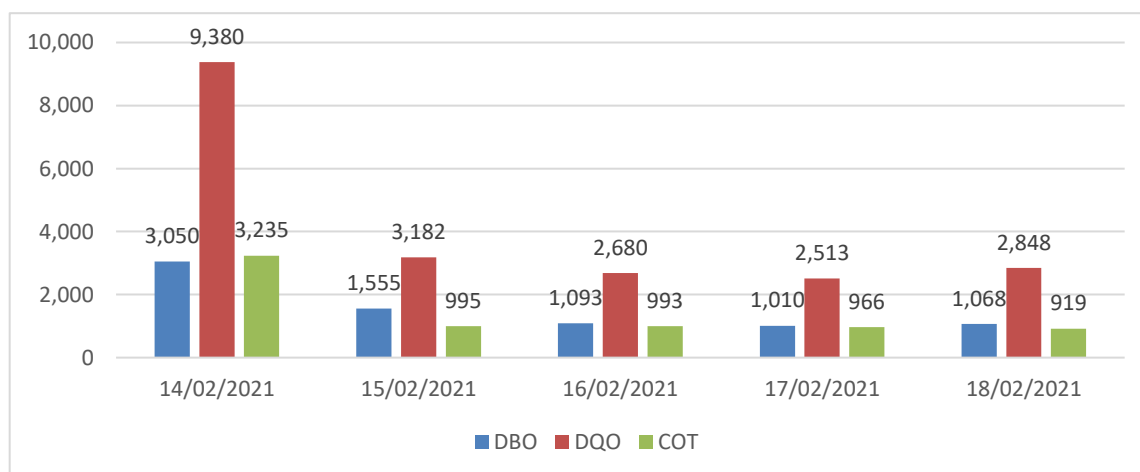


Figura 2. Resultados en gráfico de barras de los parámetros DBO₅, DQO y COT.

Tabla 6

Demanda bioquímica del oxígeno en pozas de lixiviados aplicando el método de microburbujeo de aire en el relleno sanitario

	cabeza	estación 2	estación 3	estación 4	estación 5
Demanda					
Bioquímica de Oxígeno	3050.0 mg/l	1555.0 mg/l	1092.5 mg/l	1010.0 mg/l	1067.5 mg/l
Día	14/07/2021	15/07/2021	16/07/2021	17/07/2021	18/07/2021

Fuente: Datos obtenidos del laboratorio SGS.

En la tabla 6, se observa que la DBO₅, en la cabeza fue de 3050.0 mg/l y que disminuyó en la estación 2 con 1555.0 mg/l; estación 3 con 1092.5 mg/l; estación 4 con 1010.0 mg/l y estación 5 con 1067.5 mg/l.

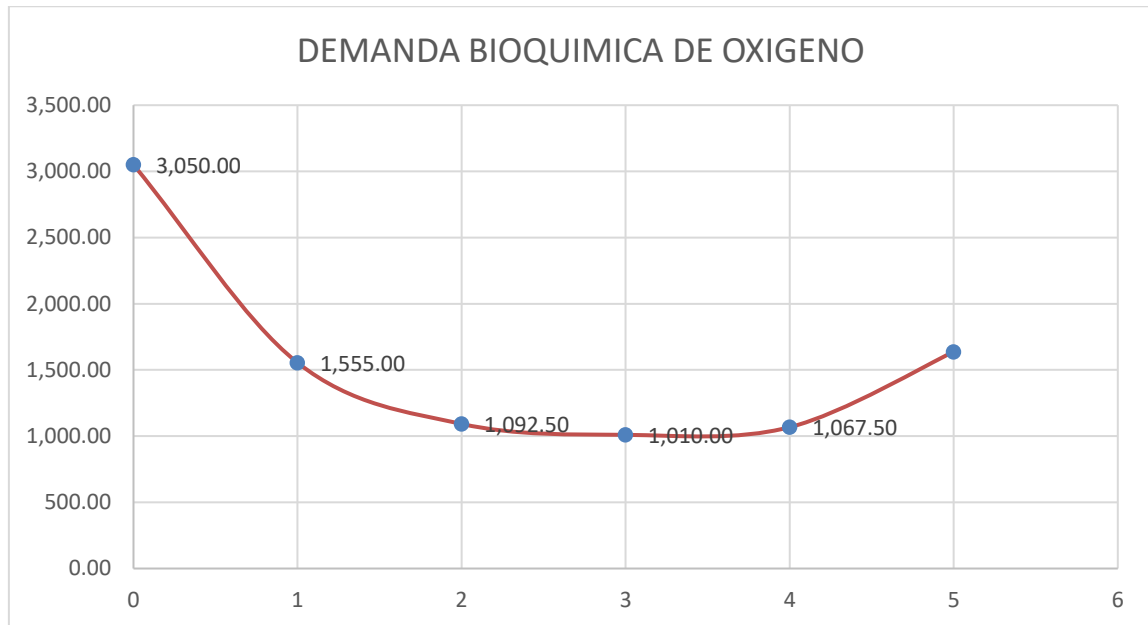


Figura 3. Demanda Bioquímica de Oxígeno

Tabla 7

Demanda química del oxígeno en pozas de lixiviados aplicando el método de microburbujeo de aire en el relleno sanitario

	cabeza	estación 2	estación 3	estación 4	estación 5
Demanda química de Oxígeno	9380.2mg/l	3182.6mg/l	2680.1mg/l	2512.6mg/l	2847.6mg/l
Día	14/07/2021	15/07/2021	16/07/2021	17/07/2021	18/07/2021

Fuente: Datos obtenidos del laboratorio SGS.

En la tabla 7, se observa que el DQO, en la cabeza fue de 9380.2 mg/l y que disminuyo en la estación 2 con 3182.6 mg/l; estación 3 con 2680.1 mg/l; estación 4 con 2512.6 mg/l y estación 5 con 2847.6 mg/l.

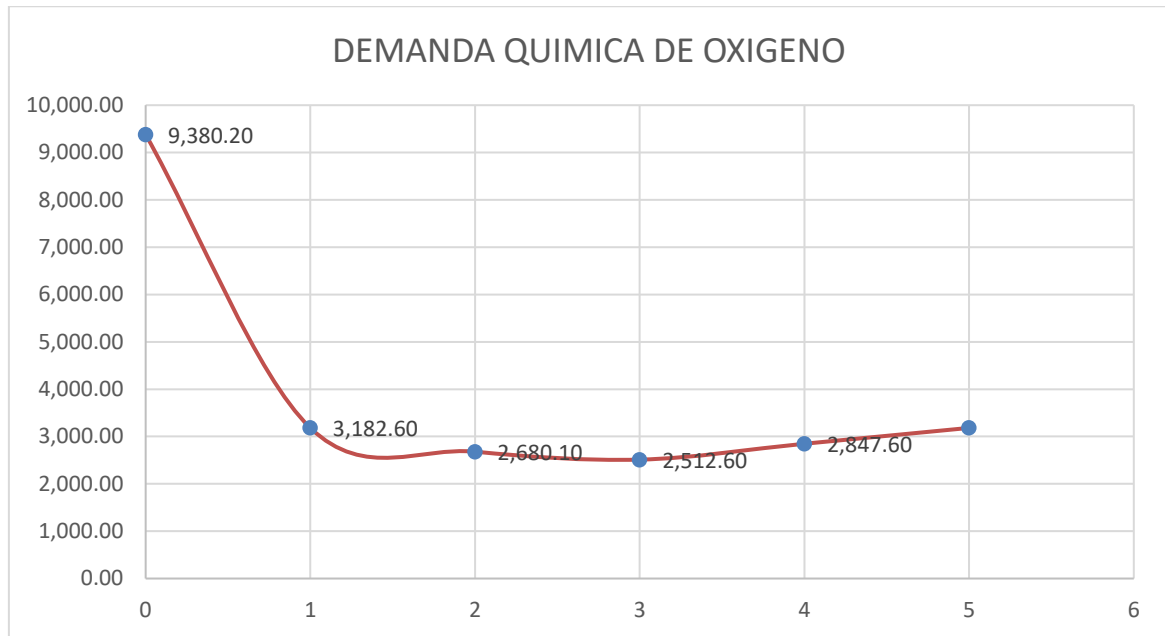


Figura 4. Demanda química de oxígeno

Tabla 8

Demanda química del Carbono Orgánico Total en pozas de lixiviados aplicando el método de microburbujeo de aire en el relleno sanitario

	cabeza	estación 2	estación 3	estación 4	estación 5
Carbono					
Orgánico	3234.5mg/l	994.6 mg/l	992.6 mg/l	966.4 mg/l	918.6 mg/l
Total					
Día	14/07/2021	15/07/2021	16/07/2021	17/07/2021	18/07/2021

Fuente: Datos obtenidos del laboratorio SGS.

En la tabla 8, se observa que el COT, en la cabeza fue de 3234.5 mg/l y que disminuyó en la estación 2 con 994,6 mg/l, estación 3 con 992,6 mg/l, estación 4 con 966,4 mg/l y estación 5 con 918,6 mg/l.

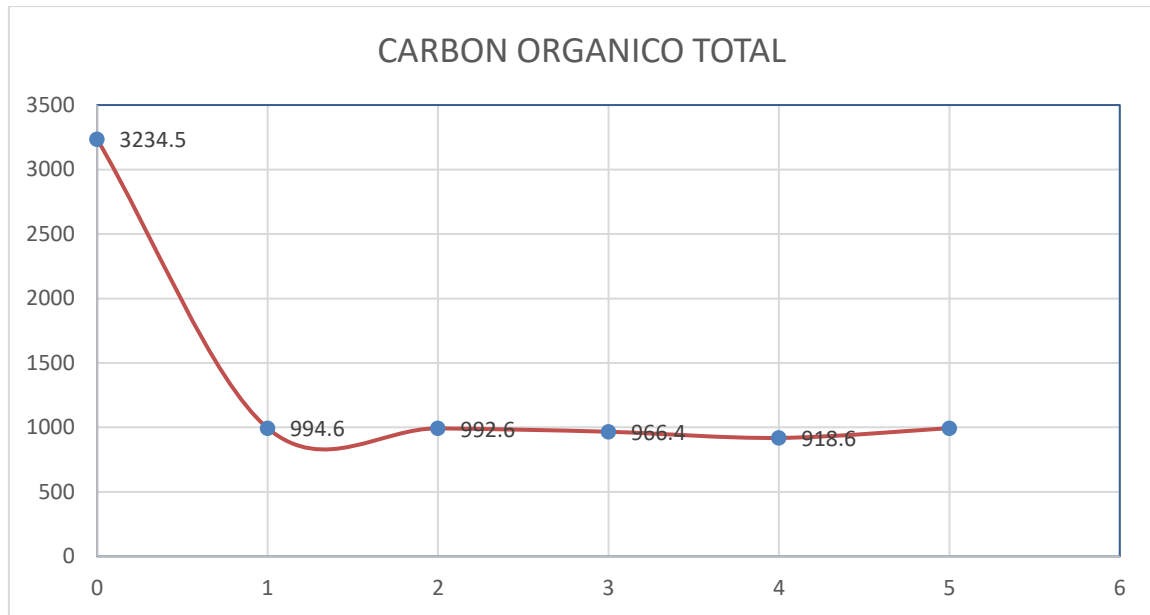


Figura 5. Carbono Orgánico total.

3.2. Estadística inferencial

Tabla 9

Prueba de normalidad

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	G1	Sig.
CABEZA	,772	3	,049
ESTACIÓN 2	,751	3	,003
ESTACIÓN 3	,751	3	,003
ESTACIÓN 4	,751	3	,003
ESTACIÓN 5	,751	3	,003

En la de Shapiro-Wilk de la tabla 9, se puede observar que no existen una distribución normal, ya que se encontró que los datos son menores a la significancia ($P < 0,05$).

Tabla 10

Concentración DBO₅, DQO y COT en pozas de lixiviación entre la cabeza y la estación 2 aplicando el método de microburbujeo de aire en el relleno sanitario

Resumen de prueba de hipótesis

Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
La distribución de pos es la misma entre las categorías de pre	Prueba U de Mann-Whitney para muestras independientes	1,000 ¹	Retener la hipótesis nula

Se muestra significaciones asintomáticas. El nivel de significación es de .05

¹Se muestra la significancia exacta para esta prueba

En la Prueba U de Mann-Whitney de la tabla 10, se puede observar que no existe disminución significativa entre la cabeza y la estación 2 de DBO₅, DQO y COT, ya que se encontró una significancia de $p = 1,000^1 > 0,05$.

Tabla 11

Concentración DBO₅, DQO y COT en pozas de lixiviación entre la cabeza y la estación 3 aplicando el método de microburbujeo de aire en el relleno sanitario

Resumen de prueba de hipótesis

Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
La distribución de pos es la misma entre las categorías de pre	Prueba U de Mann-Whitney para muestras independientes	,700 ¹	Retener la hipótesis nula

Se muestra significaciones asintomáticas. El nivel de significación es de .05

¹Se muestra la significancia exacta para esta prueba

En la Prueba U de Mann-Whitney de la tabla 11, se puede observar que no existe disminución significativa entre la cabeza y la estación 3 de DBO₅, DQO y COT, ya que se encontró una significancia de $p = ,700^1 > 0,05$.

Tabla 12

Concentración DBO₅, DQO y COT en pozas de lixiviación entre la cabeza y la estación 4 aplicando el método de microburbujeo de aire en el relleno sanitario

Resumen de prueba de hipótesis

Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
La distribución de pos es la misma entre las categorías de pre	Prueba U de Mann-Whitney para muestras independientes	,700 ¹	Retener la hipótesis nula

Se muestra significaciones asintomáticas. El nivel de significación es de .05

¹Se muestra la significancia exacta para esta prueba

En la Prueba U de Mann-Whitney de la tabla 12, se puede observar que no existe disminución significativa entre la cabeza y la estación 4 de DBO₅, DQO y COT, ya que se encontró una significancia de $p = ,700^1 > 0,05$.

Tabla 13

Concentración DBO₅, DQO y COT en pozas de lixiviación entre la cabeza y la estación 5 aplicando el método de microburbujeo de aire en el relleno sanitario

Resumen de prueba de hipótesis

Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
La distribución de pos es la misma entre las categorías de pre	Prueba U de Mann-Whitney para muestras independientes	,700 ¹	Retener la hipótesis nula

Se muestra significaciones asintomáticas. El nivel de significación es de .05

¹Se muestra la significancia exacta para esta prueba

En la Prueba U de Mann-Whitney de la tabla 13, se puede observar que no existe disminución significativa entre la cabeza y la estación 5 de DBO₅, DQO y COT, ya que se encontró una significancia de $p = ,700^1 > 0,05$.

Tabla 14

Concentración de DBO₅ en pozas de lixiviación entre la cabeza y la estación 5 aplicando el método de microburbujeo de aire en el relleno sanitario

Resumen de prueba de hipótesis

Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
La distribución de pos es la misma entre las categorías de pre	Prueba U de Mann-Whitney para muestras independientes	1,000 ¹	Retener la hipótesis nula

Se muestra significaciones asintomáticas. El nivel de significación es de .05

¹Se muestra la significancia exacta para esta prueba

En la Prueba U de Mann-Whitney de la tabla 14, se puede observar que no existe disminución significativa entre la cabeza y la estación 5 de DBO₅, ya que se encontró una significancia de $p = 1,000^1 > 0,05$.

Tabla 15

Concentración de DQO en pozas de lixiviación entre la cabeza y la estación 5 aplicando el método de microburbujeo de aire en el relleno sanitario

Resumen de prueba de hipótesis

Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
La distribución de pos es la misma entre las categorías de pre	Prueba U de Mann-Whitney para muestras independientes	1,000 ¹	Retener la hipótesis nula

Se muestra significaciones asintomáticas. El nivel de significación es de .05

¹Se muestra la significancia exacta para esta prueba

En la Prueba U de Mann-Whitney de la tabla 15, se puede observar que no existe disminución significativa entre la cabeza y la estación 5 de DQO, ya que se encontró una significancia de $p = 1,000^1 > 0,05$.

Tabla 16

Concentración de COT en pozas de lixiviación entre la cabeza y la estación 5 aplicando el método de microburbujeo de aire en el relleno sanitario

Resumen de prueba de hipótesis

Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
La distribución de pos es la misma entre las categorías de pre	Prueba U de Mann-Whitney para muestras independientes	1,000 ¹	Retener la hipótesis nula

Se muestra significaciones asintomáticas. El nivel de significación es de .05

¹Se muestra la significancia exacta para esta prueba

En la Prueba U de Mann-Whitney de la tabla 16, se puede observar que no existe disminución significativa entre la cabeza y la estación 5 de COT, ya que se encontró una significancia de $p = 1,000^1 > 0,05$.

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1 Discusión

En la presente investigación se planteó como principal objetivo: Disminuir la concentración de DBO_5 , DQO, COT en pozas de lixiviación aplicando el método de microburbujeo de aire en el relleno sanitario de Cajamarca 2021. Con el método de microburbujeo se evidenció en los resultados que existe una disminución de la concentración de DBO_5 , DQO y COT, pero no es significativa.

Los resultados obtenidos en el objetivo general muestran que no existe disminución significativa entre la cabeza y la estación 2 de DBO_5 , DQO y COT, ya que se encontró una significancia de $p = 1,000^1 > 0,05$. Además, no existe disminución significativa entre la cabeza y la estación 3 de DBO_5 , DQO y COT, ya que se encontró una significancia de $p = ,700^1 > 0,05$. Así mismo, no existe disminución significativa entre la cabeza y la estación 4 de DBO_5 , DQO y COT, ya que se encontró una significancia de $p = ,700^1 > 0,05$ y tampoco existe disminución significativa entre la cabeza y la estación 5 de DBO_5 , DQO y COT, ya que se encontró una significancia de $p = ,700^1 > 0,05$. A diferencia de nuestra investigación, en la investigación de Calderon y Tarazona (2021) evidenciaron que en las pruebas (ensayos) que se realizaron con el prototipo del sistema de tratamiento primario de aguas residuales, la aplicación de microburbujas permiten mejorar la eliminación de sólidos presentes en el agua y por consiguiente, esto ayuda a la obtención de mejores características físicas del agua efluente del sistema como son coloración y turbidez.

Por otra parte, Gallardo y Pichen (2019) en su tesis sobre evaluación del tratamiento de la fracción orgánica de los lixiviados en la infraestructura de tratamiento y

disposición final de residuos sólidos encontró que el lixiviado de esta infraestructura se caracteriza principalmente por su baja biodegradabilidad, alcanzando valores de extremos para la DBO_5 y DQO, en el cual destacó el alto contenido en materia orgánica y que la efectividad del tratamiento de la fracción orgánica de los lixiviados en la infraestructura de tratamiento y disposición final de residuos sólidos de Cajamarca no es eficiente. Y similar a estos estudios podemos decir también que con el método de microburbujeo se evidenció en los resultados que no existe disminución significativa entre la cabeza y la estación 5 de DBO_5 , ya que se encontró una significancia de $p=1,0001>0,05$. Asimismo, no existe disminución significativa entre la cabeza y la estación 5 de DQO, ya que se encontró una significancia de $p=1,0001>0,05$ y tampoco existe disminución significativa entre la cabeza y la estación 5 de COT, ya que se encontró una significancia de $p=1,0001>0,05$.

En contraste a nuestra investigación que se encuentra disminución significativa entre la cabeza y la estación 5 de DBO_5 , DQO y COT, ya que se encontró una significancia de $p=,7001>0,05$. Gonzales (2018) encontró que si se logró reducir de manera significativa la concentración de sólidos disueltos totales en un 79,61% (de 412 ppm a 84 ppm), de la conductividad eléctrica en un 77,34% (de 728 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 165 $\mu\text{S}/\text{cm}$), el potencial de hidrógeno en un 12,23% (de 9,24 a 8,11), la Demanda Biológica de Oxígeno en un 90,91% (de 132 mg/L a 12 mg/L) y por sobre la demanda química de oxígeno en un 93,98% (de 382 mg/L a 23 mg/L), lo que lo llevo a concluir que a menor diámetro de la burbuja, se produce una mayor cantidad de colapso con una presión interna mayor.

Astonitas (2018) en su trabajo de investigación encontró que la DBO_5 , la DBO_5 y los SST exceden los límites permitidos del máximo permitido con 4300; 4380; 2910 mg/l respectivamente. Evidenció que el tratamiento es adecuado para las aguas residuales, a través del uso de factores ponderados, teniendo en cuenta: la remoción, la viabilidad económica, área requerida, consumo de energía y otros. Una vez realizado el tratamiento, se determinó que el tratamiento de coagulación-floculación es el más eficiente de acuerdo a la confrontación y calificación de los factores ya que se obtuvo un resultado final de 52.4 mg/l en DBO_5 , 64.5 mg/l en DQO, 42.05 mg/l en SST y 4.32 mg/l en sólidos sedimentables, lo que logró permitir que el agua sea reutilizable en el proceso de lavado. En contraste a esta técnica realizada por Astonitas, podemos mencionar que el método de microburbujeo no disminuye significativamente el DBO_5 , DQO y COT de una poza de lixiviación vieja, pues se encontró una significancia de $p = ,7001 > 0,05$.

Finalmente, podemos mencionar la investigación de Espinoza (2017) que, en su tesis de disminución de la DBO_5 , DQO y STD del agua residual doméstica de Santiago de Chuco donde empleó un biofiltro en el parámetro de Demanda Bioquímica de Oxígeno; encontró en 35,52 mg/L, así mismo para el parámetro de Demanda Química de Oxígeno (DQO), el valor promedio fue 85,83 mg/L, y por último para el parámetro de sólidos totales disueltos (STD), se encontró en el orden de 64,99 mg/L. Sin embargo, en nuestra investigación se observa que la DBO_5 , en la cabeza fue de 3050 y que disminuyó en la estación 2 con 1555; estación 3 con 1092; estación 4 con 1010 y estación 5 con 1067. Asimismo, el DQO, en la cabeza fue de 9380 y disminuyó en la estación 2 con 3182; estación 3 con 2680; estación 4 con 2512 y estación 5 con 2847 y el COT, en la cabeza fue

de 3234 y que disminuyó en la estación 2 con 994.6; estación 3 con 992.6; estación 4 con 966.4 y estación 5 con 918.6. Pero pese a esto, se encontró que no existe disminución significativa entre la cabeza y la estación 5 de DBO_5 , DQO y COT, ya que se encontró una significancia de $p = ,7001 > 0,05$.

La limitación que se tuvo en la presente investigación, fue el acceso a la planta de las aguas residuales, pero se solucionó a través de gestiones y compromisos con los responsables de la planta.

4.2 Conclusiones

Considerando los hallazgos, en esta investigación se presentan las siguientes conclusiones:

- De acuerdo a la estadística no existe disminución significativa entre la cabeza y la estación 5 de DBO_5 , DQO y COT, ya que se encontró una significancia de $p = ,7001 > 0,05$, sin embargo, numéricamente se encontró un 40% de DBO_5 , 35% de DQO y un 35% de COT de disminución significativa.
- De acuerdo a la estadística no existe disminución significativa entre la cabeza y la estación 5 de DBO_5 , ya que se encontró una significancia de $p = 1,0001 > 0,05$, sin embargo, numéricamente se encontró un 40% de disminución significativa.
- De acuerdo a la estadística no existe disminución significativa entre la cabeza y la estación 5 de DQO, ya que se encontró una significancia de $p = 1,0001 > 0,05$, sin embargo, numéricamente se encontró un 35% de disminución significativa.

- De acuerdo a la estadística no existe disminución significativa entre la cabeza y la estación 5 de COT, ya que se encontró una significancia de $p = 1,000^1 > 0,05$, sin embargo numéricamente se encontró un 35% de disminución significativa.

REFERENCIAS

- Alegre, E. (2021). Trihalometanos en aguas de consumo humano y efectos en la salud, problemática en las iiaa y tratamientos alternativos de desinfección (Doctoral dissertation, Universitat Politècnica de València)
- Anicua, R., Gutiérrez, M., Sánchez, P., Ortiz, C., Volke, V., & Rubiños, J. (2009). Tamaño de partícula y relación micromorfológica en propiedades físicas de perlita y zeolita. *Agricultura técnica en México*, 35(2), 147-156. Recuperado en http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0568-25172009000200002&lng=es&tlng=es.
- Araujo, K. (2021). *Las calles: Un estudio sobre Santiago de Chile*. LOM Ediciones.
- Armas, L. Q., Acharte, L. M., Enríquez, A., & Asto, J. M. (2021). Contaminación con metales pesados en sedimentos y truchas en los ríos Opamayo y Sicra, Huancavelica-Perú. *Revista Científica Siglo XXI*, 1(1), 68-78. Recuperado en <https://revistas.unh.edu.pe/index.php/rcsxxi/article/view/25/23>
- Atoche, E., & Hilaquita, B. (2021). Diseño de box-behnken en la eficiencia del sistema venturi de nanomicroburbujeo de oxígeno para la remoción de materia orgánica y microbiológicas en aguas residuales domésticas.
- Bueno, A. (2021). Evaluación de la calidad de agua del río Huancachupa, contaminado por descargas de aguas residuales en los distritos de San Francisco de Cayran y Pillco Marca, provincia y departamento de HUÁNUCO, JUNIO A AGOSTO–2019. <http://repositorio.udh.edu.pe/123456789/2961>

- Calderón, J., & Tarazona, M. (2021). Análisis y evaluación de la incidencia de las microburbujas en el tratamiento de agua, a través del desarrollo y estudio de un sistema de operación continua para tratamiento primario de aguas residuales.
- Calvo, C., Lopez, K., Valencia, R., Cortés, K., & Campo, C. (2021). Reducción de la concentración de DQO y COT en aguas residuales de la industria farmacéutica empleando ozono catalizado por Fe^{2+} . Estudio de caso a escala real. *Revista Mutis*, 11(2). DOI: 10.21789/22561498.1707
- Costantini, A., Alvarez, C., Álvarez, C., Martellotto, E., & Lovera, E. (2010, June). Uso de la relación de estratificación del carbono orgánico como indicador de efectos del manejo sobre el suelo y el secuestro de carbono. In Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo, Rosario–Argentina.
- Eyherabide, M., Sainz, H., Barbieri, P., & Echeverría, H. (2014). Comparación de métodos para determinar carbono orgánico en suelos.
- Flores, A., Bautista, M., & De La Torre, M. (2008). Desarrollo de bioprocesos para la reducción de los niveles de dbo y dco de efluentes de la industria alimentaria. *Revista Peruana de Química e Ingeniería Química*, 11(1), 3-10.
- Fonseca, A., Martel, S., Rojas, V., Flores, V. y Vela, S (2013) *Investigación científica en salud con enfoque cuantitativo*.
- Giraldo, E. (2001). Tratamiento de lixiviados de rellenos sanitarios: avances recientes. *Revista de ingeniería*, (14), 44-55. Recuperado en <https://revistas.uniandes.edu.co/doi/pdf/10.16924/riua.v0i14.538>

- González, R., & Ramírez, H. (2011). Modelación numérica de la hidrodinámica, del oxígeno disuelto y la demanda bioquímica de oxígeno en sistemas con vegetación. *Hidrobiológica*, 21(2), 147-158. Recuperado en http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0188-88972011000200005&script=sci_arttext
- Guevara, E., & Carrasco, M. (2001). Modelación estocástica de DBO y OD. Caso estudio Río Cabriales. *Revista INGENIERÍA UC*, 8(2), 0. Recuperado en <https://www.redalyc.org/pdf/707/70780203.pdf>
- Huarilloclla, V. (2021). La responsabilidad civil derivada de la actividad minera ilegal, generando la contaminación del agua.
- Hernández, R., Fernández C. y Baptista M. (2016) *Metodología de la investigación*. Ed Mac Grill. México.
- Llerena, J. (2018). Velocidad de cristalización de aguas de glaciario utilizando micro-burbujas de aire para el incremento de las reservas de agua sólida en el Nevado Pachanqutu-Huarochoiri.
- Mendoza, J, y Párraga, J. (2021). Evaluación de tres tipos humedales artificiales (ornamental, forrajero, alimenticio) como depurador de aguas residuales grises en el bosque de la ESPAM (Bachelor's thesis, Calceta: ESPAM MFL).
- Menendez, D. (2017). Eficiencia de las micro-nano burbujas de ozono-aire para mejorar la calidad de las aguas residuales hospitalarias, Lima 2017.
- Novoa, D., & Bucaram, S. (2021). Nota sectorial de medio ambiente: Gestión de la calidad ambiental Perú.

- Perotti, R., González, P., Paisio, C., & Agostini, E. (2021). Selection and optimization of a mixed culture for bioaugmentation based on BOD5 and COD reduction in tannery effluents. *Bioremediation Journal*, 1-10.
<https://doi.org/10.1080/10889868.2021.1968335>
- Racho, S., & Alexander, H. (2020). Sostenibilidad del sistema de tratamiento de estiércol para producir biogás y bioabonos en Shumaya, distrito de Huarango, San Ignacio, Cajamarca, 2019.
- Rau, M., & Suazo, J. (2021). Reducción de DQO y DBO5 por fotocátalisis heterogénea con TiO₂ Y H₂O₂ de las aguas residuales del camal Municipal de la Provincia de Chupaca
- Reicosky, D., & Archer, D. (2005). Cuantificación agronómica del aumento de material orgánica del suelo en siembra directa. In XIII Congreso AAPRESID. Rosario, Santa Fe, Argentina (pp. 73-78).
- Rodríguez, W. (2020). Minería informal como generadora de la contaminación ambiental en el distrito de Contumazá, región de Cajamarca: 2019–2020.
- Sanchez Carlesi, H. y Reyes Meza, C. (1996) *Metodología y diseños en la investigación científica*. Editorial Mantaro
- Tafur, V. (2020). Diseño integral de la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de San Marcos Cajamarca 2018.
- Yang, L., Liao, C., Zhu, Y., CHEN, H., & JIN, Q. (2012). Characteristics of micro-bubble and nano-bubble and their application in environmental pollution control [J]. *Chemical Industry and Engineering Progress*, 6.

Zuluaga, A. (2019). Evaluación del tratamiento de lixiviados de rellenos sanitarios mediante cavitación hidrodinámica. *Departamento de Ingeniería Química, Colombia.*

ANEXOS

Anexo A

Proceso de recolección de datos



Poza DE Lixiviación maduras o viejas



Frascos para la toma de muestra



Recolectando los análisis para llevar al laboratorio



Agregando el preservante para mantener la muestra.



Preparando el lixiviado



Preparando el lixiviado

Anexo B

Datos del laboratorio



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



INFORME DE ENSAYO MA2121239 Rev. 0

NILSON ESIDIO DIAZ PEREZ

PASAJE LOS DIAMANTES N° 153 Y 147 - CAJAMARCA - CAJAMARCA - CAJAMARCA

ENV / LB-349863-002

PROCEDENCIA : FISCAL

Fecha de Recepción SGS : 17-07-2021
Fecha de Ejecución : Del 17-07-2021 al 27-07-2021
Muestreo Realizado Por : CLIENTE

Estación de Muestreo
ESTACION 2
CABEZA

Emitido por SGS del Perú S.A.C.

Impreso el 27/07/2021

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

"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 4



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



INFORME DE ENSAYO
MA2121239 Rev. 0

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					ESTACION 2		CAREZA	
FECHA DE MUESTREO					15/07/2021		15/07/2021	
HORA DE MUESTREO					11:30:00		11:30:00	
CATEGORÍA					AGUA DE PROCESO		AGUA DE PROCESO	
SUB CATEGORÍA					AGUA DE LIXIVIACIÓN		AGUA DE LIXIVIACIÓN	
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre		Resultado ± Incertidumbre	
Análisis Especiales								
Demanda Bioquímica de Oxígeno	EW APHAS210B CX	mg/L	1.0	2.6	1,556.0 ± 586.6		3,050.0 ± 346.0	
Demanda Química de Oxígeno	EW APHAS220B CX	mg O ₂ /L	1.8	4.5	3,182.6 * ± 827.5		9,380.2 * ± 2438.9	
Carbono Orgánico Total	EW APHAS310B	mg C/L	0.2	0.5	394.6 * ± 298.4		3,234.5 * ± 970.4	

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.

(*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el INACAL-DA.



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



**INFORME DE ENSAYO
MA2121239 Rev. 0**

CONTROL DE CALIDAD

<p>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.</p>
--

Parámetro	Unidad	LC	MB	DUP %RPD	LCS %Recovery	MS %Recovery	MSD %RPD
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	2.6	<2.6	9 - 10%	97 - 98%		
Carbono Orgánico Total	mg CL	0.5	<0.5		99 - 105%	98 - 106%	0 - 2%
Demanda Química de Oxígeno	mg/20L	4.5	<4.5		102%	101%	1%



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



**INFORME DE ENSAYO
MA2121239 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
EW_APHA5310B	Callao	Carbono Orgánico Total	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5310 B, 23rd Ed. 2017. Total Organic Carbon High-Temperature Combustion Method.

"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 por la Compañía bajo sus Condiciones Generales de Servicio, que pueden encontrarse en la página <http://www.sgs.peru-es/terminos-y-condiciones.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 parcial, salvo autorización escrita de SGS de Perú S.A.C.

Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para la(s) muestra(s) ensayada(s) y 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.

Última Revisión Julio 2015



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



**INFORME DE ENSAYO
MA2121240 Rev. 0**

NILSON ESIDIO DIAZ PEREZ

PASAJE LOS DIAMANTES N° 153 Y 147 - CAJAMARCA - CAJAMARCA - CAJAMARCA

ENV / LB-349863-003

Fecha de Recepción SGS : 19-07-2021

Fecha de Ejecución : Del 19-07-2021 al 27-07-2021

Muestreo Realizado Por : CLIENTE

Estación de Muestreo
ESTACION 3
ESTACION 4

Emitido por SGS del Perú S.A.C.

Impreso el 27/07/2021

Frank M. Julcamoro Quispe

C.Q.P. 1033

Coordinador de Laboratorio

"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



INFORME DE ENSAYO
MA2121240 Rev. 0

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					ESTACION 3	ESTACION 4
FECHA DE MUESTREO					17/07/2021	17/07/2021
HORA DE MUESTREO					12:45:00	12:45:00
CATEGORÍA					AGUA DE PROCESO	AGUA DE PROCESO
SUB CATEGORÍA					AGUA DE LIXIVIACIÓN	AGUA DE LIXIVIACIÓN
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre	Resultado ± Incertidumbre
Analisis Químicos						
Demanda Bioquímica de Oxígeno	EW APHAS210B CX	mg/L	1.0	2.6	1 052.5 ± 531.1	1 010.0 ± 421.2
Demanda Química de Oxígeno	EW APHAS220D CX	mg O ₂ /L	1.8	4.5	2 680.1 * ± 686.8	2 512.6 * ± 653.3
Carbono Orgánico Total	EW APHAS110B	mg C/L	0.2	0.5	592.6 * ± 297.8	966.4 * ± 289.9

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.

(*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el INACAL-DA.



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



**INFORME DE ENSAYO
MA2121240 Rev. 0**

CONTROL DE CALIDAD

LC: Línea 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	MSD %RPD
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	2.6	<2.6	9 - 10%	97 - 98%	98 - 100%	0 - 2%
Carbono Orgánico Total	mg CL	0.5	<0.5		99 - 105%	98 - 100%	0 - 2%
Demanda Química de Oxígeno	mg/20L	4.5	<4.5		102%	101%	1%



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



**INFORME DE ENSAYO
MA2121240 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
EW_APHA5310B	Callao	Carbono Orgánico Total	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5310 B, 23rd Ed. 2017. Total Organic Carbon High-Temperature Combustion Method.

"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 por la Compañía bajo sus Condiciones Generales de Servicio, que pueden encontrarse en la página <http://www.sgs.peru-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 parcial, salvo autorización escrita de SGS de Perú S.A.C.

Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para la(s) muestra(s) ensayada(s) y 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.

Última Revisión Julio 2015



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



**INFORME DE ENSAYO
MA2121242 Rev. 0**

NILSON ESIDIO DIAZ PEREZ

PASAJE LOS DIAMANTES N° 153 Y 147 - CAJAMARCA - CAJAMARCA - CAJAMARCA

ENV / LB-349863-004

Fecha de Recepción SGS : 20-07-2021

Fecha de Ejecución : Del 20-07-2021 al 27-07-2021

Muestreo Realizado Por : CLIENTE

Estación de Muestreo
ESTACION 5
ESTACION 6

Emitido por SGS del Perú S.A.C.

Impreso el 27/07/2021

Frank M. Julcamoro Quispe

C.Q.P. 1033

Coordinador de Laboratorio

"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



**INFORME DE ENSAYO
MA2121242 Rev. 0**

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					ESTACION 5	ESTACION 6
FECHA DE MUESTREO					19/07/2021	19/07/2021
HORA DE MUESTREO					15:00:00	15:00:00
CATEGORÍA					AGUA DE PROCESO	AGUA DE PROCESO
SUB CATEGORÍA					AGUA DE LIXIVIACIÓN	AGUA DE LIXIVIACIÓN
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre	Resultado ± Incertidumbre
Análisis Solicitados						
Demanda Bioquímica de Oxígeno	EW APHAS210B CX	mg/L	1.0	2.6	1.067.5 ± 128.1	1.637.5 ± 196.5
Demanda Química de Oxígeno	EW APHAS220B CX	mg O ₂ /L	1.8	4.5	2.847.6 * ± 260.4	3.162.6 * ± 287.5
Carbono Orgánico Total	EW APHAS310B	mg C/L	0.2	0.5	918.6 * ± 275.6	994.6 * ± 298.4

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.

(*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el INACAL-DA.



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



**INFORME DE ENSAYO
MA2121242 Rev. 0**

CONTROL DE CALIDAD

<p>LC: Línea 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.</p>

Parámetro	Unidad	LC	MB	DUP %RPD	LCS %Recovery	MS %Recovery	MSD %RPD
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	2.6	<2.6	9 - 10%	97 - 98%	98 - 100%	0 - 2%
Carbono Orgánico Total	mg CL	0.5	<0.5		99 - 105%	98 - 106%	0 - 2%
Demanda Química de Oxígeno	mg/20L	4.5	<4.5		102%	101%	1%



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



**INFORME DE ENSAYO
MA2121242 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
EW_APHA5310B	Callao	Carbono Orgánico Total	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5310 B, 23rd Ed. 2017. Total Organic Carbon High-Temperature Combustion Method.

"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 por la Compañía bajo sus Condiciones Generales de Servicio, que pueden encontrarse en la página <http://www.sgs-peru-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 parcial, salvo autorización escrita de SGS de Perú S.A.C.

Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para la(s) muestra(s) ensayada(s) y 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.

Última Revisión Julio 2015



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



INFORME DE ENSAYO
MA2121243 Rev. 0

NILSON ESIDIO DIAZ PEREZ

PASAJE LOS DIAMANTES N° 153 Y 147 - CAJAMARCA - CAJAMARCA - CAJAMARCA

ENV / LB-349863-005

Fecha de Recepción SGS : 21-07-2021

Fecha de Ejecución : Del 21-07-2021 al 27-07-2021

Muestreo Realizado Por : CLIENTE

Estación de Muestreo
ESTACION 7

Emitido por SGS del Perú S.A.C.

Impreso el 27/07/2021

Frank M. Julcamoro Quispe

C.Q.P. 1033

Coordinador de Laboratorio

"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



**INFORME DE ENSAYO
MA2121243 Rev. 0**

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					ESTACION 7	
FECHA DE MUESTREO					20/07/2021	
HORA DE MUESTREO					14:00:00	
CATEGORÍA					AGUA DE PROCESO	
SUB CATEGORÍA					AGUA DE LIXIVIACIÓN	
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre	
Análisis Químicos						
Demanda Bioquímica de Oxígeno	EW APHAS210B CX	mg/L	1.0	2.6	1,665.0 ± 199.8	
Demanda Química de Oxígeno	EW APHAS220D CX	mg O ₂ /L	1.8	4.5	3,517.6 * ± 914.8	
Carbono Orgánico Total	EW APHAS110B	mg C/L	0.2	0.5	1,256.3 * ± 376.9	

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.

(*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el INACAL-DA.



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



**INFORME DE ENSAYO
MA2121243 Rev. 0**

CONTROL DE CALIDAD

LC: Línea 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	MSD %RPD
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	2.6	<2.6	9 - 10%	97 - 98%	98 - 100%	0 - 2%
Carbono Orgánico Total	mg CL	0.5	<0.5		99 - 105%	98 - 106%	0 - 2%
Demanda Química de Oxígeno	mg/20L	4.5	<4.5		102%	101%	1%



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



**INFORME DE ENSAYO
MA2121243 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
EW_APHA5310B	Callao	Carbono Orgánico Total	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5310 B, 23rd Ed. 2017. Total Organic Carbon High-Temperature Combustion Method.

"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 por la Compañía bajo sus Condiciones Generales de Servicio, que pueden encontrarse en la página <http://www.sgs.peru-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 parcial, salvo autorización escrita de SGS de Perú S.A.C.

Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para la(s) muestra(s) ensayada(s) y 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.

Última Revisión Julio 2015

Anexo C

Ficha técnica del Difusor

Ítem	Cant.	Descripción
01	01 Und.	<p>DISCO DIFUSORES DE BURBUJA FINA 12"</p> <p>Marca: Flowen Modelo: HSPD 304</p> <ul style="list-style-type: none"> • Caudal de Diseño: 2.5-10 m³/h. • Área efectiva: 0.325 – 1.3 m². • Diámetro del difusor: 12" • Material Membrana: EPDM • Tipo Plato • Conexión: ¾" NPT • Diámetro del Conector: ¾" • Temperatura de trabajo: Hasta 100 °C <p>• Note: no incluye Conectores difusores</p> 

Anexo D

FICHA DE CARACTERIZACIÓN DE LOS LIXIVIADOS

REALIZADO POR:	LOZANO RODRIGUEZ ESLI RUT, DIAZ PERES NILSON			EQUIPOS UTILIZADOS:
FECHA		HORA		
CODIGOS DE MEDICION	RESULTADOS DE PARAMETROS DE MEDICION			
	PARAMETROS FISICO - QUIMICO			
	Carbon organico total	Demanda química de oxígeno	Demanda bioquímica de oxígeno	Temperatura
Unidades de Medidas	mg/L	mg/L	mg/L	°C

Anexo E

Cadena Custodia

SGS **CADENA DE CUSTODIA DE SUELOS, SEDIMENTOS Y LODO**

Clientes: **Wilson Díaz Pérez** **Facilidades:**

Proyecto: **Proyecto de saneamiento con burbujas de oxígeno en las pozas de lixiviación de la planta de tratamiento de aguas residuales de Cajamarca**

Ubicación: **Alameda del General G. 21**

Fecha: **19/07/2021**

Operador: **Esli Rut Lozano Rodríguez**

Observaciones:

Nº	Descripción de la muestra	Profundidad (cm)	Fecha	Hora	Nº de envases (Plástico / Vidrio)	Ensayo / Presentación
1	limpiada	300	19/07/21	3pm	V V V V V V V V	Cuentos Oxígeno total DBO ODB
2	limpiada	700	19/07/21	3pm	V V V V V V V V	

RECIBIDA O SGS del Perú S.A.C. 19 JUL. 2021