

Activated Carbon Filters in the Infiltration Field of Basic Sanitation Units - Cajamarca.

Franklin Yahunzon Medina Zamora, Ing.¹; Cristhian Raffhael Ruiz Sánchez, Ing.²
Kely Elizabeth Núñez Vásquez, Mg.³

¹Universidad Privada del Norte (UPN), Cajamarca – Perú, N00027857@upn.pe

²Universidad Privada del Norte (UPN), Cajamarca – Perú, N00038816@upn.pe

³Universidad Privada del Norte (UPN), Cajamarca – Perú, kely.nunez@upn.edu.pe

Abstract – The present investigation aims to incorporate activated carbon filters in the infiltration field of Basic Sanitation Units (UBS) with hydraulic drag to improve the quality of the effluent. For this, two UBS from the La Manzanilla town center were used, in which a prototype was adapted in such a way that it resembles an infiltration field with activated carbon filters and that allows effluent samples to be taken to the laboratory and determine the concentration of substances to then be compared with the LMP established by MINAM. The results show the average removal of the following parameters after passing through the activated carbon filter: 94.95% of total solids in suspension, 79.75% of Biochemical Oxygen Demand (BOD), 82.00% of Chemical Oxygen Demand (COD), 99.45% oils and fats and 64.50% thermotolerant coliforms. Concluding that this wastewater treatment allows a removal of physicochemical and microbiological substances below the Maximum Permissible Limits (LMP) established by the Ministry of the Environment (MINAM), improving the quality of the effluent, with the exception of the parameter thermotolerant coliforms that exceeds on average 65% of the LMP.

Keywords: Activated carbon, filter, Maximum Permissible Limits, removal, wastewater.

Filtros de Carbón Activado en el Campo de Infiltración de Unidades Básicas de Saneamiento - Cajamarca.

Franklin Yahunzon Medina Zamora, Ing.¹; Cristhian Raffhael Ruiz Sánchez, Ing.²
Kely Elizabeth Núñez Vásquez, Mg.³

¹ Universidad Privada del Norte (UPN), Cajamarca – Perú, N00027857@upn.pe

² Universidad Privada del Norte (UPN), Cajamarca – Perú, N00038816@upn.pe

³ Universidad Privada del Norte (UPN), Cajamarca – Perú, kely.nunez@upn.edu.pe

Resumen – La presente investigación tiene como objetivo incorporar filtros de carbón activado en el campo de infiltración de Unidades Básicas de Saneamiento (UBS) con arrastre hidráulico para mejorar la calidad del efluente. Para ello, se utilizó dos UBS del centro poblado La Manzanilla, en las que se adaptó un prototipo de tal forma que se asemeje a un campo de infiltración con filtros de carbón activado y que permita tomar muestras del efluente para ser llevadas al laboratorio y determinar la concentración de sustancias para luego ser comparado con los LMP establecidos por la MINAM. Los resultados muestran el promedio de remoción de los siguientes parámetros luego de pasar por el filtro de carbón activado: 94.95% de sólidos totales en suspensión, 79.75% de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), 82.00% de Demanda Química de Oxígeno (DQO), 99.45% de aceites y grasas y 64.50% de coliformes termotolerantes. Concluyendo que este tratamiento de aguas residuales permite una remoción de sustancias fisicoquímicas y microbiológicas por debajo de los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos por el Ministerio del Ambiente (MINAM) mejorando la calidad del efluente, a excepción del parámetro coliformes termotolerantes que excede en promedio 65% del LMP.

Palabras clave: Carbón activado, filtro, Límites Máximos Permisibles, remoción, aguas residuales.

I. INTRODUCCIÓN

Según el sistema de Información Ambiental Regional (SIAR). A nivel de provincias de Cajamarca solo el 40.15% tienen plantas de tratamiento de aguas residuales de las cuales solo el 15.38% funcionan regularmente. Los problemas de los servicios de saneamiento en el ámbito rural son, déficit de cobertura y la baja calidad en la provisión de agua apta para el consumo humano, los cuales generan como consecuencia, riesgos para la salud y contaminación ambiental por la inadecuada disposición de excretas. La alta diferencia entre las brechas de cobertura y calidad (24,7% y 96,8% respectivamente) está asociada a la baja sostenibilidad de los sistemas, siendo las causas directas de esta problemática: una inadecuada gestión financiera por parte de los prestadores de servicios debido a que las cuotas no cubren los costos de

operación y mantenimiento; una limitada gestión técnica en la provisión de agua y alcantarillado; un deficiente mantenimiento de la infraestructura, pues no cuentan con el personal capacitado y las herramientas necesarias; y una limitada/insuficiente valoración del servicio por parte de la comunidad [1].

La complejidad del sistema de tratamiento está en función de los objetivos que se establezca para el efluente resultante de dicho tratamiento. Teniendo en cuenta el gran número de operaciones y procesos disponibles para la depuración de las aguas residuales es común hablar de niveles de tratamiento, los cuales para fines prácticos han sido clasificados como: preliminar o pretratamiento, tratamiento primario, tratamiento secundario y tratamiento terciario o avanzado. Las aguas grises y los efluentes provenientes del tratamiento primario en tanques sépticos u otros, requieren necesariamente de un tratamiento final, antes de su disposición al ambiente, ya que su carga orgánica y patógena aún no ha sido totalmente removida. Este proceso puede ser realizado en campos de infiltración [2].

El saneamiento básico, es una prioridad que se ubica en el contexto de erradicar la pobreza y el hambre. Las unidades básicas de saneamiento con arrastre hidráulico, es un sistema de disposición de excretas, que incluye un dispositivo prefabricado para el tratamiento primarios, en donde se divide los sólidos y los líquidos que componen el agua residual proveniente de esta unidad [3].

Una solución para la eliminación o la reducción de la concentración de compuestos contaminantes es el uso de Carbón Activado Granular (CAG), que por ser un adsorbente eficiente y de bajo costo es el más empleado para el tratamiento de aguas residuales. La capacidad de adsorción del carbón activado se debe a que es altamente poroso y posee un área superficial elevada. Esta capacidad de adsorción depende del tamaño medio de las partículas de carbón, del material a partir del cual se preparó y del pH de la solución acuosa, así como de su naturaleza química [4].

En este contexto el uso de Unidades Básicas de Saneamiento con arrastre hidráulico se ha convertido en una de las soluciones para cubrir la brecha saneamiento básico en la zona rural o donde no se cuente con conexión a una red pública de alcantarillado, sin embargo, no se tiene cierto cuidado en las aguas que reingresan al ambiente, las cuales generan cierto nivel de contaminación con el agua del subsuelo y la inadecuada disposición de aguas residuales, es por ello que la presente investigación tiene como objetivo principal determinar la calidad de agua que reingresa al ambiente al incorporar filtros de carbón activado en el campo de infiltración de las Unidades Básicas de Saneamiento con arrastre hidráulico.

Las Unidades Básicas de Saneamiento (UBS) son construidas con paredes de ladrillo o bloque de cemento. También tienen pisos de concreto reforzado con acero, techos hechos principalmente de lámina de zinc (y en algunos casos de otros materiales como tejas de barro, fibrocemento y concreto reforzado), y puertas de madera. Internamente, las unidades disponen de un sanitario con arrastre hidráulico, tubería de drenaje de 110 milímetros con conexión a un pozo séptico para el manejo de las aguas servidas (con o sin revestimiento interior de ladrillos con juntas verticales abiertas), un lavamanos (dentro de la unidad), área para ducha, puntos de suministro de agua y tuberías de drenaje de aguas servidas, así como instalaciones eléctricas para alumbrado interno [5].

Las aguas residuales, son aquellas aguas cuyas características originales han sido modificadas por actividades humanas y que por su calidad requieren un tratamiento previo, antes de ser reusadas, vertidas a un cuerpo natural de agua o descargadas al sistema de alcantarillado [6].

El campo de infiltración está constituido por piedra partida colocada en una capa de 40 cm de espesor, la cual distribuye por el terreno el agua residual que sale del biodigestor, filtrando el efluente al pasar a través del suelo que funciona como un filtro que retiene y elimina partículas muy finas [7].

Los Límites Máximos Permisibles (LMP) de aguas residuales, es la medida de la concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a una emisión, que al ser excedida causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente. Su cumplimiento es exigible legalmente por el MINAM y los organismos que conforman el Sistema de Gestión Ambiental [8].

Principales parámetros presentes en las aguas residuales vertidos a cuerpos de agua:

- Grasas y aceites. Son todas aquellas sustancias de naturaleza lipídica que, al ser inmiscibles con el agua, van a permanecer en la superficie dando lugar a la aparición de natas y espumas. Estas natas y espumas entorpecen cualquier tipo de tratamiento físico o químico, por lo que deben eliminarse en los primeros pasos del tratamiento de un agua residual [9].

- Los coliformes termotolerantes. Las coliformes son una familia de bacterias propias del tracto intestinal del hombre

y los vertebrados de sangre caliente, que fermentan la lactosa con producción de acidez y gas a 44.5 C°, las cuales causan generalmente enfermedades diarreicas [10].

- La demanda química de oxígeno (DQO). Indica el contenido de materia orgánica del cuerpo de agua; se usa para medir el oxígeno equivalente a la materia orgánica oxidable mediante un agente químico oxidante. Es muy usado para medir la materia orgánica en las aguas residuales urbanas e industriales [11].

- Potencial de hidrogeno (pH). Es una escala numérica utilizada para especificar la acidez o alcalinidad de una solución acuosa. Es el logaritmo negativo en base 10 de la actividad del ion Hidrógeno [10].

- Sólidos totales en suspensión. Comprende la materia (orgánica e inorgánica) disuelta, coloidal y en suspensión; debe ser igual o inferior a 150 mL/L [10].

- La Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO). Se usa como una medida de la cantidad de oxígeno requerido para oxidación de la materia orgánica biodegradable, presente en la muestra de agua, como resultado de la acción de oxidación aeróbica [11].

- Temperatura. Influye en el desarrollo de la vida acuática, el oxígeno disuelto y la velocidad de las reacciones químicas y bioquímicas [10].

El carbón activado puede ser granular o en polvo es un material con una alta capacidad de adsorción, está compuesto por un gran número de poros de tamaño similar con una superficie interna entre 500 a 1500 m²/gr. Tiene varios usos como el de depurar el agua, decolorar, desodorizar, adsorber gases o ionizar [12].

II. MATERIALES Y MÉTODOS

A. Relación de materiales.

Tabla 1

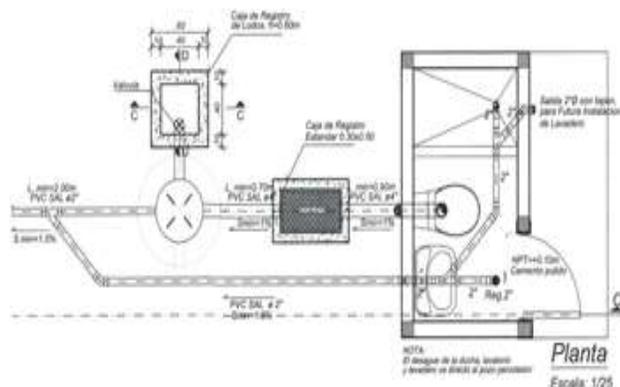
Lista de materiales para construcción de prototipo.

| LISTA DE MATERIALES Y PLOMERÍA | UND | CAD |
|----------------------------------|------|-------|
| Carbón Activo | m3 | 0.039 |
| Tubo PVC SAP Ø 2" x 3 mts CL -10 | und. | 5 |
| TEE PVC S/P Ø 2" CL - 10 | und. | 4 |
| Llave tipo bola PVC Ø 2" | und. | 1 |
| Cinta teflón 1/2" | und. | 1 |
| Codos PVC S/P Ø 2" CL -10 | und. | 3 |
| Llave tipo bola PVC Ø 2" | und. | 2 |
| Reducción PVC S/P Ø 2" a 1/2" | und. | 2 |
| Tapón macho PVC S/P Ø 2" CL -10 | und. | 1 |
| Barril de geomembrana de 2 mm | und. | 1 |
| Arena Gruesa de río | m3 | 0.019 |
| Piedra de 1/2" | m3 | 0.039 |
| Abrazaderas de 3" | und | 3 |
| Pegamento para PVC | gal | 0.1 |

Fuente [13].

- ❖ Materiales a usar en campo: Cierra, pegamento, pico, palana.
- ❖ La arena gruesa y la gravilla: se obtuvo de la cantera Bazán.

-Diseño de la UBS con arrastre hidráulico.



Fuente [13].

B. Método de recolección de datos.

Para la recolección de los datos se realizará el siguiente procedimiento:

- Inspección de campo para identificar las UBS en la que se construirán los prototipos de filtro de carbón activado.

- Coordinar con los propietarios de las viviendas en la que se encuentra la UBS la iniciación de los trabajos de construcción y adaptación del prototipo del filtro de carbón activado a la salida de la tubería del efluente de la UBS.

- Se realizó el diseño y construcción del prototipo de filtro de carbón activado, para luego adaptarlo a la salida de la tubería del efluente de la UBS siguiendo los siguientes pasos:

1°. Tamizaje de materiales que logren cumplir con las especificaciones requeridas como son la gravilla debe tener una granulometría entre los tamices N° 4 y el de ½”, la arena gruesa debe tener una granulometría entre los tamices N° 200 y N° 4 y el carbón activado debe ser del tipo granular con tamaños de partículas entre los tamices N°50 y N°8 (0.5 y 1.5mm).

2°. Preparación y acondicionamiento del terreno donde se ubicará el prototipo del campo de infiltración con carbón activado el cual debe ubicarse por debajo del nivel de la tubería de salida de efluente del biodigestor.

3°. Construcción del prototipo utilizando los materiales tamizados según los espesores, gravilla e= 10 cm, arena gruesa e=5 cm, carbón activado e=20 cm, arena gruesa e=5 cm, gravilla e= 5 cm, suelo e=120 cm, gravilla e=10.

4°. Conexión de tubería de la salida de efluente del biodigestor hacia la entrada del prototipo, instalación de válvula para la toma de muestra e instalación de rebose.

5°. Al finalizar la instalación se procedió a abrir la llave de paso para que pase el efluente por el filtro de carbón activado.

6°. Se realizó la toma de muestras del efluente con los recipientes de plástico y vidrio proporcionados por el Laboratorio Regional del Agua previa coordinación.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, se presenta los resultados obtenidos de la tesis denominada como “Incorporación de filtros de carbón activado en el campo de infiltración de Unidades Básicas de Saneamiento - Cajamarca, 2022.”

A. RESULTADOS DEL ESTUDIO.

Tabla N°2

Resultados del prototipo 1 – 3 usuarios.

| Parámetro | Unidad | LMP | Muestra base | | Efluente | |
|-------------------------------|--------|-------|--------------|-------|----------|--------|
| | | | Día 1 | Día 1 | Día 15 | Día 30 |
| Aceites y grasas | mg/L | 20 | 216.30 | 2.40 | 0.00 | 0.00 |
| Coliformes | NMP/ | | | | | |
| Termotolerantes | 100mL | 10000 | 350000 | 22000 | 22000 | 16000 |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno | mg/L | 100 | 100.20 | 27.30 | 22.60 | 62.30 |
| Demanda Química de Oxígeno | mg/L | 200 | 361.20 | 41.90 | 31.50 | 189.80 |
| pH | unidad | 8.5 | 6.72 | 7.15 | 6.95 | 7.13 |
| Sólidos Totales en Suspensión | mL/L | 150 | 290.00 | 11.80 | 10.60 | 15.00 |
| Temperatura | °C | 35 | 19.14 | 19.14 | 18.89 | 18.26 |

Fuente [13].

Tabla N° 3

Resultados del prototipo 1 – 3 usuarios.

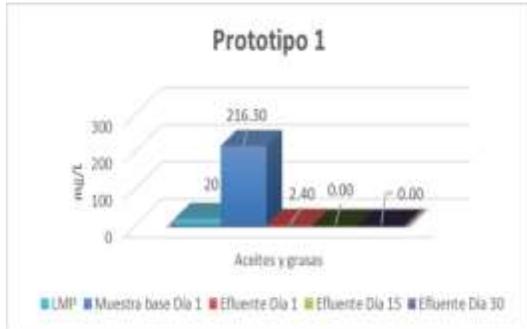
| Parámetro | Unidad | LMP | Muestra base | | Efluente | |
|-------------------------------|------------|-------|--------------|-------|----------|--------|
| | | | Día 1 | Día 1 | Día 15 | Día 30 |
| Aceites y grasas | mg/L | 20 | 19.10 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Coliformes | NMP/ 100mL | 10000 | 17000 | 11000 | 17000 | 170000 |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno | mg/L | 100 | 21.80 | 2.90 | 6.10 | 21.10 |
| Demanda Química de Oxígeno | mg/L | 200 | 74.30 | 18.10 | 12.60 | 62.60 |
| pH | pH | 8.50 | 7.41 | 7.31 | 7.22 | 7.79 |
| Sólidos Totales en Suspensión | mL/L | 150 | 53.00 | 3.20 | 0.00 | 0.00 |
| Temperatura | °C | 35 | 19.16 | 19.15 | 18.91 | 18.23 |

Fuente [13].

En la tabla N° 2 y 3 se muestra los resultados obtenidos del muestreo durante un periodo de 30 días del prototipo 1 y 2 respectivamente, además se especifica los límites máximos permisibles (LMP) establecidos por el MINAM.

B. RESULTADOS POR PARÁMETRO DEL ESTUDIO.

- Aceites y grasas

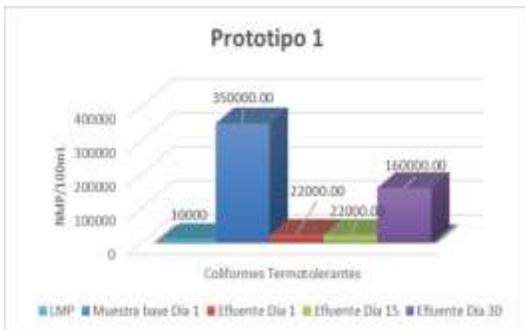


Fuente [13].

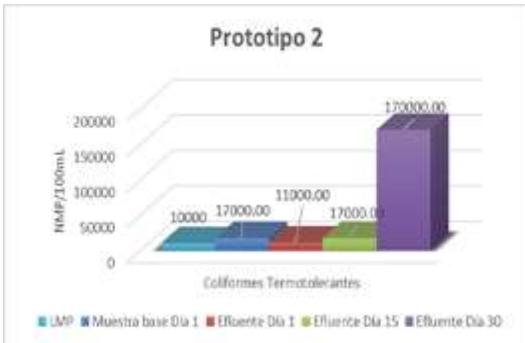


Fuente [13].

-Coliformes termotolerantes

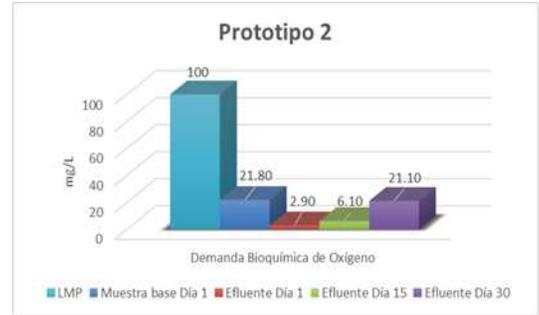


Fuente [13].



Fuente [13].

-Demanda Bioquímica de Oxígeno



Fuente [13].



Fuente [13].

-Demanda Química de Oxígeno

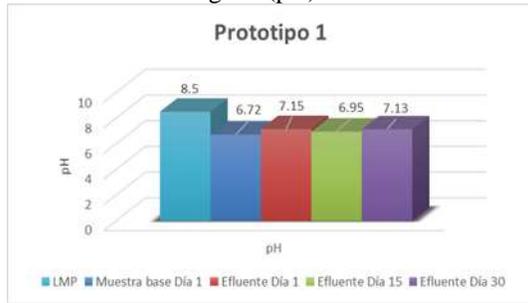


Fuente [13].



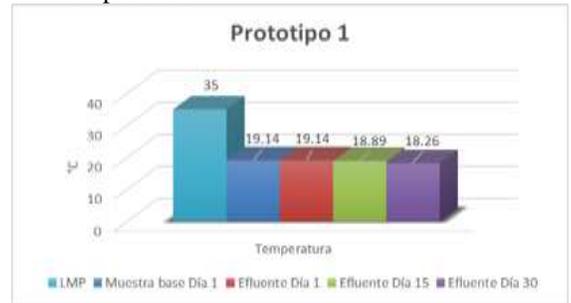
Fuente [13].

-Potencial de hidrógeno (pH)

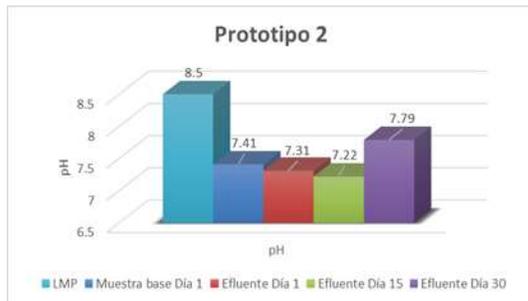


Fuente [13].

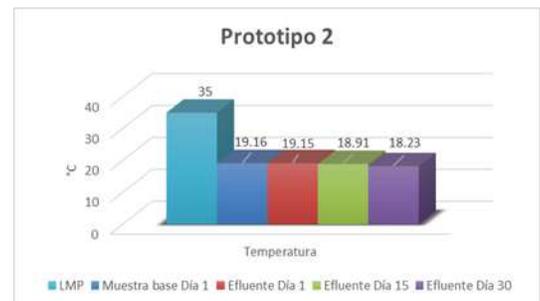
-Temperatura



Fuente [13].



Fuente [13].



Fuente [13].

-Sólidos totales en suspensión



Fuente [13].

C. RESULTADOS DE REMOCIÓN DE SUSTANCIAS POR PROTOTIPO.



Fuente [13].



Fuente [13].

IV. CONCLUSIONES.

La incorporación del filtro de carbón activado en el campo de infiltración de unidades básicas de saneamiento con arrastre hidráulico permite una remoción de sustancias fisicoquímicas y microbiológicas por debajo de los límites máximos permisibles (LMP) establecidos por el Ministerio del ambiente (MINAM) mejorando la calidad del efluente, a excepción del parámetro Coliformes Termotolerantes que excede en promedio 65% del LMP, siendo necesario incorporar un

sistema de tratamiento con cloro para la eliminación de estas bacterias [13].

Al analizar y comparar la concentración de sustancias encontradas en el efluente con los LMP establecidos por el MINAM tenemos, prototipo 1: Aceites y grasas 0.80mg/L < 20 mg/L, Coliformes Termotolerantes 68 000 NMP/100 mL > 10 000 NMP/100 mL, Demanda Bioquímica de Oxígeno 37.40 mg/L < 100 mg/L, Demanda Química de Oxígeno 87.70 mg/L < 200 mg/L, pH 7.10 entre 6.5 – 8.5, Sólidos Totales en Suspensión 12.50 mL/L < 150 mL/L, Temperatura 18.80 °C menor que 35°C. Prototipo 2: Aceites y grasas 0.00 mg/L < 20 mg/L, Coliformes Termotolerantes 66 000 NMP/100 mL > 10 000 NMP/100 mL, Demanda Bioquímica de Oxígeno 10.00 mg/L < 100 mg/L, Demanda Química de Oxígeno 31.10 mg/L < 200 mg/L, pH 7.40 entre 6.5 – 8.5, Sólidos Totales en Suspensión 1.10 mL/L < 150 mL/L, Temperatura 18.80 °C menor que 35°C. [13].

El porcentaje de remoción de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del efluente de los prototipos 1 y 2, luego de pasar por el filtro de carbón activado son los siguientes: Aceites y grasas 98.90% y 100.00%, Coliformes Termotolerantes 93.70% y 35.30%, Demanda Bioquímica de Oxígeno 72.80% y 86.70%, Demanda Química de Oxígeno 88.40% y 75.60%, Sólidos Totales en Suspensión 95.90% y 94.00%, además, se tiene un promedio global de remoción de 89.90% y 78.30% respectivamente [13].

REFERENCIAS

- [1] Ministerio de desarrollo e inclusión social. (2020). Agua con calidad para la población rural. Agua más, 12-13.
- [2] Ministerio del Ambiente. (2009). Manual de Municipios Ecoeficientes. Lima.
- [3] Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2018). Norma técnica: Opciones tecnológicas para sistemas de saneamiento en el ámbito rural. Lima.
- [4] Constantino, L. (2013). Universidad Politécnica de Pachuca. Universidad Politécnica de Pachuca, México.
- [5] Lecca, H. (2010). Nota: En la tabla N° 1 se observa la lista de materiales para la instalación del prototipo haciendo uso del carbón activado. Santiago de Chile.
- [6] Organismo de evaluación y fiscalización ambiental. (2014). Fiscalización ambiental en aguas residuales. Lima.
- [7] Rotoplas Argentina S.A. (2019). Manual biodigestor Autolimpiable. Buenos Aires.
- [8] DECRETO SUPREMO N° 003-2010-MINAM. (2010). Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales. Lima.
- [9] Bravo, C., Osorno, C., & Salgado, E. (2016). Propuesta de un tratamiento para aceites y grasas de las aguas residuales de la microempresa "Productos verdes" laboratorio de biotecnología, Unan - Managua, marzo - julio 2016. (Seminario de graduación para optar al título de. Universidad nacional autónoma de Nicaragua, Managua.
- [10] Sotil, H. (2017). Análisis de indicadores de contaminación bacteriológica (coliformes totales y termotolerantes) en el lago de moronacocha. (Tesis para optar el título profesional de licenciado en ecología). Universidad científica del Perú, San Juan.
- [11] Raffo, E., & Ruiz, E. (2014). Caracterización de las aguas residuales y la demanda bioquímica de oxígeno. Diseño y tecnología, 71-80.
- [12] Escobar, F. (2017). Análisis del carbón activado como filtro en el tratamiento de aguas residuales provenientes de un canal ubicado en el barrio el Porvenir del Cantón Tisaleo, provincia de Tungurahua. (Trabajo experimental previo a la obtención del título de ingeniera civil). Universidad técnica de Ambato, Ambato.
- [13] Medina Zamora, F. Y., & Ruiz Sanchez, C. R. (2022). Incorporación de filtros de carbón activado en el campo de infiltración de Unidades Básicas de Saneamiento - Cajamarca, 2022. Cajamarca