

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO

FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y DE RECURSOS NATURALES

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y DE RECURSOS NATURALES



APLICACIÓN DE ENZIMAS EN LA EFICIENCIA DE TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS DE LA PLANTA PILOTO DE LA FIARN- UNAC 2022

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO AMBIENTAL Y
DE RECURSOS NATURALES

AUTOR:

Bach. JUAN PABLO MIRANDA PEREZ

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Juan Pablo Miranda Perez".

ASESOR:

Mg. DAN SKIPPER ANARCAYA TORRES

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Dan Skipper Anarcaya Torres".

Callao, 2022

PERÚ



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL Y DE RECURSOS NATURALES
(Resolución N° 019-2021-CU del 20 de enero de 2021)



II CICLO TALLER DE TESIS

ANEXO 3

ACTA N° 005-2022 DE SUSTENTACIÓN DE TESIS CON CICLO DE TESIS PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL Y DE RECURSOS NATURALES.

LIBRO 01 FOLIO No. 31 ACTA N°005-2022 DE SUSTENTACIÓN DE TESIS CON CICLO DE TESIS PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL Y DE RECURSOS NATURALES.

A los 16 días del mes de julio del año 2022, siendo las 12:13 horas, se reunieron, en la sala meet: <https://meet.google.com/pdz-iucr-pbo>, el **JURADO DE SUSTENTACION DE TESIS** para la obtención del **TÍTULO profesional de Ingeniero Ambiental y de Recursos Naturales** de la **Facultad de Ingeniería Ambiental y de Recursos Naturales**, conformado por los siguientes docentes ordinarios de la **Universidad Nacional del Callao**:

| | | |
|--------------|---------------------------------------|---------------------|
| Mg. | Edgar Zárate Sarapura | : Presidente |
| MSc. | María Antonieta Gutiérrez Díaz | : Secretaria |
| Ing. | Godofredo Teodoro León Ramírez | : Vocal |
| Mtro. | Dan Skipper Anarcaya Torres | : Asesor |

Se dio inicio al acto de sustentación de la tesis del Bachiller Juan Pablo Miranda Perez, quien habiendo cumplido con los requisitos para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental y de Recursos Naturales, sustentan la tesis titulada: **“APLICACIÓN DE ENZIMAS EN LA EFICIENCIA DE TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS DE LA PLANTA PILOTO DE LA FIARN-UNAC 2022”**, cumpliendo con la sustentación en acto público, de manera no presencial a través de la Plataforma Virtual, en cumplimiento de la declaración de emergencia adoptada por el Poder Ejecutivo para afrontar la pandemia del Covid19, a través del D.S. N° 044-2020-PCM y lo dispuesto en el DU N° 026-2020 y en concordancia con la Resolución del Consejo Directivo N°039-2020-SUNEDU-CD y la Resolución Viceministerial N° 085-2020-MINEDU, que aprueba las "Orientaciones para la continuidad del servicio educativo superior universitario";

Con el quórum reglamentario de ley, se dio inicio a la sustentación de conformidad con lo establecido por el Reglamento de Grados y Títulos vigente. Luego de la exposición, y la absolución de las preguntas formuladas por el Jurado y efectuadas las deliberaciones pertinentes, acordó: Dar por Aprobado con la escala de calificación cualitativa Muy bueno y calificación cuantitativa 16, la presente Tesis, conforme a lo dispuesto en el Art. 27 del Reglamento de Grados y Títulos de la UNAC, aprobado por Resolución de Consejo Universitario N° 099-2021-CU del 30 de junio de 2021.

Se dio por cerrada la Sesión a las 13:02 horas del día sábado 16 de julio del año en curso.

Presidente

Secretaria

Vocal

Asesor

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mis padres por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad; muchos de mis logros se los debo a ustedes. Siempre me motivaron y apoyaron en los momentos difíciles.

A mi novia por su paciencia y comprensión en todo este tiempo, siempre me alentaste a salir adelante y estuviste en los momentos que me sentía sin fuerzas para seguir.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por guiar mis pasos día a día, por darme la oportunidad de cerrar esta etapa valiosa de mi vida, por poner en mi camino a las personas correctas que me motivan a salir siempre adelante.

A la Familia Palacios Martel por haberme apoyado en todo este tiempo deseando siempre cumplir mis metas y progresar.

A mi amigo Kevin Álvarez por el apoyo en todo este tiempo de investigación sacrificando horas y días para poder lograr el objetivo, es allí donde se ve la amistad.

Al Ingeniero Francisco Morales por el apoyo en la PTAR-Callao.

Al Mg. Máximo Baca Neglia por compartir sus valiosos conocimientos y apoyarme.

INDICE

| | |
|--|-----------|
| INTRODUCCIÓN | 8 |
| I.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA..... | 10 |
| 1.1. Descripción de la realidad problemática | 10 |
| 1.2. Formulación del problema | 12 |
| 1.3. Objetivos..... | 13 |
| 1.4. Limitantes de la Investigación..... | 13 |
| II.- MARCO TEÓRICO | 15 |
| 2.1. Antecedentes..... | 15 |
| 2.2. Bases Teóricas | 21 |
| 2.4. Definición de términos básicos | 54 |
| III.- VARIABLES E HIPÓTESIS..... | 61 |
| 3.1 Hipótesis..... | 61 |
| 3.2. Definición conceptual de las variables..... | 61 |
| 3.2.1Operacionalización de variables | 62 |
| IV.- DISEÑO METODOLÓGICO | 65 |
| 4.1 Tipo y diseño de investigación..... | 65 |
| 4.1.1.-Tipo de Investigación | 65 |
| 4.2. Método de investigación | 80 |
| 4.3. Población y muestra | 80 |

| | |
|--|------------|
| 4.4. Lugar de estudio..... | 81 |
| 4.5. Técnicas e instrumentos de recolección de información | 81 |
| 4.6. Análisis y Procedimientos de datos | 82 |
| V.- RESULTADOS..... | 85 |
| 5.1.- Resultados descriptivos..... | 85 |
| 5.2.- Resultados inferenciales..... | 96 |
| VI.- DISCUSIÓN DE RESULTADOS..... | 103 |
| CONCLUSIONES | 108 |
| RECOMENDACIONES | 109 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 110 |

INDICE DE TABLAS

| | | |
|-----------------|--|------------|
| Tabla 1 | <i>Tipos de reactor</i> | 33 |
| Tabla 2 | <i>Matriz operacional</i> | 63 |
| Tabla 3 | <i>Diseño factorial mixto 4x3</i> | 68 |
| Tabla 4 | <i>Determinación Del Tiempo De Retención</i> | 74 |
| Tabla 5 | <i>Instrumento de recolección de datos.</i> | 81 |
| Tabla 6 | <i>Riego de Vegetales y Bebidas de Animales</i> | 84 |
| Tabla 7 | <i>Caracterización inicial comparada con ECA III</i> | 85 |
| Tabla 8 | <i>Valores obtenidos del agua residual antes y después de la aplicación de enzimas</i> | 86 |
| Tabla 9 | <i>Variación de la Temperatura en °C en los tratamientos</i> | 87 |
| Tabla 10 | <i>Variación del Potencial Hidrógeno en unidad de pH en los tratamientos</i> | 89 |
| Tabla 11 | <i>Estadística descriptiva de datos de los tratamientos para remoción DBO</i> . | 91 |
| Tabla 12 | <i>Incremento en la eficiencia de tratamiento DBO aplicando enzimas.</i> | 94 |
| Tabla 13 | <i>Remoción de parámetros.</i> | 94 |
| Tabla 14 | <i>Análisis de varianza (ANOVA).</i> | 99 |
| Tabla 15 | <i>Resumen de los estadísticos de bondad.</i> | 100 |

INDICE DE FIGURAS

| | | |
|------------------|--|------------|
| Figura 1 | <i>Esquema del tratamiento de aguas residuales domesticas</i> | <i>37</i> |
| Figura 2 | <i>Perfiles de Energía de una Reacción</i> | <i>47</i> |
| Figura 3 | <i>Ciclo de interacciones de enzimas y sustratos</i> | <i>50</i> |
| Figura 4 | <i>Inhibición enzimática competitiva y no competitiva</i> | <i>52</i> |
| Figura 5 | <i>Planteamiento de la Investigación Experimental a seguir.....</i> | <i>67</i> |
| Figura 6 | <i>Diseño De Un Reactor Biológico.....</i> | <i>70</i> |
| Figura 7 | <i>Diseño de un Sedimentador.....</i> | <i>71</i> |
| Figura 8 | <i>Procedimiento estadístico Nota. Elaboración propia.....</i> | <i>83</i> |
| Figura 9 | <i>Variación de la Temperatura en unidad °C en los tratamientos</i> | <i>88</i> |
| Figura 10 | <i>Variación del Potencial Hidrógeno en unidad de pH en los tratamientos.....</i> | <i>90</i> |
| Figura 11 | <i>Gráfica de de caja de remoción de DBO₅.....</i> | <i>92</i> |
| Figura 12 | <i>Gráfica de Barras de remoción de DBO% de los resultados obtenidos....</i> | <i>93</i> |
| Figura 13 | <i>Gráfica de remoción de parámetros.....</i> | <i>95</i> |
| Figura 14 | <i>Gráfica de probabilidad normal de residuos.....</i> | <i>97</i> |
| Figura 15 | <i>Diagrama de Pareto.....</i> | <i>98</i> |
| Figura 16 | <i>Gráfica de efectos principales para la remoción de DBO₅.....</i> | <i>101</i> |
| Figura 17 | <i>Gráfica de interacción para la remoción de DBO₅.....</i> | <i>102</i> |
| Figura 18 | <i>Gráfica de contorno para la remoción de DBO₅ vs tiempo de retención hidráulica y dosis de enzimas.....</i> | <i>103</i> |

INDICE DE FOTOGRAFÍAS

| | |
|---|-----------|
| Fotografía 1 <i>Tanque Ecuallizador</i> | 69 |
| Fotografía 2 <i>Reactor Biológico Con Piedras Difusoras</i> | 70 |
| Fotografía 3 <i>Sedimentador</i> | 71 |
| Fotografía 4 <i>Vertimiento de Lodos Activados A Reactor Biológico</i> | 72 |
| Fotografía 5 <i>Compresor de Aire</i> | 73 |
| Fotografía 6 <i>Lodos Activados Estabilizados Aireados</i> | 73 |
| Fotografía 7 <i>Vertido De Agua Residual Doméstica A Tanque Ecuallizador</i> | 75 |
| Fotografía 8 <i>Proceso de Pesaje de Enzimas En Balanza Digital</i> | 75 |
| Fotografía 9 <i>Primera Dosis 10mg/L para un Volumen de 20L</i> | 76 |
| Fotografía 10 <i>Segunda Dosis 20 mg/L para un Volumen de 20 L</i> | 76 |
| Fotografía 11 <i>Tercera Dosis 30 mg/L para un Volumen de 20 L</i> | 77 |
| Fotografía 12 <i>Adición De Enzimas A Reactor Biológico.</i> | 77 |
| Fotografía 13 <i>Agua Tratada En Sedimentador y Toma De Muestra</i> | 78 |
| Fotografía 14 <i>Muestras Clarificadas</i> | 79 |
| Fotografía 15 <i>Muestras Envasados</i> | 79 |
| Fotografía 16 <i>Traslado De Muestras al Laboratorio</i> | 80 |
| Fotografía 17 <i>Multiparámetro pH y Temperatura</i> | 82 |

RESUMEN

El presente trabajo de investigación busca aplicar enzimas en la eficiencia del tratamiento de las aguas residuales doméstica de la Planta Piloto de la FIARN UNAC 2022. Generando la hipótesis que la aplicación de enzimas incrementará dicha eficiencia, se realizó una investigación de tipo aplicada de nivel explicativo usando el método Hipotético-deductivo. Se diseñó y construyó un reactor biológico a escala piloto con capacidad de 30 litros, en el cual se aplicó dosis de enzimas de 0 mg/L (reactor sin enzimas), 10, 20 y 30 mg/L a un tiempo de retención hidráulico de 0.5, 1 y 1.5 días cada una y se monitoreó durante un periodo de 5 días. Teniendo como población los efluentes que se generan en la UNAC mientras que la muestra corresponde 100 L de aguas residuales domesticas que ingresan a la planta piloto. Utilizando como instrumento una ficha de registro de datos. Después del tratamiento se llegó a una máxima de 88.58% de remoción promedio de DBO5 con el tratamiento con la dosis de 10 mg/L de enzimas y en un tiempo de retención hidráulico de 1.5 días. Concluyendo que la aplicación de enzimas tiene un efecto significativo en el tratamiento de aguas residuales domésticas.

Palabras claves: Enzimas, tiempo de retención hidráulica, tratamiento de aguas residuales domésticas.

ABSTRACT

The present research work seeks to apply enzymes in the efficiency of the domestic wastewater treatment of the Pilot Plant of the FIARN UNAC 2022. Generating the hypothesis that the application of enzymes will increase said efficiency, an applied type investigation of explanatory level was carried out using the Hypothetico-deductive method. A pilot-scale biological reactor with a capacity of 30 liters was designed and built, in which doses of enzymes of 0 mg/L (reactor without enzymes), 10, 20 and 30 mg/L were applied at a hydraulic retention time of 0.5, 1 and 1.5 days each and monitored for a period of 5 days. Having as population the effluents that are generated in the UNAC while the sample corresponds to 100 L of domestic wastewater that enters the pilot plant. Using a data recording form as an instrument. After the treatment, a maximum of 88.58% average removal of BOD5 was reached with the treatment with the dose of 10 mg/L of enzymes and in a hydraulic retention time of 1.5 days. Concluding that the application of enzymes has a significant effect in the treatment of domestic wastewater.

Keywords: Enzymes, hydraulic retention time, domestic wastewater treatment.

INTRODUCCIÓN

Dentro de 30 años, la población mundial aumentará en 2.000 millones de personas, pasando de 7.700 millones a 9.700 millones en el 2050, pudiendo llegar a un pico de cerca de 11.000 millones para el 2100 (ONU, 2019), generando así grandes cantidades de aguas residuales. En este contexto, en las últimas décadas, se observa con asombro e inquietud el grado de contaminación de los cuerpos receptores (ríos y corrientes subterráneas, lagos, estuarios y el mar) y la búsqueda de formas de solucionar tal problema sin tener repercusiones en el medio ambiente. Razón por la cual, la presente investigación brinda una alternativa de solución mediante la aplicación de enzimas en la eficiencia del tratamiento de aguas residuales domésticas a escala piloto. Teniendo como objetivo general, Aplicar enzimas en la eficiencia de tratamiento de aguas residuales domésticas de la planta piloto de la FIARN-UNAC 2022. Para lograr dicho objetivo se utilizó un diseño factorial mixto 4x3 siendo los factores Dosis de enzimas y tiempo de retención hidráulica, cada muestra se realizó por duplicado. Se diseñó y construyó un reactor a escala piloto para tener un mejor control en la parte de experimentación. El parámetro DBO al ser el parámetro más importante en las aguas residuales domésticas. Se tomó como referencia para determinar la eficiencia del tratamiento. Las muestras fueron llevadas a un laboratorio acreditado validando así los resultados de las mismas. En los diferentes capítulos que contienen esta investigación se presenta más detallada la información mencionada. En el capítulo I se expone las generalidades de la presente investigación, es decir, que problema se pretende resolver, los

objetivos que se cumplirán en el desarrollo de la investigación; así como los limitantes que se encontró durante su ejecución. En el capítulo II se incorpora antecedentes relacionados a las variables de la investigación, asimismo se realiza una revisión documental, la cual va dirigida a la identificación y selección de información que permita conceptualizar la problemática a solucionar. En el capítulo III se encuentra las hipótesis y la Operacionalización de las variables en términos medibles, en el capítulo IV se describe la metodología con el cual se desarrolló el trabajo de investigación para la realización de los objetivos trazados con anterioridad. En el capítulo V se presenta de forma descriptiva e inferencial la información obtenida producto de la aplicación de la metodología empleada, la cual responde a los objetivos de la presente investigación. En capítulo VI se responde a las hipótesis del capítulo III y a su vez se compara los resultados obtenidos con otros estudios similares, En el apartado de conclusiones se brinda el cierre de la investigación señalando lo obtenido en los resultados descriptivos e inferenciales; Finalmente se proporciona las recomendaciones adecuadas para próximas investigaciones.

I.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la realidad problemática

En el siglo XVII, los ríos eran fuente principal de abastecimiento de agua potable, pero estaban muy contaminados debido a que los desechos fecales eran lanzados a las calles, estos llegaban a los ríos y generaban enfermedades, tales como el cólera y la tifoidea. En 1835, en Reino Unido, se reconoce como riesgoso el consumo de esta agua, por lo que, Henry Doulton fabricó un “filtro” que tiempo después sería el primer tratamiento aprobado mundialmente de aguas residuales creados (Diosdado et al., 2019).

Según Diosdado et al.(2019), la evolución del estudio de enzimas y de las aguas residuales e hitos importantes se dio de la siguiente manera: en el 1913, el proceso de lodos activados es desarrollado y demostrado en Estados Unidos; en 1968, comienza el reúso potable de las aguas residuales; en 2007, Venezuela tiene la investigación de "Uso de enzimas tipo Ureasa para tratamiento de aguas con alto contenido en nitrógeno orgánico; en 2013, en Tunisia, se tiene la investigación sobre Uso de lacasa extraída de *Trametes Sp.* para el tratamiento de las aguas residuales de la industria del aceite de oliva; en 2019, diversas técnicas enzimáticas desarrolladas para el tratamiento de aguas contaminadas con agentes específicos.

Siendo en la actualidad Malta, Irlanda y Portugal los países que lideran los tratamientos biológicos en el mundo (Locken, 2018).

De acuerdo con la ONU (2019), para el año 2050 se estima un crecimiento entre un 20% y un 30% de la demanda mundial actual de agua, la cual que es alrededor de cuatro y medio de trillones de litros al año.

La Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento informó que solo, en el 2015, se ha reportado el tratamiento de 65.4 % del total de las aguas residuales generadas por 28 de un total de 50 empresas prestadoras de servicios de saneamiento. Las empresas restantes (22) no reportaron el tratamiento de aguas residuales.(Ministerio de Vivienda, Contrucción y Saneamiento [MVCS], 2017).

Mientras que en el 2020 se alcanzó un 77.5 % en tratamiento de aguas residuales, aún hay empresas (23) que no realizan tratamiento de aguas residuales y otras que reportan volúmenes de tratamiento pero no es efectivo dicho tratamiento, asociado a los límites máximos permisibles para los efluentes de Plantas de tratamiento de aguas residuales Domésticas o municipales.(Ministerio de Vivienda, 2021)

Según la Universidad Nacional del Callao (2019) la cantidad de ingresantes en el ciclo 2019-A fue 12049 estudiantes, considerando que hay 10 ciclos en cada carrera universitaria y asumiendo que el consumo por persona/día es el 30% del establecido (100L) por la OMS; Se estima que la ciudad universitaria, consume un caudal promedio de agua potable de 3 614.7 m³/día, generando así una cantidad considerable de aguas residuales domésticas y, por ende, es necesario poder tratar las aguas residuales generadas y reusarlas.

Si bien es cierto, existe una planta de tratamiento de aguas residuales domésticas, esta es una planta a escala piloto enfocada a la investigación, la cual trata las aguas residuales mediante un sistema convencional de lodos activados y con un bajo porcentaje de remoción de parámetros físicos y químicos considerables (DBO5, DQO, SST, Aceites y grasas, entre otros), por cual, es necesario encontrar un tratamiento alternativo para hacerlo aún más eficiente.

Por tal motivo, la presente investigación busca una mayor eficiencia en el tratamiento de aguas residuales domésticas mediante la aplicación de enzimas, la cual optimizaría los recursos al reducir el tratamiento en un menor tiempo; además, de obtener un agua tratada que cual podrá ser usada para riego de áreas verdes de la UNAC.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Formulación del problema general

¿Cuál será la aplicación de enzimas en la eficiencia de tratamiento de aguas residuales domésticas de la planta piloto de la FIARN-UNAC 2022?

1.2.2. Formulación del problema específico

- ¿Cuál será la dosis de enzimas en la eficiencia de tratamiento de aguas residuales domésticas en La planta piloto de la FIARN-UNAC 2022?
- ¿Cuál será el tiempo de retención en la eficiencia de tratamiento de aguas residuales domésticas en la planta piloto de la FIARN-UNAC 2022?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Aplicar enzimas en la eficiencia de tratamiento de aguas residuales domésticas de la planta piloto de la FIARN-UNAC 2022

1.3.2. Objetivos específicos

- Identificar el efecto de la dosis de enzimas en la eficiencia de tratamiento de aguas residuales domésticas en la planta piloto de la FIARN-UNAC 2022.
- Identificar el efecto del tiempo de retención en la eficiencia de tratamiento de aguas residuales domésticas en la planta piloto de la FIARN-UNAC 2022.

1.4. Limitantes de la Investigación

1.4.1. Teórica:

Una de las limitantes encontradas de la presente investigación fue la escasa información existente respecto al uso de enzimas en los tratamientos de aguas residuales, la cual se manifestó en el apartado de antecedentes sobrepasando la cantidad de años de antigüedad requerida (5 años).

1.4.2. Temporal:

Dado que la presente investigación se desarrolla a escala piloto se presenta como una de las limitantes el poco tiempo de almacenamiento que pueden tener las aguas residuales domésticas en un contenedor, ya que aproximadamente son 5 días. Esto hace que cada 4 días se tenga que renovar las aguas residuales al tanque de almacenamiento. Otra limitante es el tiempo que dura el II ciclo de tesis por lo que el tiempo de experimentación se acorta.

1.4.3. Espacial:

Debido a la pandemia generada por el Covid-19, el lugar donde se plantea la realización de la presente investigación (Universidad Nacional Del Callao) se encuentra parcialmente cerrada, lo cual genera que no sea de fácil acceso y, por consiguiente, el incumplimiento del cronograma de actividades establecido.

II.- MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1 Investigaciones Internacionales

Alpírez et al. (2017), en la Evaluación de un sistema biológico de lodos activados a escala laboratorio, tuvo como objetivo monitorear y evaluar el funcionamiento de un sistema de lodos activados para tratar aguas residuales, consistió en un reactor completamente mezclado. Se tomó un tiempo de retención hidráulico (TRH) de 29.3 horas (1.2 días). Se midieron parámetros como: pH,ST,SS,SV,DQO,DBO₅. Los resultados mostraron que el sistema logró una remoción de un 83% en el parámetro de la DBO₅, para SST 70%, DQO (54%) los demás parámetros presentaron una remoción promedio; Concluyendo que, en base a los resultados obtenidos queda demostrada la eficiencia del sistema de lodos activados en donde se alcanzó un 83% de eficiencia de DBO₅.

Albán Quinto & Tumbaco Castillo (2018), en el Estudio de Tratabilidad Utilizando la Enzima Bioenzymar para el uso de tratamiento de aguas residuales de la industria cartonera”, tuvieron como objetivo Evaluar el comportamiento de un catalizador enzimático Bioenzymar por medio de un reactor biológico para tratamientos y descarga de aguas residuales en industrias cartoneras, utilizó la siguiente metodología: adaptar las enzimas en un medio anaerobio y aerobio proporcionado a diferentes dosis en un tiempo de 5 días con la finalidad de conocer cuál es el mejor medio para las enzimas.

Obteniendo que a un 15 mg/l se logra remover un 89% DQO y un 95% DBO
Concluyendo que: La unión de la enzima Byoenzimar y la bacteria Q-Biotreatment resultó una combinación adecuada y eficiente a la hora de degradar la carga orgánica presente en agua residual de la industria cartonera.

Mendoza (2016) en la Evaluación a la Aplicación de la Tecnología Limpia con Enzimas Biocatalizadoras (Biowish Aqua Fog) para el Tratamiento de las Aguas Residuales Industriales (Ari) Contaminadas por Hidrocarburos en la Estación de Servicio New Norean en Aguachica-Cesar, Ocaña-Colombia, tuvo como objetivo evaluar la aplicación de la tecnología limpia con enzimas biocatalizadoras (Biowish Aqua Fog) para el tratamiento de las ARI contaminadas por hidrocarburos. Las enzimas se vertieron a 4 colectores (1 de testigo y 3 experimentales) con un tiempo de retención de 3 días. Los resultados mostraron que al aplicarle las enzimas biocatalizadoras 1.5 g/l dosis optima (producto comercial Biowish Aqua Fog) de acuerdo al tiempo de retención y concentración utilizadas, se obtuvo la remoción de los parámetros DBO (50%), DQO(50%), SST(55.43%), grasas y aceites(50.74%) e Hidrocarburos(50.96%), concluyendo que conforme a la norma ambiental decreto 1594/84, no cumplen con el porcentaje de remoción en carga >80%. Los parámetros de pH, DBO, DQO, grasas y aceites e Hidrocarburos reflejados en el STARI como un sistema, que tiene entrada y una salida disminuyeron en sus cargas durante la aplicación del producto, diferente a los SST que requieren de un tratamiento aún más específico para su tratamiento y disminución del mismo.

Cevallos y Cevallos (2017) en la Descontaminación de Aguas y Lodos usando Enzimas y Bacterias: Evaluación de tres productos Biorremediadores parte 1: Uso de procesos Aerobios”, tuvieron como objetivo Evaluar los resultados de aplicar tres productos que se venden en la ciudad de Guayaquil como biorremediadores y/o biopromotores, constituidos. Se utilizó uno de los reactores como testigo o blanco (reactor T). En los otros tres se dosificaron, separadamente, cada uno de los biorremediadores a investigar que, para propósitos de este artículo, se mencionan como A, B, y C. los resultados muestran que respecto al testigo se obtuvo DQO 39.42 mg/L , Coliformes fecales 30.50 (NMP/100ml). Producto A se obtuvo DQO 27.34 mg/L, Coliformes fecales 109 (NMP/100 ML). Producto B se obtuvo DQO 1659.49 mg/L ,Coliformes fecales 444.75 (NMP/100 ML) producto C abandonó los ensayos por el deterioro del agua por su producto. Concluyendo que los productos usados, no produjeron mejoras significativas ni en la calidad de las aguas ni en la calidad de lodos contaminados con aguas residuales domésticas e industriales, al compararlos con los resultados obtenidos en el reactor control o testigo donde ningún producto se usó. Dos de los tres productos comerciales sólo empeoraron la situación. Se usó 1.5 mg/L para el reactor A, pero no tuvo una eficiencia significativa respecto al reactor testigo.

Chalen et al. (2017) en la Eliminación de la materia orgánica e inorgánica presentes en el agua residual de una industria de pulpa de fruta empleando un catalizador enzimático, tiene como objetivo mitigar los impactos ambientales

que ocasiona el vertido de este efluente industrial sin tratamiento. Se realizó el tratamiento secundario con la utilización de un catalizador enzimático (10 g/L) para acelerar el proceso de degradación de la materia orgánica con aireación prolongada. Los resultados fueron que a 10 g/L de enzima se logró una remoción después del tratamiento secundario de la degradación de la materia orgánica obteniendo un agua residual chocolatada con un porcentaje de remoción en DQO del 82 %, DBO 77.6 %, aceites y grasa 63.2 % . Concluyendo que con un tratamiento secundario se obtienen buen porcentaje de remoción de contaminantes. Para eliminar el color y la turbiedad del agua degradada biológicamente aplicaron un tratamiento terciario y desinfección obteniendo un efluente dentro de los límites permisibles para descarga a un cuerpo de agua.

2.1.2 Investigaciones Nacionales

Rodriguez (2016), Tuvo como objetivo determinar la dosis óptima de enzimas y bacterias en la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas para riego de áreas verdes en el country club la planicie. Realizando un ensayo de dosificación de enzimas aplicándolo en el tratamiento de aguas residuales doméstica para cumplir con los estándares de calidad de agua para riego de áreas verdes del CCLP. Los indicadores a medir fueron: DBO; DQO; aceites y grasas; Coliformes totales; Potencial hidrógeno; sólidos totales en suspensión. Los resultados mostraron que con 0.21 mg/L de dosificación de enzimas para un caudal de 26 L/s con un tiempo de retención de 7 días. Se obtienen mejores resultados en remoción de 97% de DBO5 a escala real y a escala piloto un 99%, aceites y grasas (96.68%), Coliformes fecales (99.83%) DBO5 y DQO

(92.54) SST (63.70%). Concluyendo que en base a los resultados obtenidos la aplicación de enzimas ayuda a reducir los contaminantes en un nivel óptimo para utilizarlo en riego de áreas verdes cumpliendo con el ECA III.

Wester (2019), en el Efecto del PH, Tiempo de Retención y tipo de Bioreactor sobre la eficiencia del Tratamiento de aguas residuales Huancayo 2018. Tiene como Objetivo general Analizar el efecto del pH, tiempo de retención y tipo de Bioreactor sobre la eficiencia del tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Huancayo, como población se tomó las aguas residuales de todos los colectores que se vertían al río Mantaro. Los indicadores medidos fueron los siguientes: oxígeno disuelto; DBO; SST y Coliformes. Se trabajó con un set de 5 reactores trabajando de distinta manera (aireado permanentemente, agitado mecánicamente, con aireación y agitación, sin aireación ni agitación, air lift de aireación interna) a Ph de 6, 7,8 y a un tiempo de retención de 2, 4,6 días. Los resultados mostraron que, a un pH de 7 con un tiempo de retención de 6 días y con un reactor con aireación y agitación permanente se obtuvieron una remoción de 63.6% (DBO5), 52.9 (SST), 85.5% (Coliformes totales) y 73,9 % (Coliformes fecales) concluyendo que con un reactor con aireación y agitación permanente a 7 de pH y tiempo de retención de 6 días se obtienen remociones que cumplen con la normativa.

Quispe (2021) en la Evaluación de una Mezcla Enzimática Microbiana, en la depuración de agua Residual a condiciones ambientales de Huancayo”. Se desarrolló con la finalidad de evaluar el efecto del control de temperatura y el tiempo de tratamiento aerobio, en la depuración de contaminantes de agua

residual, con una mezcla compuesta de enzimas y microorganismos aerobios, a las condiciones ambientales de Huancayo. Considerando un biorreactor con aireación y agitación manteniendo una temperatura constante (20°C) y caso contrario sin control sobre la temperatura el tiempo de tratamiento es de 5 días. Se utilizó 130 mg/L para un volumen de 10 L de agua residual. Los resultados mostraron que, manteniendo la temperatura de 20°C la rapidez y nivel de depuración de contaminantes es Mayor que cuando el proceso se realiza sin control de temperatura. Luego de 5 días la remoción máxima de la DQO fue de un 97% mientras que sin control de temperatura era menor el porcentaje de remoción. Se concluye que mantener la temperatura a 20°C es favorable y ayuda a la velocidad de degradación de la materia orgánica, el efecto de la temperatura y tiempo de tratamiento son significativos.

Gonzales y Quispe (2020), en la Influencia de los microorganismos eficaces (EM) en el Tratamiento de aguas residuales domésticas en el Distrito de Huancavelica en el 2020, Tienen como objetivo evaluar la influencia de los microorganismos eficaces (EM) en el tratamiento de aguas residuales domésticas en el distrito de Huancavelica en el 2020. Se construyeron 3 recipientes para comparar 3 tratamientos utilizando el agua residual proveniente de la ciudad de Huancavelica exactamente en la salida del desarenador de EMAPA Huancavelica. Los resultados mostraron que a la conclusión de que la eficiencia de remoción de DQO del mes 02, muestra que el recipiente N° 01, es significativamente superior obtuvo con promedio de 8.03 % respectivamente. La eficiencia de remoción de DQO del mes 03, muestra que el recipiente N° 01, es significativamente superior obtuvo con promedio de

3.30% respectivamente. Concluyendo que la eficiencia de tratamiento de las aguas residuales domesticas será inferior a 70 % (65.80%) influenciado por microorganismos eficientes (EM) en la ciudad de Huancavelica.

Castillo y Neira (2018) en la Influencia del PH y Tiempo, en el Tratamiento de Efluentes de Pelambre Curtiduría Orión S.A.C. de Trujillo, Usando Enzimas Boss Tech .Tuvieron como objetivo de determinar si el Tiempo y Ph influyen en la disminución de la DBO, DQO y sulfuros en el tratamiento de aguas residual de pelambre usando enzimas/bacterias Biodigestoras boss tech. La metodología fue la siguiente: se realizó la caracterización inicial del agua para que a dosis fija de 0.8 g/l (recomendada por el proveedor) se analice el mejor ph de remoción y el mejor tiempo de tratamiento. Con el mejor Ph se manipula la dosis de enzimas como una variable para buscar la mejor dosis de enzimas. Obteniendo que a 1.6 g/L se obtienen mejores resultados los cuales fueron: DQO (91.66%), DBO (89.51%) y de Sulfuros (89.98%). Teniendo como conclusiones más importantes: Se concluye que el Ph y el tiempo, influye significativamente en la remoción de la DBO, DQO y sulfuros, en las aguas residuales de la etapa del pelambre de la curtiembre Orión S.A.C de Trujillo.

2.2. Bases Teóricas

2.2.1 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 y vertidas a un cuerpo natural de agua o descargadas al

sistema de alcantarillado. Las aguas residuales se clasifican en aguas residuales industriales, aguas residuales domésticas, aguas residuales municipales (Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental [OEFA], 2014).

2.2.1.1 Aguas residuales domésticas

Las aguas residuales domésticas conocidas también con el nombre de aguas servidas, son aquellas que tienen origen en las actividades de la rutina diaria del ser humano. Las descargas son a través de sistemas de alcantarillado o de vertimientos directos sobre el ambiente. La composición de las aguas residuales domésticas es muy variada y manifiesta características fisicoquímicas y biológicas muy alteradas, las cuales en tal estado no son aptas para el consumo humano (Osorio et al., 2021).

Según el OEFA (2014), son aquellas de origen residencial y comercial que contienen desechos fisiológicos, entre otros, provenientes de la actividad humana, y deben ser dispuestas adecuadamente.

Aguas residuales domésticas: Aquellas procedentes de zonas de vivienda y de servicios generadas principalmente por el metabolismo humano y las actividades domésticas (Rodríguez et al., 2006)

Las aguas residuales urbanas o domésticas son aquellas derivadas de las actividades humanas desarrolladas en el ámbito doméstico, principalmente. Proceden de dos fuentes Principalmente: excreciones y residuos domésticos.(López & Calderon, 2017)

La aguas residuales domésticas: compuestas de aguas negras, aguas grises y potencialmente otros tipos de aguas residuales derivadas de actividades domésticas en asentamiento residenciales (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura [UNESCO], 2017).

Se escogió la definición de aguas residuales domésticas de Osorio, debido a que esta proporciona un panorama más amplio y completo sobre las aguas residuales domésticas, desglosando su definición en elementos brindando así la información para el desarrollo de la investigación

2.2.1.2- Las características de las aguas residuales

La caracterización de las aguas residuales utiliza parámetros que permiten cuantificar los contaminantes definidos y en consecuencia determinar su calidad. Para ello, es común agrupar estos parámetros en las siguientes categorías (Briceño, 2016):

- Características Físicas
- Características Químicas
- Características Biológicas.

A.- Características Físicas

El color, la densidad, la materia coloidal, la turbidez, la temperatura, el olor, la materia sedimentable, materia en suspensión y la materia disuelta abarcan en conjunto el contenido total de sólidos, siendo este, la característica Física más importantes del agua residual (Metcalf & Eddy, 1995).

La legislación de vigente de Costa Rica regula solo tres características siendo estas: la temperatura, los sólidos sedimentables y los sólidos suspendidos totales, a través del reglamento de vertido y reuso de aguas residuales (Decreto N° 33601-MINAE-S de 2007 [Ministerio de Ambiente y Energía], 2007)

Sólidos suspendidos totales (SST)

Sólidos suspendidos sedimentables (S. sed.)

Presentan una característica principal, la cual es de sedimentar por acción de la gravedad en el fondo del contenedor que los alberga; asimismo, forman una parte importante dentro de los sólidos suspendidos. Para realizar el cálculo de este parámetro, se utiliza un instrumento denominado como imhoff dentro del cual se coloca 1000ml (1 litro) de agua residual, esperando aproximadamente una hora; concluido dicho tiempo, se realiza la lectura del resultado.

Con solo determinar el valor en la escala del cono Imhoff que coincide con el nivel del lodo, se puede cuantificar los lodos sedimentables. Siendo la unidad de medida ml/l (Briceño, 2016).

Temperatura (T)

Si partimos que, la temperatura influye en el desarrollo óptimo de la actividad bacteriana siendo esta entre los 25°C y los 35°C, de la misma manera influyen en el desarrollo de la vida acuática y las reacciones de

biodegradación, tenemos que la temperatura es uno de los parámetros más importantes a considerar. (Briceño, 2016).

Teniendo en cuenta la importancia de la temperatura, un cambio brusco de este conduciría a un aumento considerable en la mortalidad de la vida acuática. La proliferación indeseada de hongos y plantas acuáticas se producen por un incremento anormal de la temperatura (Briceño, 2016).

Existen equipos e instrumentos para la medición de la temperatura como los termómetros (digitales o analógicos) , equipos que pueden medir varios parámetros a la vez llamados “multiparámetros” que pueden medir pH , conductividad etc. (Briceño, 2016).

B.- Características Químicas

Los componentes orgánicos, inorgánicos y gaseosos en las aguas residuales establecen las características químicas. A continuación se presenta la de mayor interés (Briceño, 2016):

Grasas y aceites

La eliminación de este parámetro antes de ser dispuesto es que puede alterar con el metabolismo de los microorganismos, a través de la creación de una capa de materia flotante desagradables, lo cual ocasiona la transpiración, fotosíntesis y la respiración (Briceño, 2016).

La presencia de este parámetro en las aguas residuales se generan por el uso de algunos productos, tales como mantequillas, margarinas, manteca y aceites para la elaboración de alimentos, el uso de productos

de aseo, tales como shampoos y jabones, los cuales adicionan un importante porcentaje de grasas al agua residual (Briceño, 2016).

Los procesos para determinar aceites y grasas es mediante la extracción o separación a nivel del laboratorio (Briceño, 2016).

Demanda bioquímica de oxígeno (DBO5)

La demanda bioquímica de oxígeno se define como a la cantidad de oxígeno disuelto ($\text{mg O}_2/\text{l}$) que requieren las bacterias presentes en el agua residual para oxidar biológicamente la materia orgánica o dicho de otra manera, transformar biológicamente los contaminantes en productos menos perjudiciales y de fácil asimilación por los cuerpos receptores. (Briceño, 2016). Se conoce que mientras mayor sea el grado de contaminación orgánica, la relación es directamente proporcional al valor de DBO. Paralelamente, a medida que se estabiliza, la materia orgánica decrece la DBO. (CARE International - Avina, 2012).

La prueba está relacionada a un tiempo y a una temperatura. El tiempo que dura el ensayo es de cinco días a una temperatura de 20°C , razón por la cual se abrevia la prueba de la siguiente manera: $\text{DBO}_5 20$. Bajo dichas condiciones, se espera una disminución aproximada del 70% de la materia Biodegradable presente en el agua residual (Briceño, 2016).

Demanda Química de oxígeno (DQO)

Se define como la cantidad de oxígeno ($\text{mg O}_2/\text{l}$) que es necesaria para oxidar los componentes del agua residual mediante a reacciones

químicas, la cual hace referencia al consumo de oxígeno en las reacciones que transforman los contaminantes del agua residual a nutrientes, gases o sustancias inertes.(Briceño, 2016)

Se sabe que por lo general la DQO es mayor que la $DBO_{5\ 20}$, debido a que la presencia del número de compuestos puede ser oxidados químicamente es mucho mayor en comparación a los que son realizados de manera biológicamente (Metcalf & Eddy, 1998)

La ventaja importante en relación al análisis de la DQO es el poco tiempo que se requiere para su determinación en comparación con la DBO_5 , la cual requiere de cinco días. Asimismo, es fácilmente el establecimiento de una correlación con la DBO_5 de un agua residual particular. (Briceño, 2016).

Las aguas residuales que presentan una relación de DBO_5/DQO cercana a uno podrían indicar un residuo altamente biodegradable; por el contrario, uno cercano a cero indicaría un residuo bajamente biodegradable (Crites & Tchobanoglous, 2000). Además, esta relación DBO_5/DQO posibilita la evaluación del desempeño de las unidades de tratamiento. (Briceño, 2016).

Potencial de hidrogeno, pH

Se define como la concentración de iones hidrogeno (H^-) y es un indicador sobre la acidez, neutralidad o alcalinidad del agua residual.

El intervalo adecuado de pH para la presencia de la mayor parte de la vida biológica es relativamente estrecho entre 5-9.

Oxígeno disuelto

Este parámetro define como la cantidad de oxígeno disuelto que se encuentra disponible en cuerpos de agua. Este parámetro sirve como indicador de la contaminación del agua y de la factibilidad que puede dar para albergar vida animal y vegetal. Los niveles altos en el agua indican una alta tasa fotosintética, principalmente de las plantas acuáticas. Factores como alta intensidad lumínica y la turbulencia del cuerpo de agua pueden incrementar los niveles de oxígeno disuelto (Gualdrón Durán, 2018).

C.- Características biológicas

Las bacterias, los protozoos, las algas y los virus son las principales microorganismos encontrados en las aguas residuales (Briceño, 2016). Existen microorganismos beneficiosos, los cuales son responsables de la biodegradación de la materia orgánica en las plantas de tratamiento de aguas residuales y tanques sépticos. Sin embargo, también existen los organismos patógenos, los cuales pueden generar enfermedades. Estos organismos están presentes en las aguas residuales y su origen es debido a las heces de las personas que están infectadas o que son portadoras de una enfermedad particular (Briceño, 2016).

Debido a que la identificación de los organismos patógenos es compleja, para determinar el grado de contaminación fecal de una muestra de agua

residual se ha fijado como indicador el grupo de los Coliformes fecales debido a su número y facilidad de ensayo (Briceño, 2016).

Coliformes fecales

Coliformes Bacterias Gram negativas no esporuladas de forma alargada capaces de fermentar lactosa con producción de gas a 35 +/- 0,5 °C (coliformes totales). Aquellas que tienen las mismas propiedades a 44.5 +/- 0,2 °C en 24 horas se denominan coliformes fecales (ahora también denominados coliformes termotolerantes). (MVCS, 2015)

2.2.3.- Catálisis enzimática

Las enzimas son catalizadores extraordinariamente activos que en general aceleran en unas 10^{12} veces o más la velocidad de la reacción en la que participan. De todos modos, para entender mejor el mecanismo de la catálisis enzimática es conveniente considerar primero una reacción no catalizada. (Koolman & Heinrich, 2004)

ENZIMA.

Las enzimas son un tipo de proteínas de función catalítica, que regulan las reacciones químicas en los seres vivos, intervienen en muy pequeñas concentraciones, ya que no se consume ni se alteran durante la reacción y hacen posible que a parámetros adecuados de los organismos, las reacciones biológicas puedan desarrollarse a mucha mayor velocidad es decir, mas reacciones en menor tiempo de lo habitual. (Chalen et al., 2017)

Los enzimas son proteínas que tienen la función de acelerar reacciones químicas en sistemas biológicos. Muchas reacciones necesarias para las células vivas no se producirían con la suficiente rapidez a la temperatura y pH del cuerpo sin enzimas. (Devlin, 2019,p.414)

Las enzimas, también conocidas como catalizadores biológicos o biocatalizadores, aceleran de forma sustancial la velocidad a la que transcurren las reacciones químicas (Plou, 2016).

Los enzimas son los catalizadores de los sistemas biológicos y casi todos los enzimas son proteínas. Los enzimas son muy específicos y tienen gran poder catalítico. Pueden aumentar las velocidades de reacción por factores de 10^6 o aún mayores. Muchas enzimas requieren cofactores para su actividad catalítica. Dichos cofactores pueden ser iones metálicos o coenzimas, pequeñas moléculas orgánicas derivadas de vitaminas. (Stryer et al., 2019,p.247)

Las enzimas son proteínas que favorecen y estimulan una reacción química sin sufrir ningún cambio, y permiten que determinadas reacciones se produzcan con más rapidez de lo normal. Son los equivalentes biológicos de los catalizadores químicos. (Claramunt et al., 2015,p.135)

Debido que Chalen Medina desarrolla un concepto mucho más amplio que otros autores teniendo en cuenta los elementos que engloban este concepto esto permitió tener una mayor visión y sustento en el desarrollo de la investigación

Las enzimas para su evaluación en reactores se descomponen en elementos estos son:

- ☐ Concentración de enzimas
- ☐ Parámetros de proceso

Concentración de enzimas:

Cantidad relativa de enzimas mezclada con otra sustancia (EPA, 2021)

Dosis de enzimas:

Cantidad de enzimas administrada o aplicada. (EPA, 2021)

Parámetros de Proceso:

Un control y monitoreo constante del proceso de digestión requiere en primer lugar de la identificación de los parámetros de proceso adecuados, los cuales pueden dar indicios de desequilibrios en el ecosistema microbiano y a la vez Advertir sobre la existencia de perturbaciones externas. La actividad de los diferentes grupos microbianos implicados en el proceso de digestión se puede medir Indirectamente mediante el monitoreo de los metabolitos. En general, hoy en día es posible medir el pH, alcalinidad, caudal, flujo y composición del biogás, AGVs, materia orgánica biodegradable, hidrógeno disuelto, y la toxicidad en línea mediante el uso de sensores e Instrumentos menos costosos. (LOPEZ et al, 2017,p.457)

Tiempo De Retención Hidráulica. (Días)

Es el tiempo que, permanecerá el agua dentro del reactor o tanque de aeración, es una relación entre el volumen del tanque y el caudal de ingreso (Escalante et al, 2006,p.161)

2.3. Conceptual

2.3.1.- Teorías y enfoques de las aguas residuales

Según Pinto (1999) La Teoría que se acomoda más al estudio de aguas residuales domésticas es la Teoría de sistema: Sistema abiertos debido a que en el sistema existe intercambio de materia y energía además tiene un enfoque holístico debido a que la importancia de las variables es de una vista de cómo funcionan en conjunto y no por separados es decir; para determinar si el tratamiento es eficiente no solo se basará en medir u observar un solo elemento o parámetro sino el conjunto de ellos. Basado en el modelo de la caja blanca Relaciones causales: a diferencia del modelo de caja negra en el modelo de sistema de caja blanca no sólo interesa lo que entra y sale del sistema, sino que también estudia lo que sucede dentro del sistema. Para estudiar lo que sucede dentro del sistema se marcan las variables que componen el sistema y se relacionan mediante flechas.

2.3.2.- Sistema de tratamiento aguas residuales con uso de enzimas

2.3.2.1.- Tipo de reactores

Los recipientes, tanques y depósitos en los que tienen lugar las reacciones químicas y biológicas suelen recibir el nombre de reactores. Los principales tipos de reactores empleados en el tratamiento de las aguas residuales son: (1) reactor de flujo discontinuo; (2) reactor de flujo en pistón; (3) reactor de mezcla completa; (4) reactores de mezcla completa conectados en serie; (5) reactor de flujo arbitrario o aleatorio; (6) reactor de lecho fijo, y (7) reactor de lecho fluidificado. Las descripciones de los diferentes reactores figuran en la tabla 1. La clasificación de los cinco primeros se basa en sus características hidráulicas. En esta clase de reactores suelen llevarse a cabo reacciones de tipo homogéneo, mientras que las reacciones heterogéneas suelen llevarse a cabo en reactores de las dos últimas clases.

Tabla 1

Tipos de reactor

| Tipo de reactor | Esquema de identificación | Descripción y/o aplicación |
|--------------------------|---|--|
| <i>Flujo discontinuo</i> |  | El flujo no entra ni sale del reactor. El contenido del líquido está completamente mezclado. Como ejemplo se puede citar el ensayo de DBO, que se lleva a cabo en una botella como reactor de flujo discontinuo. |

*Flujo en
pistón.*



*También
conocido
como flujo
tubular*

Las partículas del fluido pasan a través del tanque y salen con la misma secuencia con la que entran las partículas conservan su identidad y permanecen en el interior del tanque por un tiempo igual al tiempo teórico de detención. Este tipo de flujo puede aproximarse al que se produce en un tanque de gran longitud con una relación longitud/anchura elevada, en el cual la dispersión longitudinal es mínima o nula.

*Reactores
de mezcla
completa o
tanque de
agitado de
flujo
continuo*



La mezcla completa se produce cuando las partículas que entran en el tanque se dispersan de manera inmediata por todo el volumen del mismo. Las partículas salen del tanque en proporción a su población estadística. La mezcla completa se puede obtener en tanques circulares o cuadrados si el contenido del tanque se distribuye uniformemente y continuamente.

*Flujo
arbitrario*



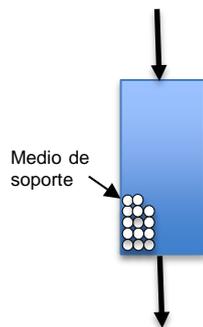
Flujo arbitrario es cualquier grado de mezcla parcial comprendido entre el flujo pistón y la mezcla completa

*Reactores
de mezcla
completa en
serie*



Los reactores de mezcla completa conectados en serie se emplean para modelar el régimen de flujo que corresponde al paso intermedio entre el régimen correspondiente al reactor de flujo pistón y el correspondiente a un reactor de mezcla completa. Si la serie está formada por un solo reactor, prevalece el régimen de mezcla completa, mientras que si la serie consta de infinitos reactores, prevalece el régimen de flujo en pistón

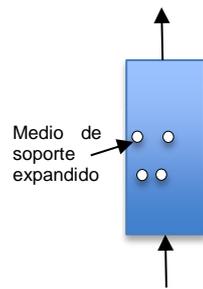
Lecho fijo



Los reactores de lecho fijo se llena con algún tipo de medio tal como piedras, escoria , cerámica o plástico con respecto al flujo, los reactores pueden estar completamente llenos (filtro anaerobio) o dosificados intermitentemente (filtro percolador)

Lecho

Fluidificado



El reactor de lecho fluidificado es similar al reactor de lecho fijo en muchos aspectos, pero el medio se expande por el movimiento ascendente del fluido (aire o agua) a través del lecho. La porosidad del medio se puede variar controlando el caudal del filtro.

Fuente: Metcalf & Eddy 1996

Descripción del proceso

El sistema de tratamiento biológico convencional es una forma de tratamiento por el cual el agua residual entra en contacto con un conglomerado de bacterias. Al ser en su mayoría bacterias aerobias se inyecta aire para luego pasar al sedimentador, estas actividades se verán reforzadas con el uso de enzimas mediante un dosificador.

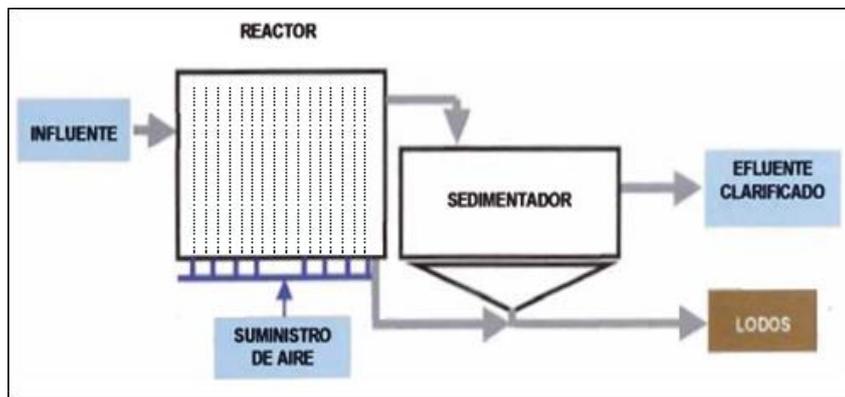
2.3.2.2.- Aspecto general del proceso

En el tratamiento de aguas residuales los microorganismos presentes en dichas aguas comienzan a degradar la materia orgánica reproduciéndose de manera exponencial, dicha degradación da como producto más microorganismos, CO_2 y agua. Ello quiere decir que mientras más microorganismos habrá mayor degradación de materia orgánica pero, cuando la relación entre materia orgánica es mucho menor que la de microorganismos estos empiezan a morir por falta de alimento, en este sentido al proceso se le añaden enzimas que son catalizadores (aceleran la velocidad de proceso)

haciendo que no se genere lodos en exceso. El proceso es aerobio, debido a ello se proporciona al sistema aire mediante unos difusores colocados en la parte inferior del reactor o por aireadores mecánicos superficiales pueden ser fijos o móviles, de esta manera también se logra una mezcla completa. Luego de ello pasa a un sedimentador o clarificador donde el agua decanta y posteriormente desinfectado como se observa en la figura 1.

Figura 1

Esquema del tratamiento de aguas residuales domesticas



Nota. Elaboración Propia

2.3.2.3.- Componentes del sistema de tratamientos de aguas residuales usando enzimas:

A.- Tanque de aireación

Uno o varios para contener el influente donde estará la materia orgánica de la misma manera los microorganismos involucrados en su remoción.

B.- Fuente de aireación

Equipo por cual inyecta aire al tanque aireador para lograr una mezcla completa y de esta manera lograr más contacto entre el agua residual con la biopelícula.

C.- Sedimentador

Tanque en el cual las partículas que se encuentran suspendidas, por gravedad irán a la parte inferior de tanque sedimentador logrando cambiar la turbidez o color del agua, clarificándola.

D.-Mecanismo de purga

El mecanismo de purga se realiza cuando las partículas que sedimentaron aumentan de manera considerable, el cual es un escape en ubicado en la parte inferior del tanque de sedimentación para evacuación de todo el lodo generado.

2.3.2.4 Descripción del proceso

El tratamiento biológico se realiza en condiciones en donde existe una alta disponibilidad de oxígeno, el cual es el medio idóneo para los microorganismos aerobios, en las partes más internas en donde se desarrolla la biopelícula existe una anaerobiosis donde la ausencia del oxígeno se manifiesta, dicho esto en los microorganismos presentan dos reacciones respectivamente.

Aeróbias:

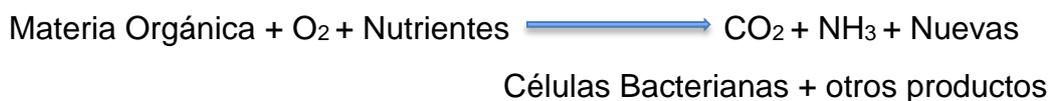


Anaeróbias:



Las actividades de síntesis y respiración que se producen se representan a continuación:

Oxidación y Síntesis:



Respiración Endógena:



Estas reacciones ocurren simultáneamente.

Los elementos como carbono, hidrogeno, nitrógeno, azufre y fosforo, que junto con el oxígeno son componentes de la materia orgánica presente en el líquido a tratar, se encuentran inicialmente como carbohidratos, proteínas y grasas, estas sustancias sirven de alimento a las bacterias para la producción de energía y la biosíntesis de nuevos microorganismos. Estos nuevos microorganismos comienzan a poblar de manera que ayuda a la remoción de materia orgánica.

2.3.2.- Marco normativo de las aguas residuales

Las aguas residuales domésticas están regidas bajo la siguiente normatividad:

- **CONSTITUCIÓN POLÍTICA DEL PERÚ** en su artículo 66 dice que,

Los recursos naturales, renovables y no renovables, son patrimonio de la Nación. El Estado es soberano en su aprovechamiento. Por ley orgánica se fijan las condiciones de su utilización y de su otorgamiento a particulares.(Constitución Política Del Perú, Art.66, 1993)

- **RM N° 176-2010-VIVIENDA — Lineamientos de Política para la Promoción del Tratamiento para el Reúso de las Aguas Residuales Domésticas y Municipales en el Riego de Áreas Verdes Urbanas y Periurbanas en su segundo lineamiento dice que,**

4.2.1. Promover tecnologías de tratamiento de las aguas residuales domésticas y municipales que permitan la eficiente remoción de gérmenes patógenos y otros contaminantes, a fin de proteger la salud de las personas que tienen contacto con las áreas verdes irrigadas. (RM N° 176-2010-VIVIENDA (2010))

4.2.2. Promover tecnologías de tratamiento de las aguas residuales municipales y domésticas que permitan bajos costos de inversión, operación y mantenimiento, considerando las características de los efluentes a tratar, de tal forma que se logre efectivamente sustituir el agua potable utilizada actualmente para el riego de las áreas verdes urbanas y periurbanas.(RM N° 176-2010-VIVIENDA (2010))

- **Ley 28611 — Ley General del Ambiente** en sus diferentes artículos dice lo siguiente:

Artículo 67.- Del Saneamiento básico.- Las autoridades públicas de nivel nacional, sectorial, regional y local priorizan medidas de saneamiento básico que incluyan la construcción y administración de

infraestructura apropiada; la gestión y manejo adecuado del agua potable, las aguas pluviales, las aguas subterráneas, el sistema de alcantarillado público, el reúso de aguas servidas, la disposición de excretas y los residuos sólidos, en las zonas urbanas y rurales, promoviendo la universalidad, calidad y continuidad de los servicios de saneamiento, así como el establecimiento de tarifas adecuadas y consistentes con el costo de dichos servicios, su administración y mejoramiento.(Ley 28611, 2005)

Artículo 120.- De la protección de la calidad de las aguas. - El Estado, a través de las entidades señaladas en la Ley, está a cargo de la protección de la calidad del recurso hídrico del país. El Estado promueve el tratamiento de las aguas residuales con fines de su reutilización, considerando como premisa la obtención de la calidad necesaria para su reúso, sin afectar la salud humana, el ambiente o las actividades en las que se reutilizarán. (Ley 28611, 2005)

Artículo 121.- Del vertimiento de aguas residuales.- El Estado emite en base a la capacidad de carga de los cuerpos receptores, una autorización previa para el vertimiento de aguas residuales domésticas, industriales o de cualquier otra actividad desarrollada por personas naturales o jurídicas, siempre que dicho vertimiento no cause deterioro de la calidad de las aguas como cuerpo receptor, ni se afecte su reutilización para otros fines, de acuerdo a lo establecido en los ECA correspondientes y las normas legales vigentes. (Ley 28611, 2005)

Artículo 122.- Del tratamiento de residuos líquidos. - Corresponde a las entidades responsables de los servicios de saneamiento la responsabilidad por el tratamiento de los residuos líquidos domésticos y las aguas pluviales. El sector Vivienda, Construcción y Saneamiento es responsable de la vigilancia y sanción por el incumplimiento de LMP en los residuos líquidos domésticos, en coordinación con las autoridades sectoriales que ejercen funciones relacionadas con la descarga de efluentes en el sistema de alcantarillado público. Las empresas o entidades que desarrollan actividades extractivas, productivas, de comercialización u otras que generen aguas residuales o servidas, son responsables de su tratamiento, a fin de reducir sus niveles de contaminación hasta niveles compatibles con los LMP, los ECA y otros estándares establecidos en instrumentos de gestión ambiental, de conformidad con lo establecido en las normas legales vigentes. El manejo de las aguas residuales o servidas de origen industrial puede ser efectuado directamente por el generador, a lo establecido en los ECA correspondientes y las normas legales vigentes a través de terceros debidamente autorizados a o a través de las entidades responsables de los servicios de saneamiento, con sujeción al marco legal vigente sobre la materia. (Ley 28611, 2005)

- **D.L. N° 1055 — Decreto Legislativo que modifica la Ley N° 28611, Ley General del Ambiente** en su Artículo 32.- Del Límite Máximo Permissible dice que:

32.1 El Límite Máximo Permisible—LMP, es la medida de la concentración o grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a un efluente o una emisión, que al ser excedida causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente. Su determinación corresponde al Ministerio del Ambiente. Su cumplimiento es exigible legalmente por el Ministerio del Ambiente y los organismos que conforman el Sistema Nacional de Gestión Ambiental. Los criterios para la determinación de la supervisión y sanción serán establecidos por dicho Ministerio. (DL 1055, 2008)

- **Ley N° 29338 — Ley de Recursos Hídricos** en su Artículo 82.-
Reutilización de agua residual. Dice:

La Autoridad Nacional, a través del Consejo de Cuenca, autoriza el reúso del agua residual tratada, según el fin para el que se destine la misma, en coordinación con la autoridad sectorial competente y, cuando corresponda, con la Autoridad Ambiental Nacional. El titular de una licencia de uso de agua está facultado para reutilizar el agua residual que genere siempre que se trate de los mismos fines para los cuales fue otorgada la licencia. Para actividades distintas, se requiere autorización. La distribución de las aguas residuales tratadas debe considerar la oferta hídrica de la cuenca. (Ley N° 29338 , 2009)

- **Decreto Supremo N° 001-2010-AG — Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos** en su Artículo 148.- Autorizaciones de reúso de aguas residuales tratadas dice:

Podrá autorizarse el reúso de aguas residuales únicamente cuando se cumplan con todas las condiciones que se detallan a continuación: Sean sometidos a los tratamientos previos y que cumplan con los parámetros de calidad establecidos para los usos sectoriales, cuando corresponda. Cuente con la certificación ambiental otorgada por la autoridad ambiental sectorial competente, que considere específicamente la evaluación ambiental de reúso de las aguas. En ningún caso se autorizará cuando ponga en peligro la salud humana y el normal desarrollo de la flora y fauna o afecte otros usos. (Decreto Supremo N° 001-2010-AG , 2010)

- **Decreto Supremo N° 015-2015-MINAME Estándares Nacionales de Calidad Ambiental** para Agua Artículo 1.- Modificación de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua, aprobados por Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM. Dice:

Modifíquese los parámetros y valores de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, aprobados por Decreto Supremo N° 002-2008- MINAM, detallados en el Anexo de la presente norma. (D.S. N° 015-2015-MINAM, 2015)

- **Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM — Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias** Artículo 1.- Objeto de la norma. Dice:

La presente norma tiene por objeto compilar las disposiciones aprobadas mediante el Decreto Supremo N° 002-2008-M1NAM, el Decreto Supremo N° 023-2009- MINAM y en el Decreto Supremo N°015-2015-MINAM, que aprueban los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, quedando sujetos a lo establecido en el presente Decreto Supremo y el Anexo que forma parte integrante del mismo. Esta compilación normativa modifica y elimina algunos valores, parámetros, categorías y subcategorías de los ECA, y mantiene otros, que fueron aprobados por los referidos decretos supremos.(D.S. N° 004-2017-MINAM, 2017)

- ***Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM- Límites Máximos Permisibles de efluentes de Plantas de Tratamientos de Aguas Residuales Domésticas o Municipales*** en su Artículo 1.- Aprobación de Límites Máximos Permisibles (LMP) para efluentes de Plantas de Tratamiento de Agua Residuales Domésticas o Municipales (PTAR). Dice:

Aprobar los Límites Máximos Permisibles para efluentes de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales, los que en Anexo forman parte integrante del presente Decreto Supremo y que son aplicables en el ámbito nacional. (D.S. N° 003-2010-MINAM, 2010)

- ***Norma OS. 090 PLANTAS DE TRATAMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES***

2.3.3.-Teorías y enfoques de las enzimas

Según Pinto (1999) En la teoría ambiental que más se asemeja al estudio de la enzimas es el sistema cerrado debido a que hay una entrada y salida de energía pero no de materia no hay perdida de enzimas ya que la función de la enzima es de acelerar los procesos sin sufrir cambio alguno. Con un enfoque holístico debido que no puedo analizar solo a las enzimas sin considerar a los factores de su entorno que la afectan como el pH, la temperatura. Etc.

2.3.4.-Enzima

Las enzimas son biocatalizadores de naturaleza proteica. Todas las reacciones químicas del metabolismo celular se realizan gracias a la acción de catalizadores o enzimas.

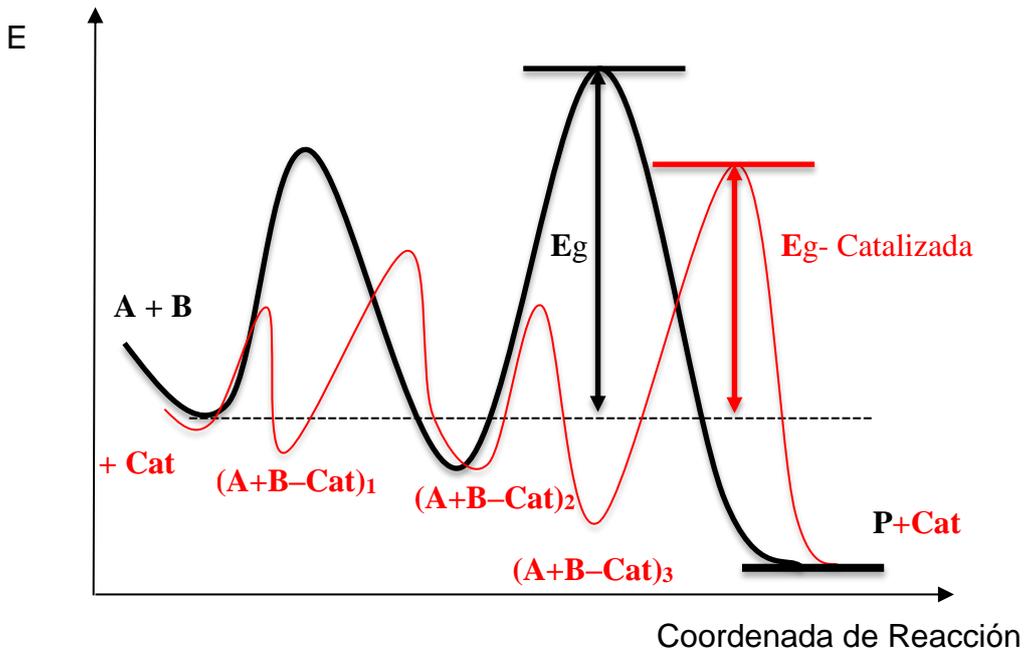
El catalizador estabiliza el estado de transición más que a los propios reactivos. El catalizador, no se consume ni afecta las características termodinámicas del proceso global (calor puesto en juego, trabajo asociado al mismo, funciones de estado, rendimiento-equilibrio químico). Cuando una sustancia incrementa la actividad del catalizador se denomina promotor; a diferencia de otras sustancias que la inhiben, en cuyo caso, la interacción es irreversible, se denominan venenos. (Lodeiro, 2016)

Los procesos catalíticos, mediados por catalizadores, proveen vías alternativas en una reacción química y aumentan su velocidad. Dicho efecto tiene lugar porque en el nuevo camino de reacción la energía de activación (de la etapa

limitante) es más baja que la del proceso no catalizado. (Lodeiro, 2016) .En la figura 2 se puede observar la energía

Figura 2

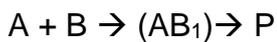
Perfiles de Energía de una Reacción



Fuente: Catálisis enzimática Fundamentos químicos de la vida (2016)

Por ejemplo:

Reacción sin Catalizar:



Reacción Catalizada:



En términos generales los catalizadores se caracterizan por las siguientes propiedades:

- Son eficaces en pequeñas cantidades. Tienen un número de recambio alto, que varía entre 100 y 36 millones (anhidrasa carbónica). El número de

recambio o actividad molar, se define como la cantidad de sustrato transformado en la unidad de tiempo por una cantidad dada de enzima.

- No se alteran durante las reacciones en que participan.
- Aceleran el proceso para la obtención del equilibrio de una reacción reversible.
- Muestran especificidad. La acción de la enzima es extremadamente selectiva sobre un sustrato específico.

2.3.4.1.- Clase de las Enzimas

Según Plou (2016) Debido al gran número de enzimas conocidas en la actualidad, se ha adoptado una clasificación y nomenclatura más sistemática, en la que cada enzima tiene un número de clasificación que la identifica.

- *Oxidoreductasas*: Reacciones de transferencia de electrones.
- *Transferasas*: Transferencia de grupos funcionales.
- *Hidrolasas*: Reacciones de hidrólisis.
- *Liasas*: Adición a dobles enlaces.
- *Isomerasas*: Reacciones de isomerización.
- *Ligasas*: Se conocían como sintetetas. Participan en la formación de enlaces con hidrólisis de ATP.

Según su composición pueden ser de dos tipos:

- *Enzimas*: Formadas por una o varias cadenas proteínicas.
- *Holoenzimas*: Poseen una parte proteica llamada apoenzima y otra no proteica denominada cofactor.

HOLOENZIMA = APOENZIMA + COFACTOR

El cofactor puede ser una molécula inorgánica, (iones metálicos como Fe, Cu, Zn, Mn, Mg) o puede ser una molécula orgánica.

2.3.4.2.- El sitio Activo:

Según Lodeiro (2016) el sitio activo es un espacio físico constituido por un conjunto de aminoácidos, la cual se produce la transformación química del sustrato en producto, el sitio activo de la mayoría de las enzimas se ubica en su interior a los que pueden ser accedidos por medio de túneles, canales o pockets (bolsillos), estas cavidades son flexibles para poder ajustarse al tamaño del sustrato.

Complementando esta información Plou (2016) afirma que el centro o sitio activo de una enzima en comparación del tamaño de la proteína completa es muy pequeño, es habitual que tenga aproximadamente una docena de aminoácidos. La función de alguno de ellos es encargarse de atrapar el sustrato como una especie de telaraña, otros se encargan de la transformación química del compuesto atrapado.

2.3.4.3.- El complejo Enzima-Sustrato

Según Lodeiro (2016) la velocidad de reacción además de depender de las enzimas, también depende de la cantidad de sustrato presente. Explica que a bajas concentración de sustrato se daría más rápido el complejo, pero que a altas concentraciones de sustrato, este pondría un límite en la velocidad de reacción alcanzable. Esto podría esquematizarse de la siguiente manera.



Donde:

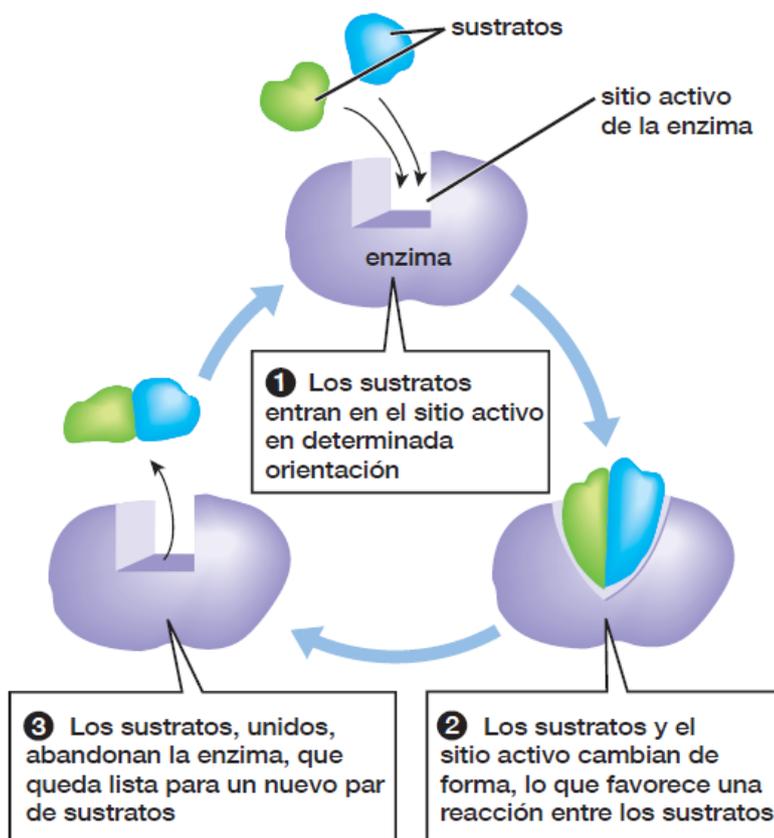
E: enzimas libres
S: Sustrato

ES: complejo enzima-sustrato
P: producto.

Donde la energía libre se une con el sustrato formando el complejo enzima-sustrato en el sitio activo, así posteriormente romperse ese complejo en Enzima libre y producto como podemos observar en la figura 3

Figura 3

Ciclo de interacciones de enzimas y sustratos



Nota. Interacción entre una enzima libre y sustrato. Fuente: Biología la vida en la tierra con fisiología (2013)

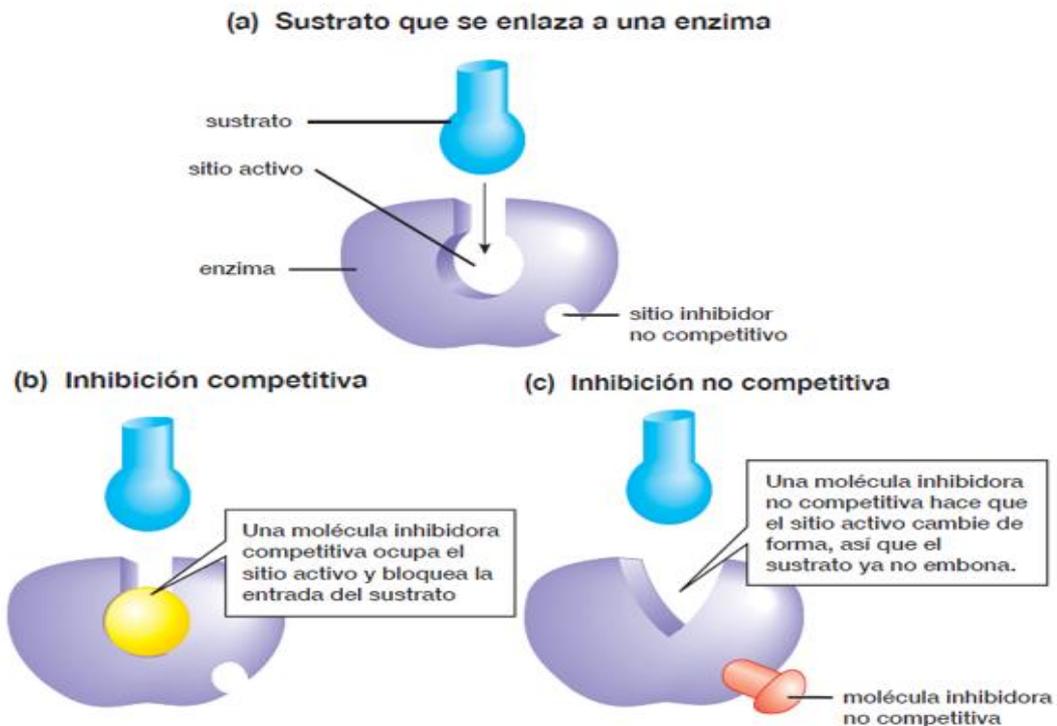
2.3.4.4.-Inhibidores.

Los inhibidores son sustancias que afectan el rendimiento o la eficiencia de la acción catalizadora de una enzima.

Para Lodeiro (2016) un inhibidor es una sustancia que es capaz de disminuir la velocidad de reacción por una enzima. Existen variedad de estos inhibidores y va a depender mucho de como se una a la enzima, por ejemplo si se unen a la enzima cuando está libre, entran en competencia con el sustrato siendo denominadas *inhibidores competitivos*; si se unen a la enzima cuando esta ya tiene el sustrato en el sitio activo se le conoce como *Inhibidores acompetitivos, de tipo mixto y no competitivos*. También se puede distinguir a los inhibidores por el grado que bloquean la actividad enzimática están los *Inhibidores lineales* (no permiten la producción del producto P de las enzimas) también podemos encontrar a los *Inhibidores hiperbólicos* (permiten la producción de P de forma muy reducida).

Figura 4

Inhibición enzimática competitiva y no competitiva



Nota. Descripción de interacción enzima, sustrato e inhibidor. Fuente: Biología la vida en la tierra con fisiología (2013)

2.3.4.5.- Enzimas comerciales

Hay diversos productos en el mercado para el tratamiento de aguas residuales, por mencionar algunos: Enziclean enzimas, Quiminet, Inquinat, entre otros. En relación a los antecedentes del proyecto se evalúa un producto comercial "BOSS TECH" Es un digestor de residuos, trabaja a través de su singular combinación de enzimas altamente concentradas y bacterias benéficas. Ha sido Formulado para digerir y convertir en líquidos los restos orgánicos sólidos mientras elimina el mal olor de la superficie. Otro beneficio de este producto es que se puede remover aceite y grasas de piso de concreto

A.- Enzimas Catalizadores

Las enzimas son proteínas catalíticas que aceleran la velocidad de las reacciones químicas sin resultar alteradas ellas mismas. Tipo de enzimas: grupos de amilasas, proteasas, celulasas, lipasas, las disponibles comercialmente, se derivan de especies de bacterias y hongos como Bacillus, Aspergillus, o Trichoderma. (Rodriguez, 2016)

B.- Bacterias Digestores

Son producidas utilizando óptimas cepas microbianas y tecnología, cepas selectas de bacterias se hacen crecer en medios de cultivo. Con controles de calidad, se verifica la Pureza del inóculo y se transfiere a un fermentador sellado y estéril de acero inoxidable de 5000 litros (1,321 galones) de capacidad. En condiciones apropiadas de pH; azúcares estériles y oxígeno, serán el alimento para las bacterias. (Rodriguez, 2016)

En estos dos procesos de congelamiento y secado, se remueve el 95% de la humedad, asegurando así una alta sobrevivencia de las especies bacterianas que están ahora listas para ser incorporadas en la fórmula final del inóculo. Grupos de macroorganismos seleccionados, especies naturales, no patógenos, no tóxicos, tanto aeróbicos como anaeróbicos. (Rodriguez, 2016)

C.- Boss Tech Digester

El producto es usado en tratamiento de aguas residuales y manejo de desechos agrícolas e industriales; disminución de la carga orgánica de aguas residuales; disminución de parámetros ambientales (DBO, DQO,

SST); eliminación de malos olores optimización de plantas de tratamiento; trampas de grasa, pozos de Absorción, fosas y mejoramiento de suelos y calidad del agua en sistemas de producción acuícola.

2.3.5- Marco normativo Enzimas

Existe normatividad en el uso de enzimas para la industria alimentaria, farmacéutica sin embargo en el Perú no existe una normatividad que regule el uso de las enzimas en el tratamiento de aguas residuales.

2.4. Definición de términos básicos

2.4.1.- Aireación

Proceso de transferencia de oxígeno del aire al agua por medios naturales (flujo natural, cascadas, etc.) o artificiales (agitación mecánica o difusión de aire comprimido) (MVCS, 2015)

2.4.2.- Agua Residual

Agua que ha sido usada por una comunidad o industria y que contiene material orgánico o inorgánico disuelto o en suspensión. (MVCS, 2015)

2.4.3.- Agua Residual Domestica

Agua de origen doméstico, comercial e institucional que contiene desechos Fisiológicos y otros provenientes de la actividad humana. (MVCS, 2015)

2.4.4.- Bacterias

Grupo de organismos microscópicos unicelulares, con cromosoma bacteriano único, división binaria y que interviene en los procesos de estabilización de la materia orgánica (MVCS, 2015)

2.4.5.- Degradación

Transformación de la materia orgánica en compuestos menos complejos, por acción de microorganismos. (MVCS, 2015)

2.4.6.- Catalizador

Una sustancia que cambia la velocidad o rendimiento de una reacción química sin ser consumida o químicamente cambiada por la reacción química. (Agencia de protección ambiental de Estados Unidos (EPA), 2021)

2.4.7.- Caudal

Es la cantidad de fluido que circula a través de una sección del ducto (tubería, cañería, oleoducto, río, canal, etc.) por unidad de tiempo. Normalmente se identifica con el flujo volumétrico o volumen que pasa por un área dada en la unidad de tiempo.

2.4.8.- Coliformes

Bacterias Gram negativas no esporuladas de forma alargada capaces de fermentar lactosa con producción de gas a 35 +/- 0.5°C (Coliformes totales). Aquellas que tienen las mismas propiedades a 44.5 +/- 0.5 °C en 24 horas se

denominan Coliformes fecales (ahora también denominados Coliformes termotolerantes). (MVCS, 2015)

2.4.9.-Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)

Cantidad de oxígeno que requieren los microorganismos para la estabilización de la materia orgánica bajo condiciones de tiempo y temperatura específicos (generalmente 5 días y a 20°C). (MVCS, 2015)

2.4.10.-Demanda química de oxígeno (DQO)

Medida de la cantidad de oxígeno requerido para la oxidación química de la materia orgánica del agua residual, usando como oxidantes sales inorgánicas de permanganato o dicromato de potasio. (MVCS, 2015).

2.4.11.- Depuración de aguas residuales

Purificación o remoción de sustancias objetables de las aguas residuales; se aplica exclusivamente a procesos de tratamiento de líquidos. (MVCS, 2015).

2.4.12.- Desarenadores

Cámara diseñada para reducir la velocidad del agua residual y permitir la remoción de sólidos minerales (área y otros) por sedimentación. (MVCS, 2015).

2.4.13.- Difusor

Placa porosa, tubo y otro artefacto, a través de la cual se inyecta aire comprimido u otros gases en burbujas, a la masa líquida (MVCS, 2015).

2.4.14.- Digestión aerobia

Descomposición biológica de la materia orgánica del lodo, en presencia de oxígeno. (MVCS, 2015).

2.4.15.- Edad del lodo

Parámetro de diseño y operación propio de los procesos de lodos activados que resulta de la relación de la masa de sólidos volátiles presentes en el tanque de aireación dividido por la masa de sólidos volátiles removidos del sistema por día el parámetro se expresa en días. (MVCS, 2015).

2.4.16.- Eficiencia del tratamiento

Relación entre la masa o concentración removida y la masa o concentración aplicada, en un proceso o planta de tratamiento y para un parámetro específico. Puede expresarse en decimales o porcentajes. (MVCS, 2015).

2.4.17.- Efluente

Líquido que sale de un proceso de tratamiento. (MVCS, 2015).

2.4.18.- Estándares de calidad de agua

Estándares ambientales adoptados por los estados y aprobados por la EPA para cuerpos de agua. Los estándares prescriben el uso del cuerpo de agua y establecen los criterios de calidad de agua que se deben cumplir para proteger los usos designados (EPA, 2021)

2.4.19.- Impacto Ambiental

Cambio o efecto sobre el ambiente que resulta de una acción específica. (MVCS, 2015).

2.4.20.- Lodo Activado

Lodo constituido principalmente de biomasa con alguna cantidad de sólidos inorgánicos que recircula del fondo del sedimentador secundario al tanque de aireación en el tratamiento con lodos activados (MVCS, 2015).

2.4.21.- Muestreo

Toma de muestras de volumen predeterminado y con la técnica de preservación correspondiente para el parámetro que se va a analizar. (MVCS, 2015).

2.4.22.- Oxígeno disuelto

Concentración de oxígeno solubilizado en un líquido (MVCS, 2015).

2.4.23.- Parámetro

Una propiedad variable que se puede medir y cuyo valor determina las características de un sistema; por ejemplo: temperatura, presión y densidad son parámetros de la atmósfera. (EPA, 2021)

2.4.24.- Periodo de retención nominal

Relación entre el volumen y el caudal efluente. ((MVCS, 2015).

2.4.25.- Ph

Logaritmo con signo negativo de la concentración de iones hidrógeno, expresado en moles por litro. (MVCS, 2015).

2.4.26.- Planta de tratamiento

Infraestructura y procesos que permiten la depuración de aguas residuales. (MVCS, 2015).

2.4.27.- Planta piloto

Planta de tratamiento a escala, utilizada para la determinación de las constantes cinéticas y parámetros de diseño del proceso. (MVCS, 2015).

2.4.28.- Proceso Biológico

Asimilación por bacterias y otros microorganismos de la materia orgánica del desecho, para su estabilización. (MVCS, 2015).

2.4.29.- Proceso de lodos activados

Tratamiento de aguas residuales en el cual se somete a aireación una mezcla (licor mezclado) de lodo activado y agua residual. El licor mezclado es sometido a sedimentación para su posterior recirculación o disposición de lodo activado. (MVCS, 2015).

2.4.30.- Reuso de aguas residuales

Utilización de aguas residuales debidamente tratadas para un propósito específico (MVCS, 2015).

2.4.31.- Sedimentación

Dejar que los sólidos en aguas residuales se asienten por efecto de la gravedad durante el tratamiento. (EPA, 2021)

2.4.32.- Sedimentador

Un sedimentador es una tecnología que está diseñada para eliminar sólidos suspendidos por sedimentación, llamado también decantador.

2.4.33.- SSVTA

Sólidos en suspensión Volátiles en el tanque de aeración (MVCS, 2015).

2.4.34.- Tratamiento biológico

Una tecnología de tratamiento que usa bacterias para consumir desperdicios orgánicos (EPA, 2021)

2.4.35.- Tratamiento primario

Remoción de una considerable cantidad de materia en suspensión sin incluir la materia coloidal y disuelta (MVCS, 2015).

2.4.36.- Tratamiento secundario

Nivel de tratamiento que permite lograr la remoción de materia orgánica biodegradable y sólidos en suspensión (MVCS, 2015).

III.- VARIABLES E HIPÓTESIS

3.1 Hipótesis

3.1.1.-Hipótesis General

La aplicación de enzimas incrementará la eficiencia de tratamiento de aguas residuales domésticas de la planta piloto de la FIARN-UNAC 2022.

3.1.2.-Hipótesis Específicas:

- La aplicación de la dosis de enzimas incrementará la eficiencia de tratamiento de aguas residuales domésticas en la planta piloto de la FIARN-UNAC 2022.
- El tiempo de retención Hidráulica incrementará la eficiencia de tratamiento de aguas residuales domésticas en la planta piloto de la FIARN-UNAC 2022.

3.2. Definición conceptual de las variables.

Variable independiente: ENZIMAS

Las enzimas son un tipo de proteínas de función catalítica, que regulan las reacciones químicas en los seres vivos, intervienen en muy pequeñas concentraciones, ya que no se consume ni se alteran durante la reacción y hacen posible que a parámetros adecuados de los organismos, las reacciones biológicas puedan desarrollarse a mucha mayor velocidad es decir, más reacciones en menor tiempo de lo habitual.(Chalen et al., 2017).

Variable dependiente AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS

Las aguas residuales domésticas son aquellas que tienen origen en las actividades de la rutina diaria del ser humano. La composición de las aguas residuales domésticas es muy variada y manifiesta características fisicoquímicas y biológicas muy alteradas, las cuales en tal estado no son aptas para el consumo humano (Osorio et al., 2021).

3.2.1 Operacionalización de variables

Para demostrar la hipótesis que se formulará será necesario operacionalizar a través de sus variables, y de los indicadores de cada una de ella, es así que a través de la relación causa-efecto sometida el efluente a su paso a través de la planta piloto de tratamiento de aguas residuales, se evaluará como se muestra en la tabla 2:

Tabla 2

Matriz operacional

| VARIABLE | DEFINICIÓN OPERACIONAL | DIMENSIONES | INDICADOR | INDICE. | MÉTODO | TÉCNICA |
|---------------------------------------|---|--------------------------|--|--------------|----------------------|-------------------|
| Variable independiente | La aplicación de enzimas se evalúa tomando en cuenta los elementos: concentración de enzimas y los parámetros de proceso en el análisis de sus elementos observables y medibles | Concentración de enzimas | X ₁ : Dosis de enzimas | mg/L | Hipotético deductivo | Obs Experimental |
| X:Enzimas | | Parámetros de proceso | X ₂ : Tiempo de retención hidráulica. | Días | | |
| VARIABLE | DEFINICIÓN OPERACIONAL | DIMENSIONES | INDICADOR | INDICE. | MÉTODO | TÉCNICA |
| Variable dependiente | Las aguas residuales domésticas se evalúan tomando en cuenta sus características: Físicas, Químicas y biológicas, en el | Características físicas | Y ₁ : Sólidos suspendidos totales. | mg/L | Hipotético deductivo | Obs. Experimental |
| Y: Aguas residuales domésticas | | | Y ₂ : Temperatura | °C | | |
| | | | Y ₃ : pH | Unidad de ph | | |

| | | | | |
|--|-----------------------------------|---------------|-------------------------|----------------------|
| análisis de sus elementos observables y medibles. | Y ₄ Aceites y grasas | mg/L | | |
| | Y ₅ DBO ₅ | mg/L | | |
| | Y ₆ DQO | mg/L | Hipotético | Obs. |
| | Y ₇ Oxígeno disuelto | mg DO/L | deductivo | Experimental |
| Características biológicas | Y ₈ Coliformes fecales | NMP/1 00mL | Hipotético deductivo | Obs. Experimental |

Nota: elaboración propia

IV.- DISEÑO METODOLÓGICO

4.1 Tipo y diseño de investigación

4.1.1.-Tipo de Investigación

El presente estudio es de tipo aplicada, ya que según Ñaupas et al, (2018) debido a que esta investigación tomó como referencia estudios anteriores sobre la utilización de enzimas para mejorar la eficiencia en el tratamiento de aguas residuales. En base a dichas investigaciones, se buscó la obtención de nuevos resultados mediante la variación de dosis de una enzima para obtener eficiencias de remoción más altas, con el fin de obtener nuevas tecnologías de tratamientos alternativos que sean efectivos para el tratamiento de las aguas residuales con un nivel explicativo debido que el fenómeno de estudio están basados en teorías científicas y esta a su vez permite generar hipótesis con un enfoque cuantitativo debido a que el fenómeno de estudio utiliza métodos y técnicas cuantitativas por ende se pueden observar, medir , muestrear aplicar estadística con ella.

4.1.2.-Diseño de investigación.

La investigación a realizar es de tipo experimental-cuasi experimental, ya que según Ñaupas et al. (2014) para que una investigación sea experimental debe tener 3 elementos científicos que las caracterizan siendo estas: control, manipulación y observación. Se fundamenta la elección de cuasi experimental por lo siguiente:

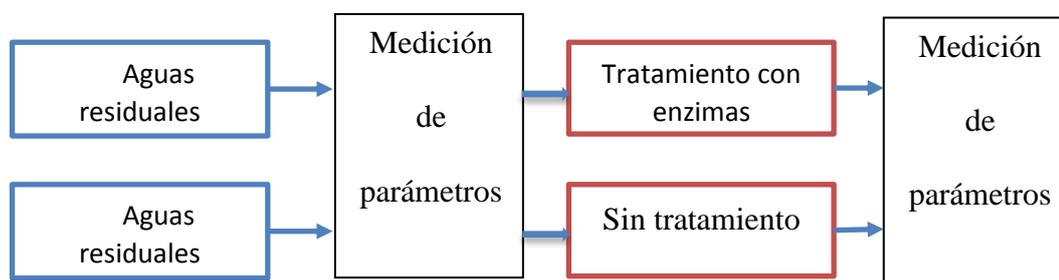
A) Control: no se controla a las variables extrañas que pudieran afectar al tratamiento, la asignación no aleatorizada para tomar las muestras de las aguas residuales de la UNAC y se cuenta con un grupo de control o testigo la cual no se le aplica el tratamiento.

B) Manipulación: la manipulación deliberada de la variable independiente (enzimas)

C) Observación-medición: en la investigación se examina atentamente el efecto de las enzimas en el tratamiento de las aguas residuales domésticas, observando y midiendo los resultados.

a) Diseño con pre y post-prueba con grupo de control no aleatorizado:

Este diseño podría diagramarse de esta manera

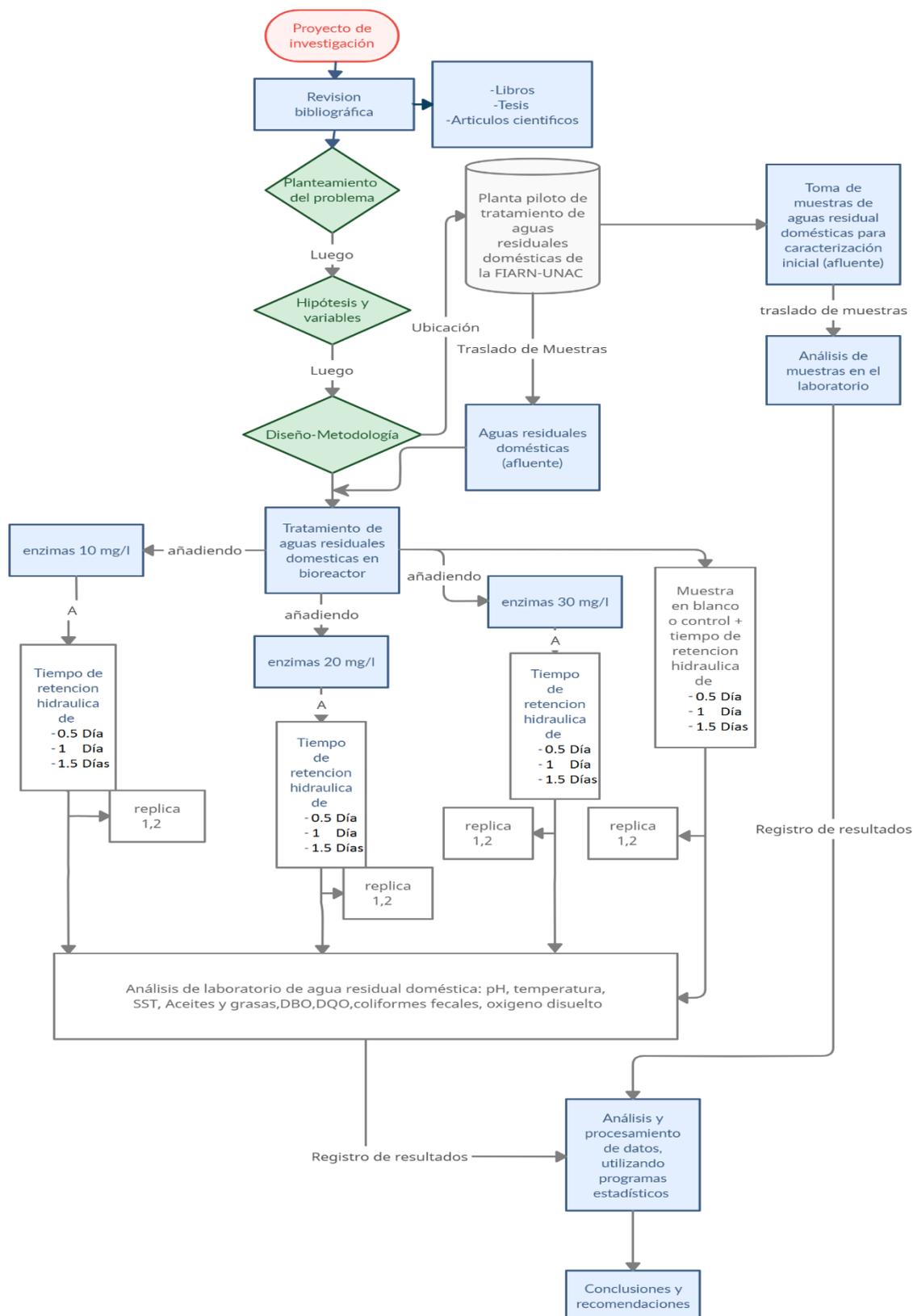


Como su nombre lo dice en este tipo de diseño se aplica el tratamiento al grupo experimental y se hace medición a la entrada y salida del agua y a su vez existe un grupo de control o testigo la cual no se le aplica el tratamiento pero si se le aplica la medición de parámetros a la entrada y salida.

Planteamiento de la investigación experimental

La investigación para poder responder los objetivos generales y específicos se realizó tal como se muestra en la Figura 5 representado en diagrama de bloques:

Figura 5 Planteamiento de la Investigación Experimental a seguir



Nota. Elaboración propia

Diseño de Experimento:

El diseño de experimento que más se asemeja a la investigación a realizar es la del diseño factorial ya que según Gutiérrez y De la Vara (2012) el objetivo de un diseño factorial es estudiar el efecto de varios factores (enzimas y TRH) sobre una o varias respuestas, cuando se tiene el mismo interés sobre todos los factores.

Según, Gutiérrez y De la Vara (2012) Debido que la investigación presenta dos factores, uno con 4 niveles y otro con 3 niveles. El diseño de experimento es: Diseño Factorial Mixto "4X3" quiere decir que existirán 12 tratamientos a realizarse combinándose ambos factores con sus respectivos niveles como se observa en la tabla 3

Tabla 3

Diseño factorial mixto 4x3

| Tratamientos | | Factores | | Respuesta |
|--------------|---------|----------------------------|------------|----------------------------|
| Orden | Bloques | Dosis de enzimas (mg/L) | TRH (Días) | DBO ₅ (mg/L) |
| 1 | 1 | 0 mg/L | 0.5 Día | |
| 2 | 1 | 0 mg/L | 1 Día | |
| 3 | 1 | 0 mg/L | 1.5 Días | |
| 4 | 1 | 10mg/l | 0.5 Día | |
| 5 | 1 | 10mg/l | 1 Día | |
| 6 | 1 | 10mg/l | 1.5 Días | |
| 7 | 1 | 20 mg/l | 0.5 Día | |
| 8 | 1 | 20 mg/l | 1 Día | |

| | | | |
|----|---|---------|----------|
| 9 | 1 | 20 mg/l | 1.5 Días |
| 10 | 1 | 30 mg/l | 0.5 Día |
| 11 | 1 | 30 mg/l | 1 Día |
| 12 | 1 | 30 mg/l | 1.5 Días |

Nota. Elaboración propia

METODOLOGÍA APLICADA

Diseño y construcción de un sistema con Tanque ecualizador, reactor biológico y tanque de sedimentación.

Se construyó un sistema con un tanque ecualizador, reactor biológico y tanque de sedimentación como se puede observar en la fotografía 1 , Fotografía 2, Fotografía 3, Figura 6 y Figura 7. Con la necesidad de tener un control más directo sobre el tratamiento y sus posibles interrupciones como corte de energía eléctrica, manipulación externa, etc.

Fotografía 1

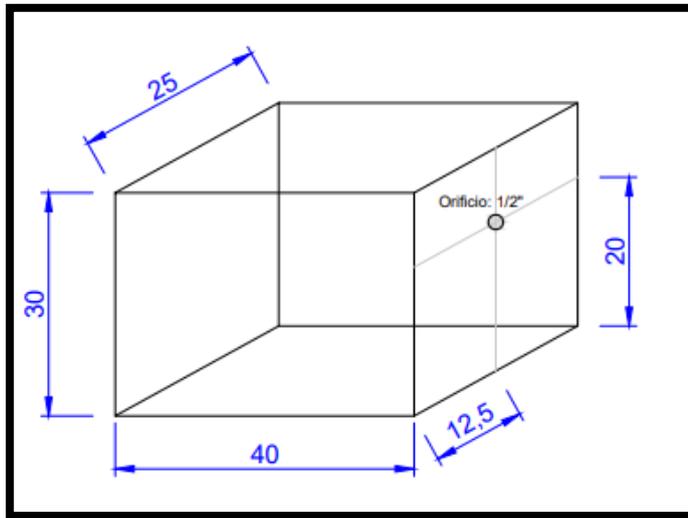
Tanque Ecualizador



Nota. Elaboración propia

Figura 6

Diseño De Un Reactor Biológico



Nota. Elaboración propia

Fotografía 2

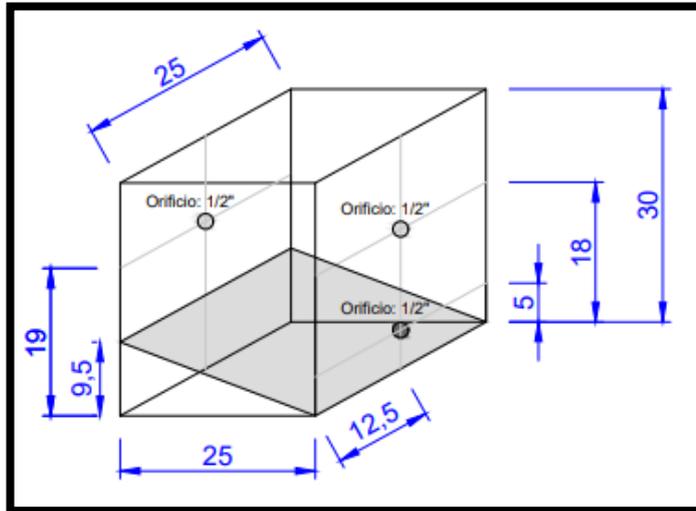
Reactor Biológico Con Piedras Difusoras



Nota. Elaboración propia

Figura 7

Diseño de un Sedimentador



Nota. Elaboración propia

Fotografía 3

Sedimentador



Nota. Elaboración propia

Adquisición de lodos activados y estabilización de los mismos en el sistema.

Gracias al apoyo del Ingeniero encargado de la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas para riego de parques y jardines ubicado en la Playa-Rimac, Callao. Se realizó una visita técnica y así poder entender más a fondo la planta de tratamiento, en dicha visita se proporcionó a la investigación una cantidad de 20 L de lodos activados, esta es vertida al reactor como se observa en la fotografía 4.

Fotografía 4

Vertimiento de Lodos Activados A Reactor Biológico

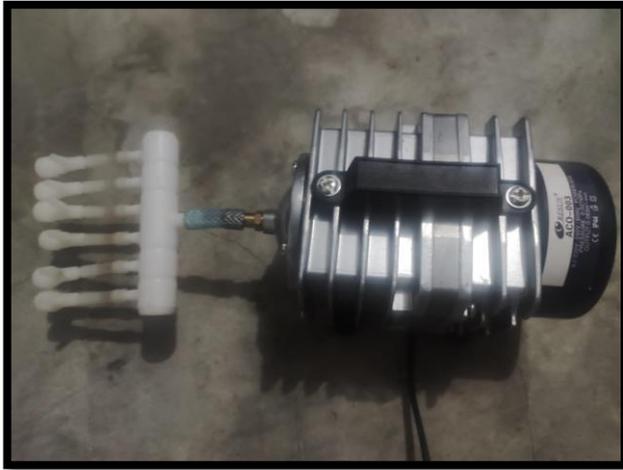


Nota. Elaboración propia.

Luego se dejó que se estabilizara por un periodo de 2 días con ingreso de aguas residuales domésticas de la FIAR-UNAC como se puede ver en la fotografía 6 para que se renueve la materia orgánica presente en los lodos activados todo esto con ingreso de aire al reactor mediante una compresora de aire como se puede visualizar en la fotografía 5.

Fotografía 5

Compresora de Aire



Nota. Elaboración propia

Fotografía 6

Lodos Activados Estabilizados Aireados



Nota. Elaboración propia

Alimentación al tanque ecualizador con agua residual doméstica de la FIARN-UNAC.

Se alimentó con 100 L al tanque de ecualizador para poder empezar con las pruebas del experimento como se observa en la Fotografía 7.

Determinación de Tiempo de Retención:

Para determinar el tiempo de retención hidráulica se debe tener en cuenta:

$$TRH= V/Q$$

TRH: tiempo de retención Hidráulica.

V: volumen útil de agua

Q: caudal de entrada de efluente.

Los tiempos de retención Hidráulica utilizados en la parte experimental se pueden visualizar en la tabla 4.

Tabla 4

Determinación Del Tiempo De Retención

| Tiempo de Retención | Volumen útil | Caudal (Q) |
|---------------------|--------------|-------------|
| 0.5 día | 20 L | 40 L/Día |
| 1 Día | 20 L | 20 L/Día |
| 1.5 Días | 20 L | 13.33 L/Día |

Nota. Elaboración Propia.

Fotografía 7

Vertido De Agua Residual Doméstica A Tanque Ecuilizador



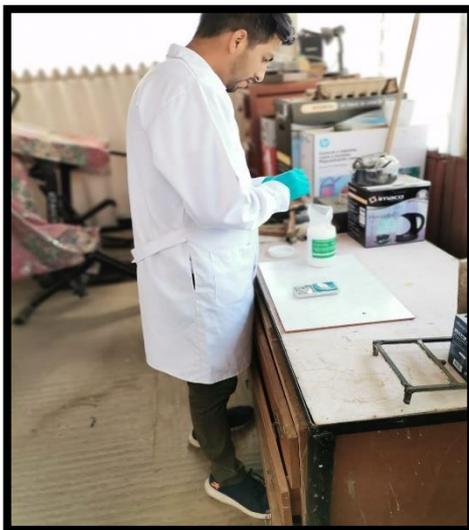
Nota. Elaboración propia

Adición de enzimas al sistema.

Se determinó la cantidad de enzimas necesarias mediante una balanza analítica, las cantidades pueden visualizarse en la fotografía 8, fotografía 9, Fotografía 10 y Fotografía 11.

Fotografía 8

Proceso de Pesaje de Enzimas En Balanza Digital



Nota. Elaboración propia.

Fotografía 9

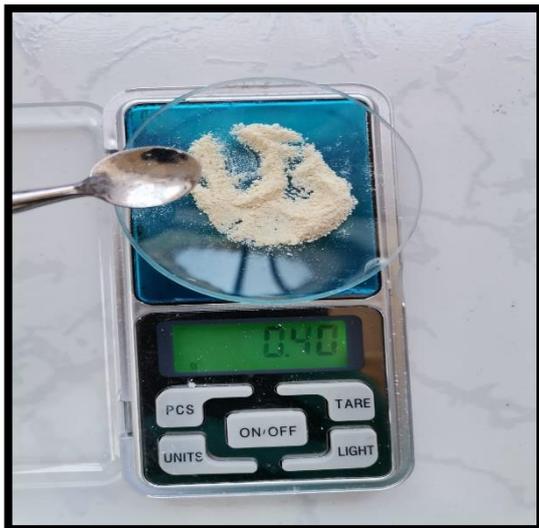
Primera Dosis 10mg/L para un Volumen de 20L



Nota. Elaboración propia.

Fotografía 10

Segunda Dosis 20 mg/L para un Volumen de 20 L



Nota. Elaboración propia

Fotografía 11

Tercera Dosis 30 mg/L para un Volumen de 20 L



Nota. Elaboración propia

La primera dosis se diluye en 500 ml de agua residual doméstica y se añade al reactor biológico como se observa en la fotografía 12.

Fotografía 12

Adición De Enzimas A Reactor Biológico.



Nota. Elaboración propia

El sistema se deja estabilizar por 30 minutos luego de ello se procede a ingresar agua residual doméstica al caudal perteneciente a los tiempos de retención hidráulico respectivamente. El agua tratada pasa al sedimentador, dicha agua se deja sedimentar un tiempo de 3 horas y luego se toma las muestras del agua clarificada como se visualiza en la Fotografía 13.

Fotografía 13

Agua Tratada En Sedimentador y Toma De Muestra



Nota. Elaboración propia

Dichas muestras se toman por duplicado, es decir 2 muestras se toman al mismo tiempo como se observa en la Fotografía 14, esto ayudará para poder usarlo en el análisis estadístico

Fotografía 14

Muestras Clarificadas



Nota. Elaboración propia

Las muestras son guardadas en unos envases especiales proporcionadas por el laboratorio acreditado estos se guardan en un cooler y se mantienen refrigerados con unos hielos industriales como se observa en la fotografía 15 y fotografía 16. Este procedimiento se repite para cada dosis con los tiempos de retención hidráulicos.

Fotografía 15

Muestras Envasados



Nota. Elaboración propia

Fotografía 16

Traslado De Muestras al Laboratorio



Nota. Elaboración propia

4.2. Método de investigación

El método que se usó fue el hipotético-deductivo. En este método, las hipótesis son puntos de partida para nuevas deducciones. Se partió de una hipótesis inferida de principios o leyes o sugerida por los datos empíricos, y aplicando las reglas de la deducción, se arriba a predicciones que se someten a verificación empírica, y si hay correspondencia con los hechos, se comprueba la veracidad o no de la hipótesis de partida (Rodríguez & Pérez, 2017)

4.3. Población y muestra

La Población corresponde a los efluentes que se generan en la Ciudad Universitaria de la Universidad Nacional del Callao, mientras la muestra corresponde a un caudal de aproximadamente a 100 L de aguas residuales

domésticas/Día que ingresan a la planta piloto para su tratamiento para evaluar su calidad como aguas de riego para jardines y áreas verdes.

4.4. Lugar de estudio.

El lugar de estudio dentro de las instalaciones de la Universidad Nacional del Callao situado en la av. Juan Pablo II 306, Bellavista Callao, Perú, en la parte posterior de su facultad de Ingeniería ambiental se ubica su “Planta Piloto de tratamiento de aguas residuales” exactamente entre las facultades de Ingeniería Ambiental y la Facultad de Ingeniería Eléctrica.

4.5. Técnicas e instrumentos de recolección de información

En la presente investigación se aplicó la técnica de observación experimental, ya que se examinó el efecto que produce la manipulación de la dosis de enzimas sobre la eficiencia del tratamiento de las aguas residuales domésticas. En cuanto al instrumento utilizado fue, la ficha de registro de datos que se encuentra validado por 3 expertos adjuntado en el anexo 4, mediante el cual se realizó la recolección de datos cuantitativos de la toma de muestras del sistema piloto de tratamiento de aguas residuales como se puede observar en la tabla 5

Tabla 5

Instrumento de recolección de datos.

| Variable | Técnica | instrumento |
|-----------------------------|--------------------------|----------------------------|
| Enzimas | Observación experimental | Ficha de registro de datos |
| Aguas residuales domésticas | Observación experimental | Ficha de registro de datos |

Nota. Elaboración propia

Se tiene 2 tipos de datos: los obtenidos en campo o in situ la cual será obtenido por un equipo multiparámetro como se observa en la Fotografía 17 este equipo puede obtener datos de pH y temperatura y los demás datos serán recogidos de los análisis de laboratorio.

Fotografía 17

Multiparámetro pH y Temperatura



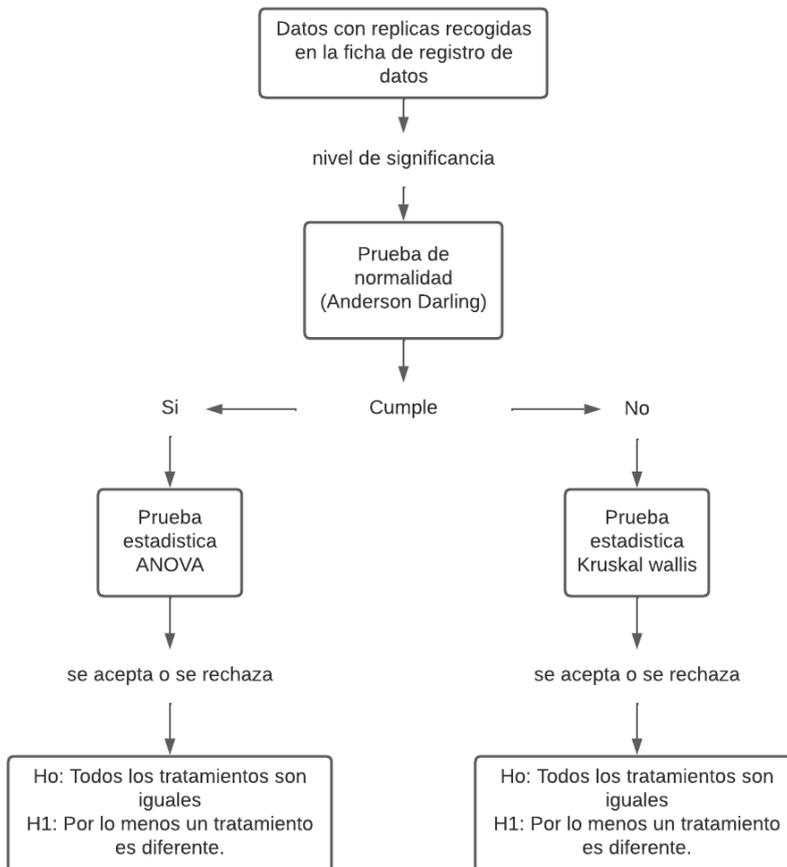
Nota. Elaboración propia

4.6. Análisis y Procedimientos de datos

Los datos obtenidos del monitoreo realizado después del tratamiento usando enzimas se registran en hojas de cálculo de Microsoft Excel, para luego ser procesados en el software Minitab. De manera que el manejo y proceso de información resulte sencillo y sea el más adecuado para los intereses de la presente investigación. Como se puede observar en la figura 8.

Figura 8

Procedimiento estadístico



Nota. Elaboración propia

En la etapa de validación de datos para verificar si siguen una distribución normal se utilizó la prueba de Anderson Darling., estos al seguir una distribución normal se utilizará la prueba estadística ANOVA, de esta manera contrastar la Hipótesis

La aplicación de enzimas incrementará la eficiencia de tratamiento de aguas residuales domésticas de la planta piloto de la FIARN-UNAC 2022

Es decir, que luego del tratamiento que se aplicará al agua residual de la UNAC sus valores deberán salir igual o menor a los valores de la tabla 5. Caso contrario

de no seguir una distribución normal se deberá usar una prueba estadística no paramétrica de Kruskal wallis.

Tabla 6

Riego de Vegetales y Bebidas de Animales

| PARÁMETRO | UNIDAD | VALOR |
|---|---------------|----------------|
| Potencial Hidrógeno (pH) | pH | 6,5-8,5 |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) | mg/L | 15 |
| Demanda Química de Oxígeno (DQO) | mg/L | 40 |
| Aceites y grasas | mg/L | 5 |
| Sólidos Suspendidos Totales (SST) | mg/L | 10-20 |
| Existencia de Coliformes Fecales | NMP/100 ml | 1000 |
| Temperatura | °C | $\Delta 3$ (*) |

Nota. * $\Delta 3$: variación de 3 grados Celsius respecto al promedio mensual multianual del área evaluada.

Fuente: Modifican los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua y establecen Disposiciones complementarias para su aplicación, D.S. N° 004-2017-MINAM, El Peruano, 07 de junio de 2017.

V.- RESULTADOS

5.1. Resultados descriptivos

5.1.1. . Caracterización del agua residual y tratamiento

En la caracterización del agua residual antes del tratamiento (T0) medido por Analytical Laboratory (ALAB) EIRL es de 127 mg/L para el parámetro DBO como se observa en la tabla 6 se comparó con el ECA III para riego de áreas verdes.

Tabla 7

Caracterización inicial comparada con ECA III

| Parámetro | Unidad | Valor | Valor ECA III | Porcentaje que supera la normativa |
|----------------------------|--------------|--------|---------------|------------------------------------|
| Temperatura | °C | 22.9 | Δ3 | 0% |
| pH | Unidad de pH | 8.13 | 6.5-8.5 | 0% |
| DBO | mg/L | 127 | 15 | 747% |
| SST | mg/L | 68 | - | - |
| Aceite y Grasas | mg/L | 1.8 | 5 | 0% |
| DQO | mg/L | 385 | 40 | 862.5% |
| O. Disuelto | mg/L | 0.56 | > 4 | 714 % |
| Coliformes Termotolerantes | NMP/100ml | 350000 | 2000 | 17400% |

Nota. Elaboración propia a partir de resultados de laboratorio ALAB

Interpretación: Los parámetros obtenidos en la caracterización inicial sobrepasaron los valores establecidos en los estándares de calidad ambiental categoría III (agua para uso en riego)

5.1.2. Resultados obtenidos

La DBO al ser el parámetro más importante de las aguas residuales domésticas se toma como indicador de eficiencia. Al tratamiento que removi6 mejor la DBO se realiz6 la caracterización final. Los valores de remoci6n despu6s del tratamiento son medidos por T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7 y T8, T9, T10, T11 y T12 obtenidos de las corridas experimentales realizado por duplicado teniendo 24 corridas experimentales en total de acuerdo a la Tabla 7, trabajado a diferentes condiciones de dosis de enzimas y tiempo de retenci6n hidr6ulica.

Tabla 8

Valores obtenidos del agua residual antes y despu6s de la aplicaci6n de enzimas.

| Corrida experimental | T° | pH | Dosis de enzimas (mg/L) | TRH (días) | DBO (mg/L) | Remoci6n DBO ₅ (%) |
|----------------------|------|------|-------------------------|------------|------------|-------------------------------|
| 1 | 22.9 | 8.13 | 0 | 0.5 | 92.0 | 27.56 |
| 2 | 22.8 | 8.32 | 0 | 1 | 85.0 | 33.07 |
| 3 | 23 | 8.4 | 0 | 1.5 | 74.0 | 41.73 |
| 4 | 24 | 8.25 | 10 | 0.5 | 42.0 | 66.93 |
| 5 | 23.5 | 8.37 | 10 | 1 | 19.0 | 85.04 |
| 6 | 22.9 | 8.44 | 10 | 1.5 | 18.0 | 85.83 |
| 7 | 23 | 8.45 | 20 | 0.5 | 46.0 | 63.78 |
| 8 | 23.2 | 8.44 | 20 | 1 | 21.0 | 83.46 |
| 9 | 23.6 | 8.44 | 20 | 1.5 | 32.0 | 74.80 |
| 10 | 24.2 | 8.39 | 30 | 0.5 | 69.0 | 45.67 |
| 11 | 23.9 | 8.41 | 30 | 1 | 60.0 | 52.76 |
| 12 | 22.5 | 8.38 | 30 | 1.5 | 39.0 | 69.29 |
| 13 | 22.9 | 8.13 | 0 | 0.5 | 90.0 | 29.13 |
| 14 | 22.8 | 8.32 | 0 | 1 | 87.0 | 31.50 |
| 15 | 23 | 8.4 | 0 | 1.5 | 83.0 | 34.65 |
| 16 | 24 | 8.25 | 10 | 0.5 | 14.0 | 88.98 |
| 17 | 23.5 | 8.37 | 10 | 1 | 18.0 | 85.83 |

| | | | | | | |
|----|------|------|----|-----|------|-------|
| 18 | 22.9 | 8.44 | 10 | 1.5 | 11.0 | 91.34 |
| 19 | 23 | 8.45 | 20 | 0.5 | 16.0 | 87.40 |
| 20 | 23.2 | 8.44 | 20 | 1 | 37.0 | 70.87 |
| 21 | 23.6 | 8.44 | 20 | 1.5 | 25.0 | 80.31 |
| 22 | 24.2 | 8.39 | 30 | 0.5 | 47.0 | 62.99 |
| 23 | 23.9 | 8.41 | 30 | 1 | 55.0 | 56.69 |
| 24 | 22.5 | 8.38 | 30 | 1.5 | 34.0 | 73.23 |

Nota. Elaboración propia a partir de resultados de datos de campo y resultados del laboratorio ALAB

Interpretación: Los resultados de la remoción de la DBO respecto a cada corrida experimental, las corridas experimentales están divididos en dos bloques: Del 1-12 son el bloque uno y del 13-24 son el bloque dos o de las réplicas, es decir. La réplica de la corrida 1 es la corrida 13, la réplica de la corrida 2 es la corrida 14, hasta llegar a la corrida 12 y su réplica es la corrida 24. Se obtuvieron los valores finales de la DBO y se calcula el porcentaje de remoción respecto al valor inicial (caracterización inicial)

A. Variación de la temperatura obtenidos en los tratamientos

En la Tabla 8, se muestra el comportamiento de la temperatura en los tratamientos

Tabla 9

Variación de la Temperatura en °C en los tratamientos

| Tratamientos | N | Promedio °C |
|--------------|---|-------------|
| T1 | 2 | 22.9 |
| T2 | 2 | 22.8 |
| T3 | 2 | 23 |
| T4 | 2 | 24 |

| | | |
|-----|---|------|
| T5 | 2 | 23.5 |
| T6 | 2 | 22.9 |
| T7 | 2 | 23 |
| T8 | 2 | 23.2 |
| T9 | 2 | 23.6 |
| T10 | 2 | 24.2 |
| T11 | 2 | 23.9 |
| T12 | 2 | 22.5 |

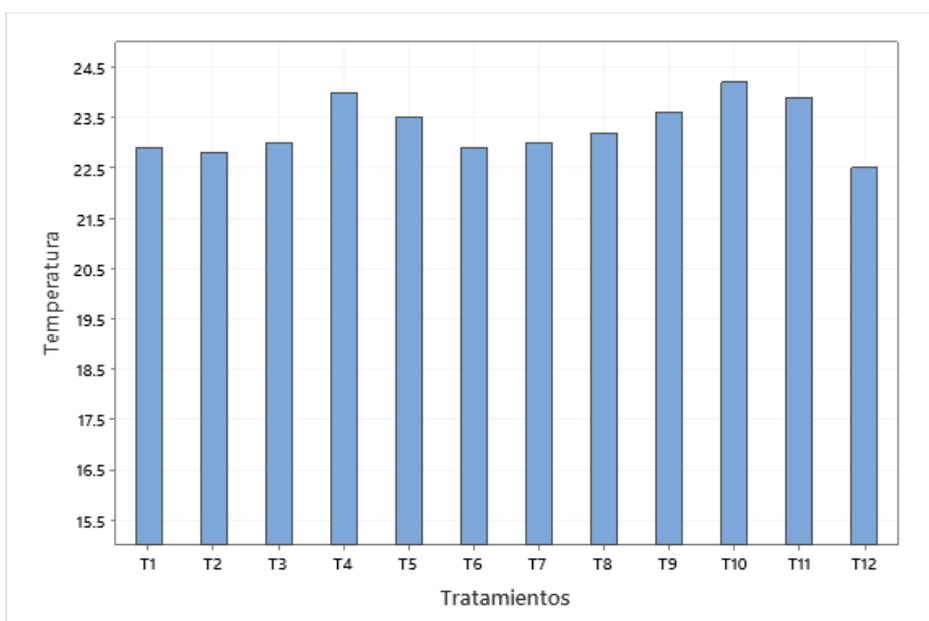
Nota. Elaboración propia a partir de datos de campo.

Interpretación: comportamiento de las temperaturas obtenidas por cada tratamiento, T1 = promedio de (corrida 1 + corrida 12), T2=promedio de (corrida 2 + corrida 13), hasta T12= promedio de (corrida 12 + corrida 24).

En la figura 9 podemos ver los datos de manera gráfica

Figura 9

Variación de la Temperatura en unidad °C en los tratamientos



Nota. Resultados obtenidos en el software estadístico Minitab 19.

Interpretación: como se pudo observar en la figura 9 el comportamiento de la temperatura no tiene una variación brusca que pueda afectar al tratamiento. Siendo el menor valor 22.9 y el mayor 24.2

B. Variación del Potencial Hidrógeno en los tratamientos

En la tabla 9 se puede observar los valores de pH en los tratamientos.

Tabla 10

Variación del Potencial Hidrógeno en unidad de pH en los tratamientos

| Tratamientos | N | Promedio Unidades de pH |
|--------------|---|-------------------------|
| T1 | 2 | 8.13 |
| T2 | 2 | 8.32 |
| T3 | 2 | 8.4 |
| T4 | 2 | 8.25 |
| T5 | 2 | 8.37 |
| T6 | 2 | 8.44 |
| T7 | 2 | 8.45 |
| T8 | 2 | 8.44 |
| T9 | 2 | 8.44 |
| T10 | 2 | 8.39 |
| T11 | 2 | 8.41 |
| T12 | 2 | 8.38 |

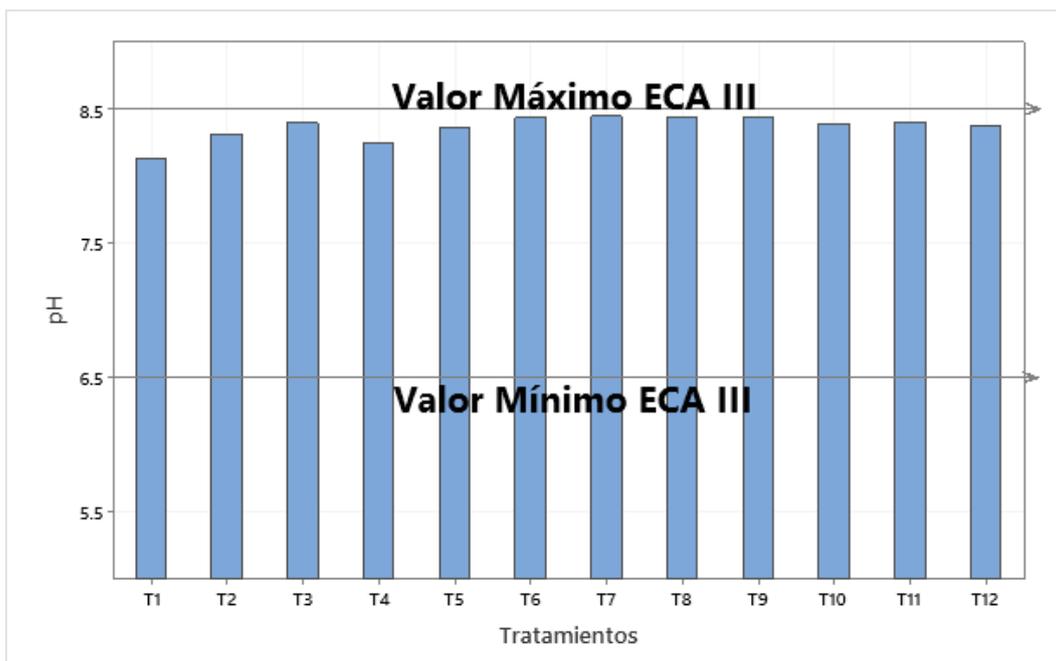
Nota. Elaboración propia a partir de datos de campo

Interpretación: comportamiento del potencial hidrógeno (pH) obtenidas por cada tratamiento, T1 = promedio de (corrida 1 + corrida 12), T2=promedio de (corrida 2 + corrida 13), hasta T12= promedio de (corrida 12 + corrida 24).

En la Figura 10 se puede observar la variación del potencial hidrógeno en los tratamientos.

Figura 10

Variación del Potencial Hidrógeno en unidad de pH en los tratamientos



Nota. Resultados obtenidos en el software estadístico Minitab 19.

Interpretación: como se puede observar en la gráfica los valores de pH no varían de manera considerable como para afectar en los tratamientos, dichos valores se encuentran dentro del rango establecido por los estándares de calidad ambiental (ECA III) (6.5 - 8.5)

C. Estadístico descriptivos de los datos para la DBO

En la tabla 10 se puede observar los datos obtenidos del análisis descriptivo en la remoción de la DBO para todos los tratamientos en medidas de media, desviación estándar, varianza, mediana, valor mínimo y valor máximo

Tabla 11

Estadística descriptiva de datos de los tratamientos para remoción DBO.

| Tratamientos | N | Media | Error estándar de la media | Desv. Est. | Mínimo | Mediana | Máximo |
|--------------|---|-------|----------------------------|------------|--------|---------|--------|
| T1 | 2 | 28.35 | 0.787 | 1.114 | 27.559 | 28.346 | 29.134 |
| T2 | 2 | 32.28 | 0.787 | 1.114 | 31.496 | 32.283 | 33.071 |
| T3 | 2 | 46.06 | 4.33 | 6.12 | 41.73 | 46.06 | 50.39 |
| T4 | 2 | 78.0 | 11.0 | 15.6 | 66.9 | 78.0 | 89.0 |
| T5 | 2 | 85.43 | 0.394 | 0.557 | 85.039 | 85.433 | 85.827 |
| T6 | 2 | 88.58 | 2.76 | 3.90 | 85.83 | 88.58 | 91.34 |
| T7 | 2 | 75.60 | 11.8 | 16.7 | 63.8 | 75.6 | 87.4 |
| T8 | 2 | 77.17 | 6.30 | 8.91 | 70.87 | 77.17 | 83.46 |
| T9 | 2 | 77.56 | 2.76 | 3.90 | 74.80 | 77.56 | 80.31 |
| T10 | 2 | 54.33 | 8.66 | 12.25 | 45.67 | 54.33 | 62.99 |
| T11 | 2 | 54.72 | 1.97 | 2.78 | 52.76 | 54.72 | 56.69 |
| T12 | 2 | 71.26 | 1.97 | 2.78 | 69.29 | 71.26 | 73.23 |

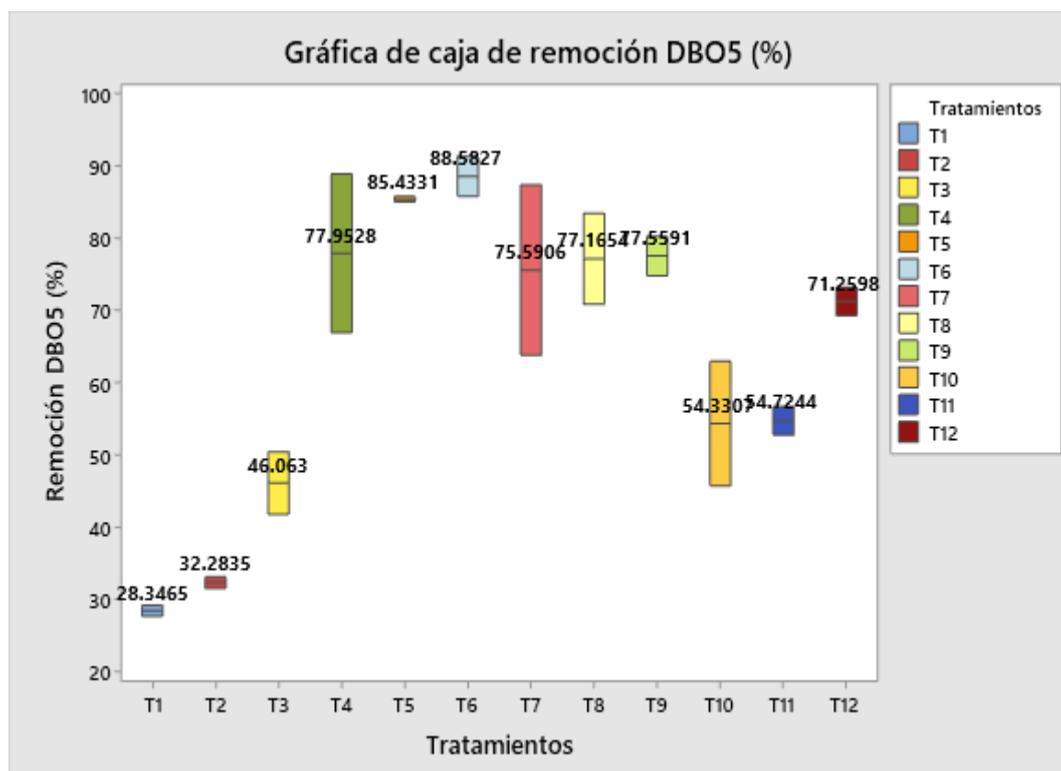
Nota. Elaboración propia

Interpretación: De los valores obtenidos de la tabla 8 se le aplicó estadística descriptiva al % remoción de la DBO para cada tratamiento donde se observa el valor mínimo y máximo de cada tratamiento, utilizando de ahora en adelante la mediana como valor más representativo.

En la Figura 11 y Figura 12, se muestra que después del tratamiento se llegó a una máxima remoción con el tratamiento T6 en un promedio de 88.58% de remoción de DBO₅ y una mínima remoción con el tratamiento T1 en un promedio de 28.35% de remoción de DBO₅.

Figura 11

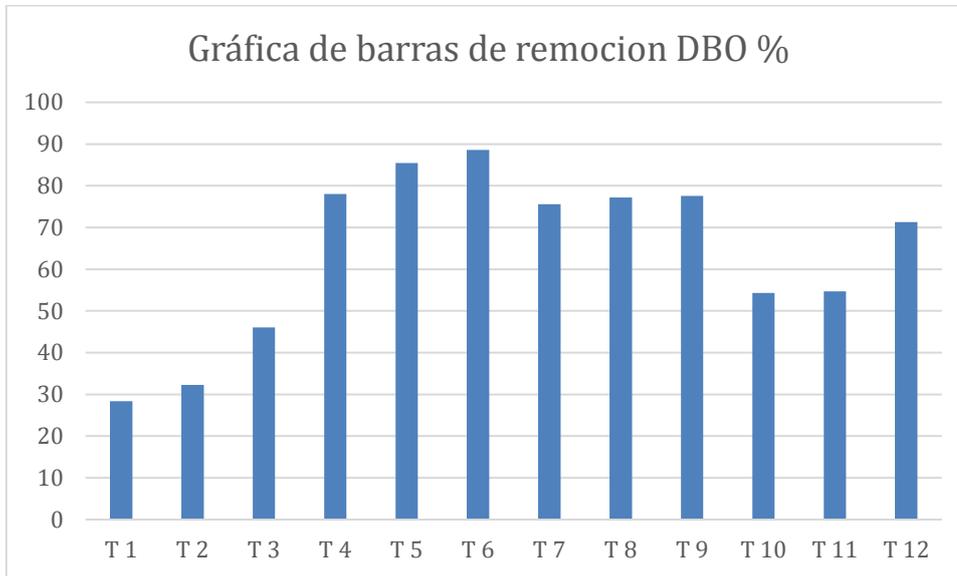
Gráfica de de caja de remoción de DBO₅



Nota. Resultados obtenidos en el software estadístico Minitab 19.

Figura 12

Gráfica de Barras de remoción de DBO% de los resultados obtenidos



Nota. Elaboración propia

Interpretación: Se puede observar que los valores mas bajos que resultaron de la investigación es sin la aplicación de enzimas (T1, T2 y T3) llegando a una remoción maxima de 46.06% , en comparación de los demás tratamientos (T4, T5, T6 ,T7, T8, T9, T10, T11 y T12) que sobrepasan el 50% como menor remoción y llegando a una remoción maxima de 88.58%

Se puede observar que la eficiencia tratando aguas residuales domésticas con tratamiento convencional aumenta aplicando enzimas. Como se puede observar en la tabla 11.

Tabla 12*Incremento en la eficiencia de tratamiento DBO aplicando enzimas.*

| Tratamiento | Remoción DBO % | Tratamiento | Remoción DBO % | Incremento de eficiencia % |
|----------------|-------------------|----------------|-----------------------------|-------------------------------|
| Sin enzimas | T3 46.06 | Con enzimas | T10 54.33 T6 88.58 | Rango % 10-45 |

Nota. Elaboración propia.

La caracterización final se hizo en base a la mejor remoción de la DBO (T6) de esta manera en la tabla se logra visualizar un antes y un despues aplicando enzimas como puede observarse en la tabla 12.

Tabla 13*Remoción de parámetros.*

| Parámetros | Unidades | Antes del tratamiento | Después del tratamiento | Remoción (%) | ECA III |
|-------------------------------------|---------------|--------------------------|----------------------------|-----------------|------------|
| Sólidos Suspendidos Totales | mg/L | 68 | 5 | 92.65 | - |
| Aceites y Grasas | mg/L | 1.8 | 1 | 44.44 | apto |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno | mg/L | 127 | 14.5 | 88.58 | apto |
| Demanda Química de Oxígeno | mg/L | 385.7 | 25.8 | 93.31 | apto |
| Oxígeno Disuelto | mg/L | 0.56 | 7.96 | Aumentado | apto |
| Coliformes Termotoleran tes | NMP/100m L | 350000 | 35000 | 10.00 | No apto |

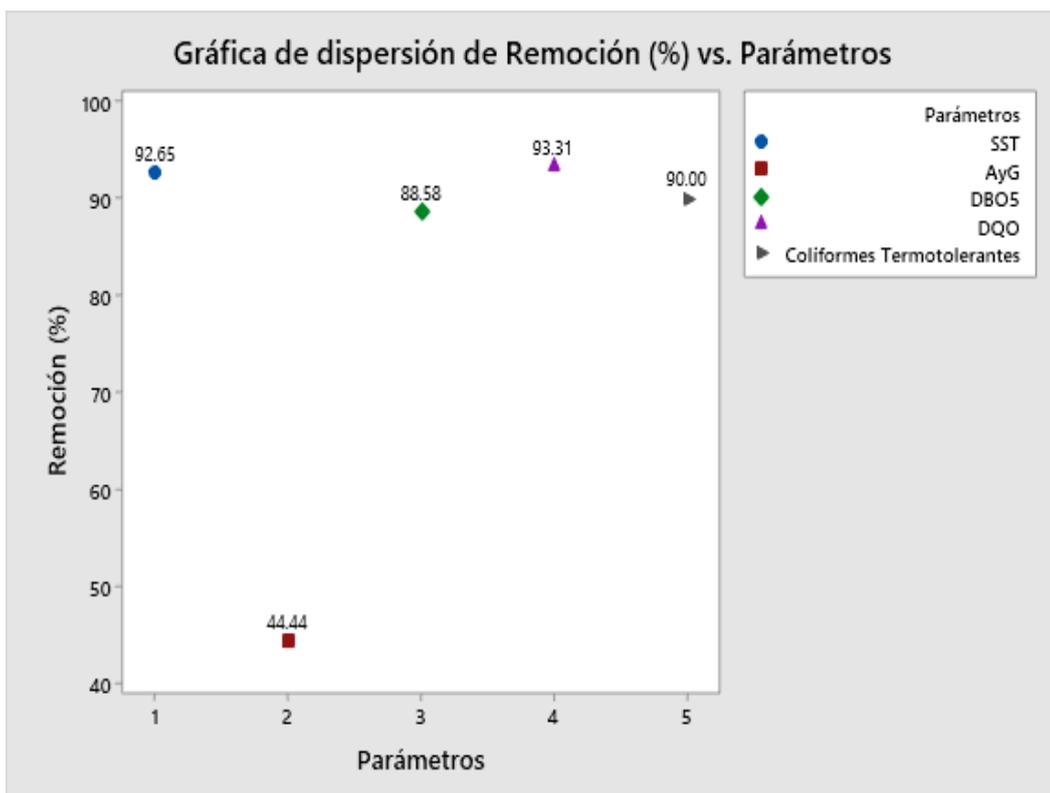
Nota. Resultados medido por Analytical Laboratory EIRL.

Interpretación: Resultados obtenidos en la caracterización final de la mejor remoción muestra resultados comparados con el ECA III como aptos a excepción de los coliformes termotolerantes que aun no llega al valor establecido.

En la figura 13 se puede observar los porcentajes de remoción de cada parametro de la caracterización final teniendo como datos iniciales la caracterización inicial

Figura 13

Gráfica de remoción de parámetros.



Nota. Grafica obtenida del programa Minitab 19

Interpretación: representación gráfica con su respectiva leyenda de la remoción de todos los parámetros, en base al tratamiento de mejor remoción de la DBO.

5.2.- Resultados inferenciales

5.2.1. Prueba estadística de normalidad de residuales.

Para una prueba estadística paramétrica se deben de analizar los residuos (e_{ij}) que son generados por la diferencia entre la respuesta observada (Y_{ij}) de la variable dependiente y el valor proyectado por la ecuación de regresión (\hat{Y}_{ij}) por el modelo en cada tratamiento:

$$e_{ij} = Y_{ij} - \hat{Y}_{ij}$$

Los residuales deben cumplir si siguen una distribución normal, evaluando las hipótesis estadísticas de los residuales en base a la prueba de normalidad de Anderson Darling.

Siendo las hipótesis de prueba para el análisis de la normalidad:

H_0 : Los residuos siguen una distribución normal.

H_1 : Los residuos no siguen una distribución normal.

Nivel de significancia (α) = 0.05

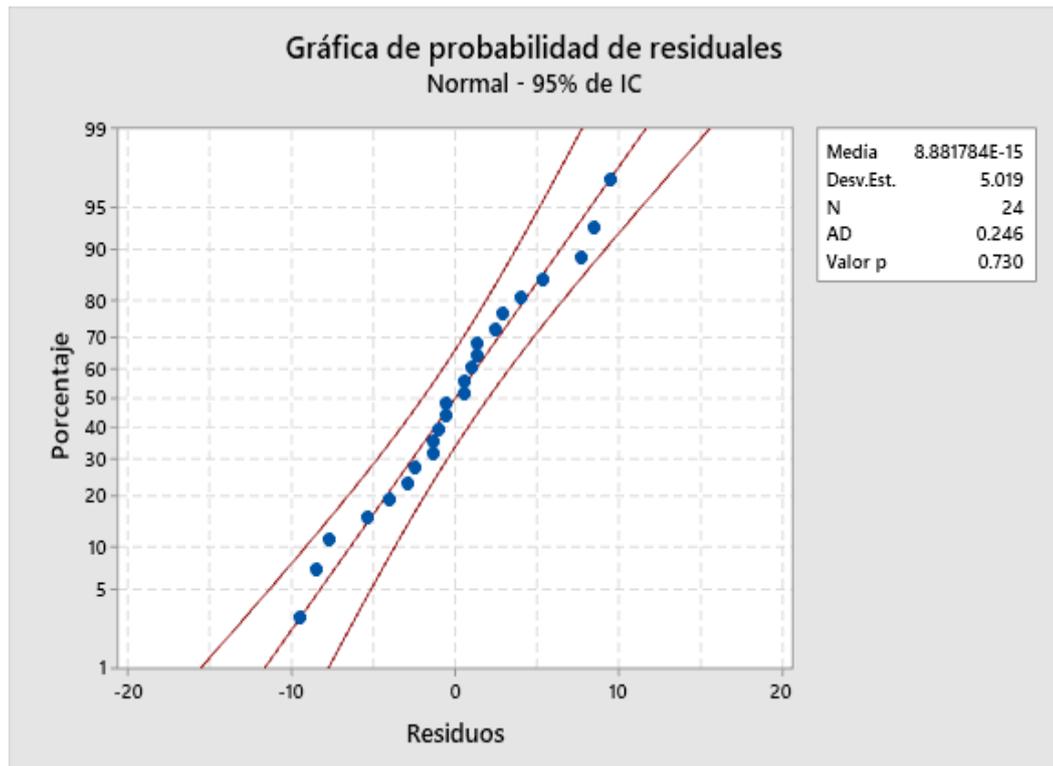
Si el valor $p < \alpha$, se rechaza H_0 ; Si el valor $p > \alpha$, no se rechaza H_0

En la Figura 14, para la condición de normalidad, se puede observar que a un intervalo de confianza del 95% los datos están relativamente cerca de la línea de distribución normal ajustada y el valor $p = 0.730$ es mayor que el nivel de

significancia de 0.05; por lo tanto, se concluye que los datos siguen una distribución normal.

Figura 14

Gráfica de probabilidad normal de residuos.



Nota. Resultados obtenidos en el software estadístico Minitab 19.

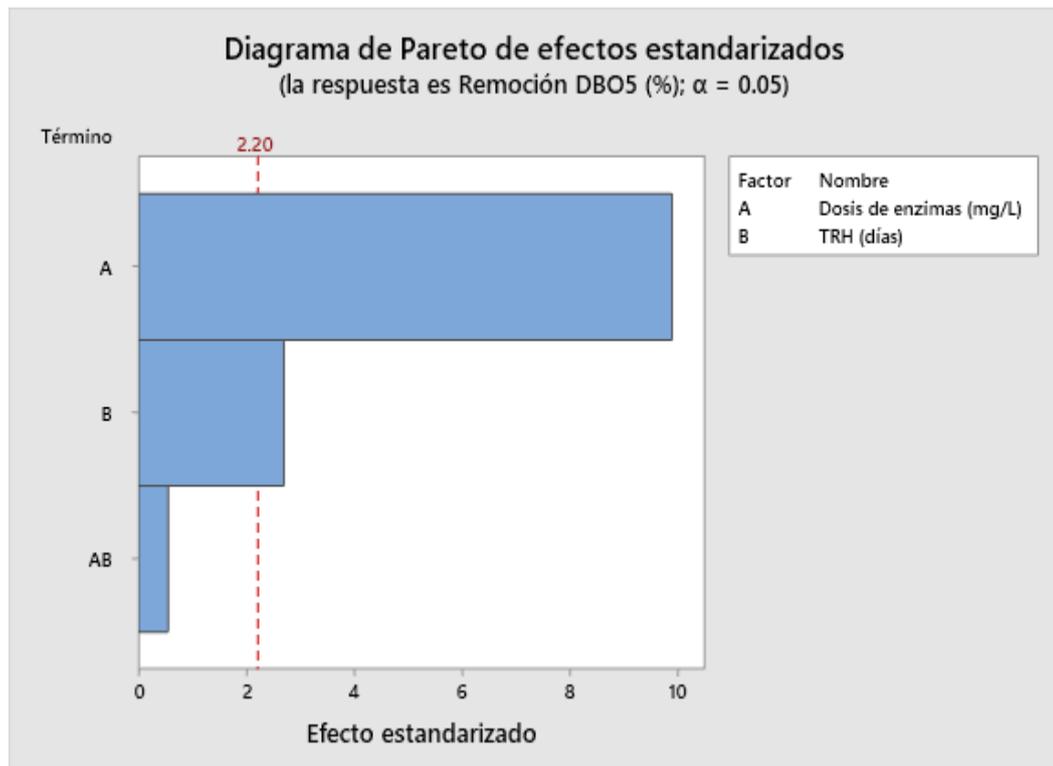
Interpretación: Valor de p obtenido con la prueba de normalidad de Anderson Darling es 0.730 como es mayor al nivel de significancia (0.05) no se rechaza H_0 los residuos siguen una distribución normal. Concluyendo que los residuos siguen una distribución normal.

En la Figura 15, se muestra que dosis de enzimas (A), tiempo de retención hidráulica (B) y la sinergia entre los factores (AB) influyen en la eficiencia de remoción de DBO_5 de manera positiva ya que sobrepasan el nivel de

referencia de 2.20 generado por el mismo programa estadístico de acuerdo al nivel de significancia de 0.05 utilizado.

Figura 15

Diagrama de Pareto.



Nota. Resultados obtenidos en el software estadístico Minitab 19.

Interpretación: Los 2 factores (Enzimas y TRH) y la sinergia entre ambos influyen de manera positiva en el tratamiento de aguas residuales domésticas de manera que según el gráfico 11 el factor que más influye en el tratamiento de aguas residuales domésticas es la Dosis de enzimas, luego sigue el factor Tiempo de retención hidráulico (TRH) y por último la sinergia entre ambos.

5.2.2. Prueba de hipótesis estadística en el proceso de tratamiento.

Las hipótesis estadísticas son:

$H_0: \tau_1=\tau_2=\tau_3=\tau_4=\tau_5=\tau_6=\tau_7=\tau_8=\tau_9=\tau_{10}=\tau_{11}=\tau_{12}$, todas las medias (promedios) de la remoción de DBO₅ son iguales.

$H_1: \tau \neq 0$, por lo menos una media es diferente.

Nivel de significancia (α) = 0.05

Si el valor $p < \alpha$, se rechaza H_0 ; Si el valor $p > \alpha$, no se rechaza H_0

En la Tabla 13, en el análisis de varianza, a un nivel de confianza del 95% el valor p de los factores dosis de enzimas y tiempo de retención hidráulica son menores que el nivel de significancia utilizado de 0.05, donde existe suficiente evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula. Por lo tanto, se concluye que las medias de los tratamientos difieren; es decir, que los factores influyen de manera significativa en el porcentaje de remoción de la DBO₅.

Tabla 14

Análisis de varianza (ANOVA).

| Fuente | GL | SC Ajust. | MC Ajust. | Valor F | Valor p |
|------------------------------------|----|-----------|-----------|---------|---------|
| Modelo | 12 | 9420.0 | 785.00 | 14.91 | 0.000 |
| Bloques | 1 | 258.3 | 258.33 | 4.91 | 0.049 |
| Lineal | 5 | 8911.4 | 1782.28 | 33.84 | 0.000 |
| Dosis de enzimas (mg/L) | 3 | 8318.5 | 2772.82 | 52.65 | 0.000 |
| TRH (días) | 2 | 592.9 | 296.46 | 5.63 | 0.021 |
| Interacciones de 2 términos | 6 | 250.3 | 41.71 | 0.79 | 0.595 |
| Dosis de enzimas (mg/L)*TRH (días) | 6 | 250.3 | 41.71 | 0.79 | 0.595 |

| | | | |
|-------|----|--------|-------|
| Error | 11 | 579.3 | 52.66 |
| Total | 23 | 9999.3 | |

Nota. Resultados obtenidos del software estadístico Minitab 19.

5.2.3. Estadísticos de bondad en el proceso de tratamiento.

Se observa en la Tabla 14, que el coeficiente de determinación (R^2 ajustado) es de 87.89% el cual es un valor adecuado de ajuste del modelo, donde nos indica que los factores dosis de enzimas y tiempo de retención hidráulica influyen en gran magnitud en la remoción de DBO_5 .

Tabla 15

Resumen de los estadísticos de bondad.

| S | R^2 | R^2 (ajustado) |
|----------|-------------------------|--|
| 7.2569 | 94.21% | 87.89% |

Nota. Resultados obtenidos del software estadístico Minitab 19.

Donde:

- S: Representa la desviación estándar se utiliza para evaluar qué tan bien el modelo describe la respuesta.
- R^2 : Es el porcentaje de variación en la respuesta que es explicada por el modelo, Mientras mayor sea el valor de R^2 , mejor se ajustará el modelo a los datos. R^2 siempre está entre 0% y 100%.
- R^2 (ajustado): Se utiliza R^2 ajustado cuando se desee comparar modelos que tengan diferentes números de predictores.

5.2.4. Gráficas de efectos principales y interacción en el proceso de tratamiento.

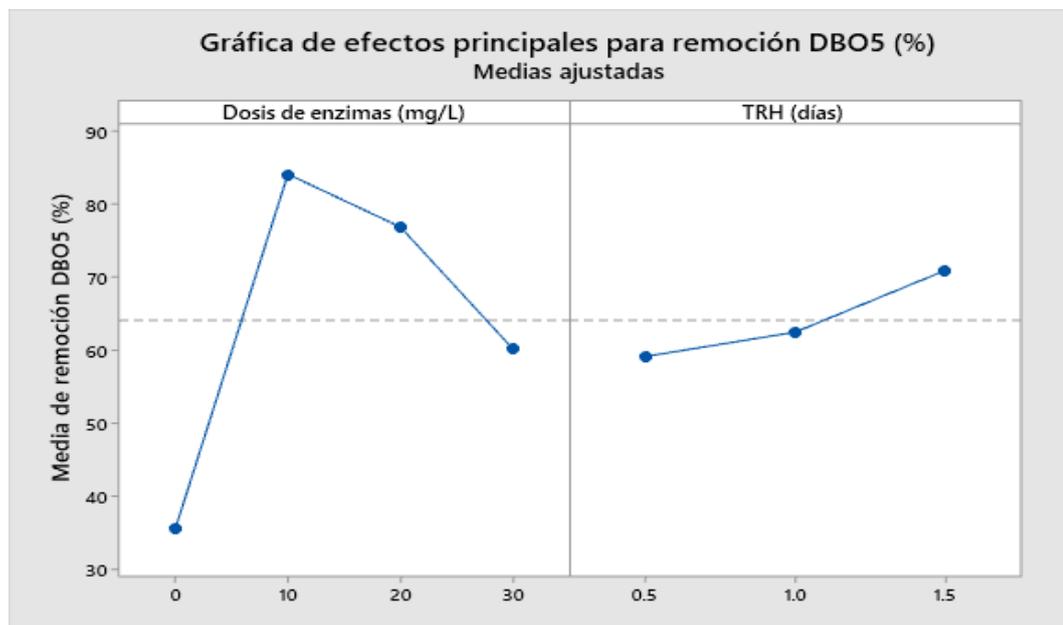
En la Figura 16, la dosis de enzimas tiene un mayor efecto en la remoción de la DBO₅ en el agua residual doméstica.

A una dosis de 10 mg/L se logra remover en mayor proporción la DBO₅ del agua residual doméstica.

En un tiempo de retención hidráulica de 1.5 días se logra remover en mayor proporción la DBO₅ del agua residual doméstica.

Figura 16

Gráfica de efectos principales para la remoción de DBO₅.

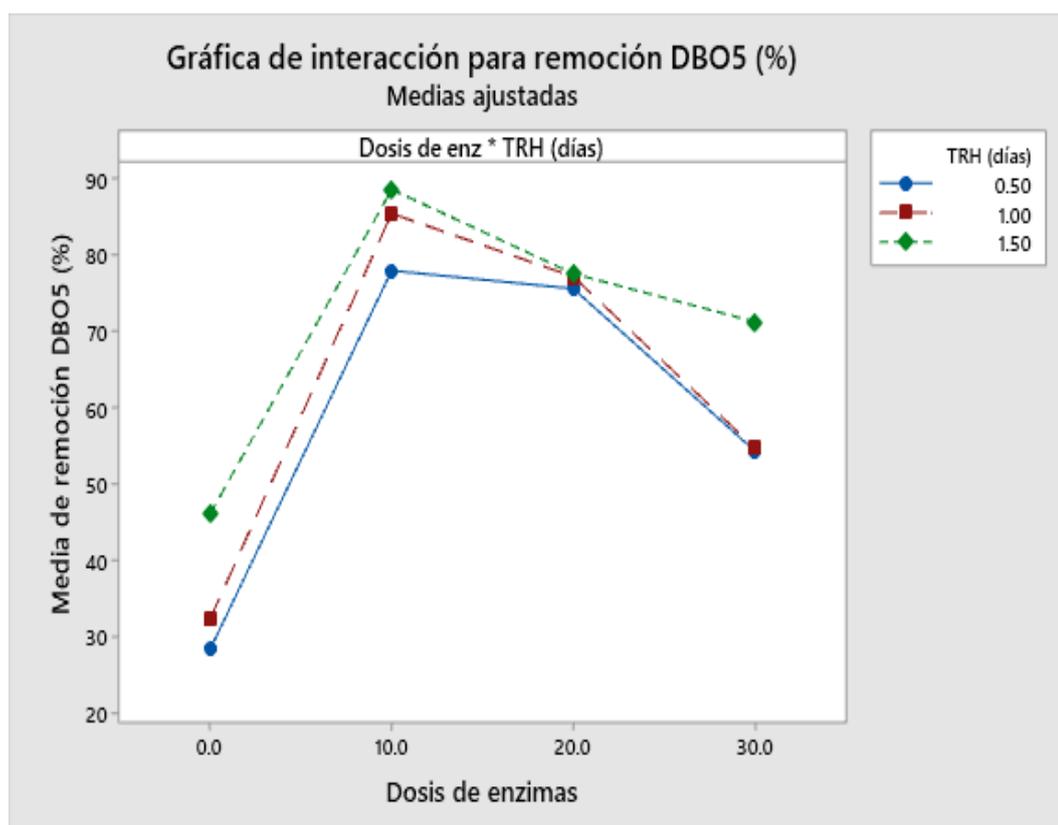


Nota. Resultados obtenidos en el software estadístico Minitab 19.

En la Figura 17, se representa la gráfica de interacción donde en tiempo de retención hidráulica de 1.5 días a una dosis de 10 mg/L se llega a una máxima remoción en promedio de la DBO₅ del agua residual doméstica.

Figura 17

Gráfica de interacción para la remoción de DBO₅

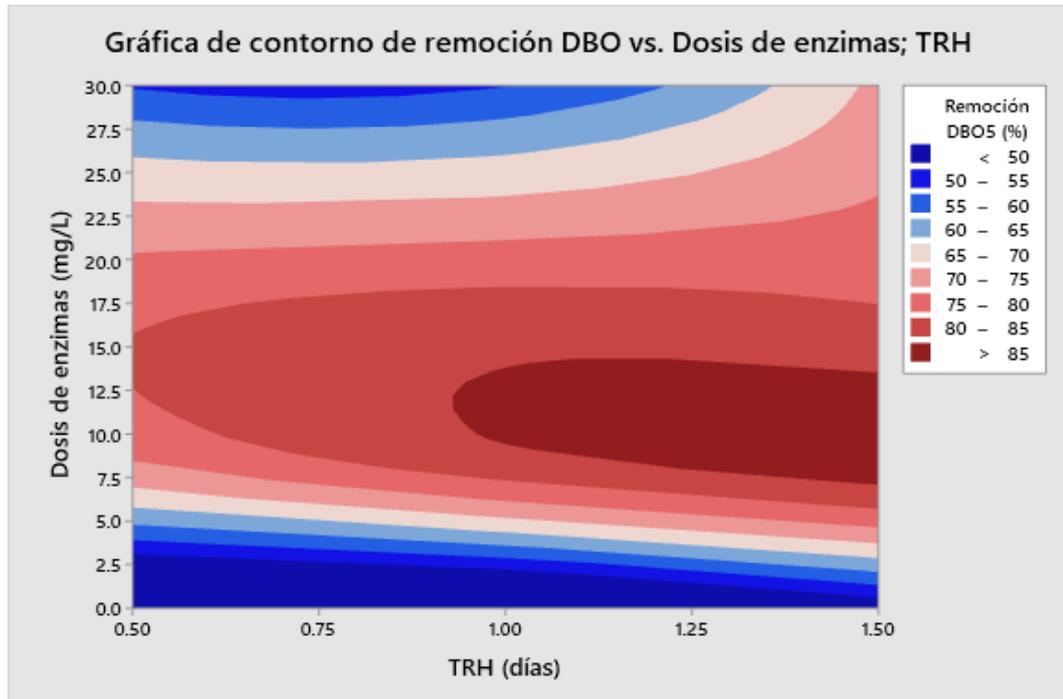


Nota. Resultados obtenidos en el software estadístico Minitab 19.

Para obtener remociones > 85% se encuentra las mejores condiciones de tratamiento como se muestra en la siguiente figura, se requiere trabajar a 1 a 1.5 días y 7.5 días a 12.5 mg/L de dosis de enzimas. Como se puede observar en la figura 18

Figura 18

Gráfica de contorno para la remoción de DBO₅ vs tiempo de retención hidráulica y dosis de enzimas.



Nota. Resultados obtenidos en el software estadístico Minitab 19.

VI.- DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1.- Contrastación y Demostración de la Hipótesis con los Resultados.

Hipótesis específica 1:

H₀: La aplicación de la dosis de enzimas no incrementará la eficiencia de tratamiento de aguas residuales domésticas en la planta piloto de la FIARN-UNAC 2022.

H₁: La aplicación de la dosis de enzimas incrementará la eficiencia de tratamiento de aguas residuales domésticas en la planta piloto de la FIARN-UNAC 2022.

En la tabla 10, tabla 11, figura 11 y figura 12 se puede observar, que la aplicación de la dosis de enzimas incrementa la eficiencia de remoción del parámetro DBO que fue utilizado como parámetro más importante en las aguas residuales domésticas en comparación de los tratamientos sin aplicación de dosis de enzimas (T1, T2 , T3). Además en la figura 15 podemos observar que la dosis de enzimas es el factor que más influye en el tratamiento de aguas residuales domésticas. De esta manera rechazamos H₀ , aceptando H₁: *La aplicación de la dosis de enzimas incrementará la eficiencia de tratamiento de aguas residuales domésticas en la planta piloto de la FIARN-UNAC 2022.*

Hipótesis específica 2:

H₀: El tiempo de retención hidráulica no incrementará la eficiencia de tratamiento de aguas residuales domésticas en la planta piloto de la FIARN-UNAC 2022

H₁: El tiempo de retención hidráulica incrementará la eficiencia de tratamiento de aguas residuales domésticas en la planta piloto de la FIARN-UNAC 2022

En la tabla 10, tabla 11, figura 11 y figura 12 se puede observar que el tiempo de retención hidráulica incrementa la eficiencia de remoción del parámetro DBO que fue utilizado como parámetro más importante en las aguas residuales domésticas en cada dosis de enzimas, siendo este directamente proporcional,

es decir, mientras aumentaba el TRH aumentaba la eficiencia de remoción de DBO, además en la figura 15 se observa que para el tratamiento de aguas residuales el TRH es el segundo factor que más influye en la remoción de la DBO. De esta manera rechazamos H_0 , aceptando H_1 : *El tiempo de retención hidráulica incrementará la eficiencia de tratamiento de aguas residuales domésticas en la planta piloto de la FIARN-UNAC 2022*

De acuerdo a la contrastación de las hipótesis específicas se llega a la demostración de la hipótesis general “La aplicación de enzimas incrementará la eficiencia de tratamiento de aguas residuales domésticas de la planta piloto de la FIARN-UNAC 2022.”.

6.2.- Contrastación de los resultados con otros estudios similares.

6.2.1. Para Remoción De Contaminantes Orgánicos Aplicando dosis de Enzimas.

En la investigación de Albán Quinto & Tumbaco castillo (2018), “Estudio de Tratabilidad Utilizando la Enzima Bioenzymar para el uso de tratamiento de aguas residuales de la industria cartonera” utilizando una dosis optima de 15 mg/L obtuvo una remoción de: DBO(89%) y DQO (95%) , mientras que en la presente investigación con una dosis optima de 10 mg/L se obtuvo un resultado de DBO (88.58%) y DQO(93.31%).

En La investigación de Mendoza (2016), Evaluación a la aplicación de tecnología Limpia con Enzimas Biocatalizadoras (Biowish Aqua Fog) para el tratamiento de aguas residuales industriales (ARI) contaminadas por

hidrocarburos en la estación de servicio New Norean en Aguachica-cesar. Con una dosis de 1 mg/L se obtuvo una remoción de DBO (50%), DQO (50%), SST (55.43%), grasas y aceites (50.74%), mientras que en la presente investigación se obtuvo a 10 mg/L DBO (88.58%) DQO (93.31%), SST (92.65%), Grasas y aceites (44.44%)

En la investigación de Cevallos Romero & Cevallos Salazar (2017) “Descontaminación de Aguas y lodos usando Enzimas y Bacterias: Evaluación de tres productos Biorremediadores” concluye que a 1.5 mg de aplicación de enzimas no hay una eficiencia significativa respecto al reactor sin enzimas; mientras que en la Presente investigación a una dosis de 10 mg/L existe un incremento de 49%-53% de remoción de DBO respecto al reactor testigo.

En el artículo de Chalen et al (2017) “Eliminación de la materia orgánica e inorgánicas presentes en el agua residual de una industria de pulpa de fruta empleando un catalizador enzimático” a una dosis de 10 gr/L obtuvo una remoción de DQO 82% y el DBO 77.6%; mientras que en el presente trabajo con 10 mg/L se obtuvo DBO (88.58%) DQO (93.31%) cabe destacar que en el estudio de Chalen se usa 10 gr/L porque existe gran cantidad de contaminante por la cual se utiliza más cantidad de enzimas.

En la investigación de Quispe (2021) “Evaluación de una mezcla Enzimática Microbiana, en la depuración de agua Residual a condiciones ambientales de Huancayo” a una dosis de 40 mg/L se obtuvo una remoción de DQO de un 95% mientras que en esta investigación a una dosis de 10 mg/L se obtuvo una remoción de DQO (93.31%)

En la investigación de castillo Córdova & Neira Hipólito (2018) “Influencia del PH y Tiempo, en el Tratamiento de Efluentes de Pelambre Curtiduría Orión S.A.C. de Trujillo, Usando Enzimas Boss Tech” obtiene que a 1.6 g/L se obtienen mejores % de remociones de DQO (91.66%) y DBO (89.51%); mientras que en esta investigación a una dosis de 10 mg/L se obtuvo una remoción de DQO (93.31%)

6.2.2. Para Remoción de Contaminantes Orgánicos utilizando Tiempo de retención Hidráulica (TRH)

En la investigación de Alpírez et al (2017) “Evaluación de un sistema Biológico de lodos activados a escala laboratorio” utilizando un tiempo de retención hidráulico de 29.3 horas (1.2 días) se logro remover DBO (83%), DQO (54%) SST (70%); Mientras que en la presente investigación con un tiempo de retención de (1.5) se obtuvo. DBO (88.58 %), DQO (93.31%) y SST (92.65%).

En La investigación de Mendoza (2016), Evaluación a la aplicación de tecnología Limpia con Enzimas Biocatalizadoras (Biowish Aqua Fog) para el tratamiento de aguas residuales industriales (ARI) contaminadas por hidrocarburos en la estación de servicio New Norean en Aguachica-cesar. Con un tiempo de retención de 3 días se obtuvo una remoción de DBO (50%), DQO (50%), SST (55.43%), grasas y aceites (50.74%), mientras que en la presente investigación se obtuvo a 1.5 Días DBO (88.58%) DQO (93.31%), SST (92.65%), Grasas y aceites (44.44%).

En la investigación de Wester (2019) “ El efecto del PH, Tiempo de Retención y tipo de Biorreactor sobre la eficiencia del Tratamiento de aguas residuales

Huancayo 2018” con un tiempo de retención de 6 días se obtuvo una remoción de DBO₅ de 63,6 % , SST 52,9% , CT (85,5%) y Coliformes fecales de (73,9 %); mientras que en esta investigación con un tiempo de retención de 1.5 días se obtuvo DBO 88.58%, SST (92.65 %) Coliformes fecales (10%)

6.3.- Responsabilidad ética de acuerdo a los reglamentos vigentes

La presente investigación se realizó bajo los lineamientos establecidos por la Universidad Nacional del Callao en su directiva vigente, cumpliendo además con lo estipulado en las Normas APA en citación y bibliografía con el objetivo de evidenciar que la información proporcionada no es de mi autoría. Asimismo los datos proporcionados en esta tesis son confiables debido que el instrumento fue validado por 3 expertos y los resultados fueron obtenidos de un laboratorio acreditado adjuntados en el apartado de anexos.

CONCLUSIONES

La dosis de enzimas tiene un efecto significativo en el tratamiento de aguas residuales domésticas en la planta piloto de la FIARN-UNAC 2022 y mediante una dosis optima de 10 mg/L se obtiene una remoción de la DBO₅ de 88.58 %, SST de 92.65%, Aceites y grasas 44.44%, DQO 93.31%, Coliformes termo tolerantes 10% en Aguas residuales domésticas de la planta piloto de la FIARN-UNAC 2022

El tiempo de retención tiene un efecto significativo en el tratamiento de aguas residuales domésticas en la planta piloto de la FIARN-UNAC 2022 y mediante un TRH de 1.5 días se obtiene una remoción de la DBO₅ de 88.58% SST de

92.65%, Aceites y grasas 44.44%, DQO 93.31%, Coliformes termo tolerantes 10% en Aguas residuales domésticas de la planta piloto de la FIARN-UNAC 2022

RECOMENDACIONES

Para futuras investigaciones se recomienda trabajar a diferentes pH y temperaturas, ya que se podrían obtener resultados aún más eficientes en el tratamiento de aguas residuales domésticas ya que estos parámetros afectan directamente en su actividad enzimática, además se recomienda trabajar con una dosis cercana a 10 mg/L (8,9,11; 12; 13) para comprobar si se puede tener una mayor eficiencia que supere a 88.58% en DBO₅.

Se recomienda trabajar con un tiempo de retención Hidráulica de 1.5 días debido que se obtiene una remoción de DBO₅ de 88.58%

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agencia de protección ambiental de Estados Unidos-(EPA). (2021). *Glosario Ambiental Bilingüe*. <https://espanol.epa.gov/espanol/glosario-ambiental-bilingue>
- Albán Quinto, J. E., & Tumbaco Castillo, J. S. (2018). *Estudio de tratabilidad utilizando la enzima bioenzymar para el uso de tratamiento de aguas residuales de la industria cartonera* [Tesis de pregrado, Universidad de Guayaquil Ecuador]. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/35389>
- Alpírez, J., Avilés, K., Castillo, H., Pinzón, I., Poveda, R. M., & Vallester, E. (2017). Evaluación de un sistema biológico de lodos activados a escala de laboratorio. *Revista de Iniciación Científica*, 3, 8 Pag. <https://bit.ly/3LNjkvP>
- D.S. N° 004-2017-MINAM — Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias Diario El Peruano (2017). <https://bit.ly/3L33JHN>
- Audesirk, T., Audesirk, G., & Byers, B. E. (2013). *Biología La vida en la tierra con fisiología*. (Vol. 9). <https://bit.ly/39948Lv>
- Briceño, N. (2016). Fundamento para el manejo de aguas residuales. *Intituto Costarricense de Acueductor y Alcantarillado. Centro de Documentación e Información UEN Investigación y Desarrollo*.
- CARE International - Avina. (2012). Sistemas de saneamiento ambiental. *Programa Unificado de Fortalecimiento de Capacidades*., 146.
- Castillo Córdova, K., & Neira Hipólito, L. (2018). Influencia del PH y Tiempo, en el Tratamiento de Efluentes de Pelambre Curtiduría Orión S.A.C. de Trujillo, Usando Enzimas Boss Tech. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Trujillo]. In *Repositorio Institucional-UNT*. <https://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/11454>
- Decreto Supremo N° 001-2010-AG — Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos diario El Peruano (2010). <https://elperuano.pe/NormasElperuano/2010/03/24/472561-3.html>
- Cevallos Romero, J., & Cevallos Salazar, J. E. (2017). Descontaminación de aguas y

- lodos usando enzimas y bacterias: evaluación de tres productos biorremediadores parte 1: uso de procesos aerobios. *Alternativas*, 17(2), 35. <https://doi.org/10.23878/alternativas.v17i2.115>
- Chalen, J. A., Peñafiel, M. E., & Saltos, A. W. (2017). Eliminación de la materia orgánica e inorgánica presentes en el agua residual de una industria de pulpa de fruta empleando un catalizador enzimático. *Ciencias Químicas*, 3, 362–376. <https://bit.ly/3uyzaDq>
- Claramunt, R., Cabildo, M., Escolastico, C., Jimenez, J., & Santa-Maria, D. (2015). *Fármacos y medicamentos* (1.a (ed)). Universidad Nacional de Educación a Distancia.
- Constitución Política del Perú [Const]Art.66, 29 de diciembre de 1993. <https://bit.ly/3M2gweR>
- Contrucción, M. de V. S. y. (2017). *Plan Nacional de Saneamiento* (p. 114). http://direccionsaneamiento.vivienda.gob.pe/DocumentosSecciones/Libro_Plan_Nacional_de_Saneamiento.pdf
- Crites, R., & Tchobanoglous, G. (2000). *Tratamiento de Aguas Residuales en Pequeñas Poblaciones*. (1.a (ed)). McGraw-Hill.
- Decreto N° 33601-MINAE-S de 2007 [Ministerio de Ambiente y Energía]. (2007). *Por la cual se aprueba el reglamento de vertido y aguas residuales*. 55(8), 56.
- Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM- Límites Máximos Permisibles de efluentes de Plantas de Tratamientos de Aguas Residuales Domésticas o Municipales Diario El Peruano (2010). <https://elperuano.pe/NormasElperuano/2010/03/17/469446-2.html>
- Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM Estándares Nacionales de Calidad Ambiental Diario El Peruano (2015). <https://bit.ly/3PbkGmm>
- Devlin, T. (2019). *Bioquímica* (4.a (ed)). REVERTÉ, S.A.
- Diosdado, A., Orozco, C., & Rivera, L. (2019). *Enzimas en el tratamiento de aguas residuales* (Vol 1 (5°)). <https://bit.ly/3tPs4ev>

- DL 1055 Decreto Legislativo que modifica la Ley N° 28611, Ley General del Ambiente en su Artículo 32 Diario El Peruano (2008).
<https://diariooficial.elperuano.pe/normas>
- Espigares Garcia, M., & Pérez López, J. . (n.d.). *Aguas Residuales. Composición*.
https://cidta.usal.es/cursos/edar/modulos/edar/unidades/LIBROS/logo/pdf/Aguas_Residuales_composicion.pdf
- Gonzales Ccanto, E. M., & Quispe Escobar, R. C. (2020). Influencia de los microorganismos eficaces (EM) en el tratamiento de aguas residuales domesticas en el distrito de Huancavelica en el 2020 [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Huancavelica]. In *Repositorio Institucional - UNH*. <https://bit.ly/3uBUUpUK>
- Gualdrón Durán, L. E. (2018). Evaluación de la calidad de agua de ríos de colombia usando parámetros físicoquímicos y biológicos. *Dinamica Ambiental*, 1, 83–102.
<https://doi.org/10.18041/2590-6704/ambiental.1.2016.4593>
- Gutiérrez, H., & De la Vara, R. (2012). *Análisis y Diseño de experimentos* (3.a (ed)). McGraw-Hill.
- Koolman, J., & Heinrich, K. (2004). *Bioquímica: Texto y Atlas* (3.a (ed)). panamericana.
<https://bit.ly/3juairp>
- Ley N° 29338 -Ley de Recursos Hídricos Diario El Peruano (2009).
<https://www.gob.pe/institucion/minam/normas-legales/3602-29338>
- Locken. (2018). *El ranking del agua residual en Europa: origen, tuberías y depuración*.
<https://bit.ly/3wKAKox>
- Lodeiro, A. (2016). *Catálisis enzimática Fundamentos químicos de la vida* (1.^a ed.). Editorial de la Universidad Nacional de La Plata (EDULP). <https://bit.ly/3uEKMOi>
- López, S., & Calderon, S. (2017). Depuración de aguas residuales. *UF 1666*.
<https://bit.ly/3DCe0bT>
- Mendoza, M. (2016). *Evaluación a la aplicación de la tecnología limpia con enzimas Biocatalizadoras (Biowish Aqua Fog) Para el tratamiento de las aguas residuales industriales (ARI) Contaminadas por hidrocarburos en la estación de servicio New*

- Norean en Aguachica-Cesar*. Tesis de pregrado, Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña.
- Metcalf & Eddy. (1995). *Ingeniería de aguas residuales. Volumen 1: Tratamiento, vertido y reutilización*. (3.^a ed.). McGraw-Hill. <https://bit.ly/3iHo6OP>
- Metcalf, & Eddy. (1998). *Ingeniería de aguas residuales. Volumen 2: Tratamiento, vertido y reutilización* (3.^a ed.). McGraw-Hill. <https://bit.ly/3iHo6OP>
- Ministerio de Vivienda, C. y S. (2021). *Plan Nacional de Saneamiento 2022 - 2026*. 359.
- MVCS. (2015). *Norma OS.090 Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales*.
- Ñaupas, H., Mejía, E., Novoa, E., & Villagómez, A. (2014). *Metodología de la investigación* (4.^a ed). Ediciones de la U. <https://bit.ly/3iJC6I4>
- OEFA. (2014). Fiscalización ambiental en aguas residuales. *Organismo de Evaluacion y Fiscalizacion Ambiental*, 36. https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=7827
- ONU. (2019). *Creciendo a un ritmo menor , se espera que la población mundial alcanzará 9 . 700 millones en 2050 y un máximo de casi 11 . 000 millones alrededor de 2100 : Informe de la ONU*. <https://bit.ly/3DmjdUV>
- Osorio, M., Carrillo, W., Loor, X., & Riera, E. (2021). La calidad de las aguas residuales domésticas. *Polo Del Conocimiento*, 6(3), 228–245. <https://bit.ly/3DnUyiW>
- Pinto, M. (1999). Unidad 1. Concepto de medio ambiente y teoría de sistemas 1. *CEAD*, 1–7.
- Plou, F. (2016). *¿Que sabemos de? Las enzimas*. Catarata. <https://amzn.to/3JOjOBl>
- Quispe, R. (2021). Evaluación de una mezcla enzimática microbiana, en la depuración de agua residual a condiciones ambientales de Huancayo. [Tesis de Maestría, Universidad Nacional del Centro del Perú]. In *Repositorio institucional-UNCP*. <https://bit.ly/3IL9ad1>
- RM N° 176-2010-VIVIENDA Lineamientos de Política para la Promoción del Tratamiento para el Reúso de las Aguas Residuales Domésticas y Municipales en el Riego de Áreas Verdes Urbanas y Periurbanas Diario oficial El Peruano (2010).

- <https://elperuano.pe/NormasElperuano/2010/11/06/563983-1.html>
- Rodríguez, A., Letón, P., Rosal, R., Dorado, M., Villa, S., & Sanz, J. (2006). *Tratamientos avanzados de aguas residuales industriales*. (CEIM). CITME. <https://bit.ly/3LsLBYt>
- Rodríguez, A., & Pérez, A. (2017). Métodos científicos de indagación y de construcción del conocimiento. *EAN*, *I*(82), 179–200. <http://www.scielo.org.co/pdf/ean/n82/0120-8160-ean-82-00179.pdf>
- Rodriguez, B. (2016). Determinación de la dosis óptima de enzimas y bacterias en la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas para riego de áreas verdes del Country Club la Planicie - CCLP [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Callao]. In *Repositorio institucional-UNAC*. <https://bit.ly/3LjuR5Q>
- Ley 28611 Ley General del Ambiente Diario Oficial El Peruano (2005). <https://diariooficial.elperuano.pe/normas>
- Stryer, L., Berg, J., & Tymoczko, J. (2019). *Bioquímica: con aplicaciones clínicas* (7.a ed). REVERTÉ, S.A.
- UNESCO. (2017). *Aguas residuales: El recurso desaprovechado*. <https://bit.ly/3wP4jW7>
- Universidad Nacional del Callao. (2019). Ingresantes 2019. *Univerdidad Nacional Del Callao*, 130. <http://hdl.handle.net/20.500.12952/5053>
- Wester, J. (2019). Efecto del pH, Tiempo de retención y tipo de biorreactor sobre la eficiencia del tratamiento de aguas residuales, Huancayo 2018 [Tesis de Maestría, Universidad Peruana los Andes]. In *Repositorio institucional-UPLA*. <https://bit.ly/3wHH6VD>

ANEXOS

ANEXO 1 MATRIZ DE CONSISTENCIA

VIII.-

Matriz de consistencia

| PROBLEMA | OBJETIVOS | HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN | OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES | | | Técnica | instrum ento |
|---|--|--|-------------------------------------|--|--|--------------------------------------|--|
| | | | VARIABLE | INDICADOR | ÍNDICE | | |
| PROBLEMA GENERAL: | OBJETIVO GENERAL: | HIPÓTESIS GENERAL: | Independiente | | | | |
| ¿Cuál será la aplicación de enzimas en la eficiencia de tratamiento de aguas residuales domésticas de la planta piloto de la FIARN-UNAC 2022? | Aplicar enzimas en la eficiencia de tratamiento de aguas residuales domésticas de la planta piloto de la FIARN-UNAC 2022 | La aplicación de enzimas incrementará la eficiencia de tratamiento de aguas residuales domésticas de la planta piloto de la FIARN-UNAC 2022. | X: | | | | |
| | | | ENZIMAS EN REACTOR BIOLÓGICO | -Dosis de enzimas -Tiempo retención hidráulica | X ₁ X ₂ | mg/L Días | Ficha de registro de datos Obs. Experi. |
| PROBLEMAS ESPECÍFICOS: | OBJETIVO ESPECÍFICO: | HIPÓTESIS ESPECÍFICA: | Dependiente | | | | |
| ¿Cuál será la dosis de enzimas en la eficiencia de tratamiento de aguas residuales domésticas en la planta piloto de la FIARN-UNAC 2022? | Identificar el efecto de la dosis de enzimas en la eficiencia de tratamiento de aguas residuales domésticas en la planta piloto de la FIARN-UNAC 2022. | La aplicación de la dosis de enzimas incrementará la eficiencia de tratamiento de aguas residuales domésticas en la planta piloto de la FIARN-UNAC 2022. | Y: | | | | |
| | | | AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS | • Sólidos Suspendidos Totales • Temperatura • Potencial Hidrógeno (pH) • Aceites y Grasas • Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) | Y ₁ Y ₂ Y ₃ Y ₄ Y ₅ | mg/L °C Und.pH mg/L mg/L | Ficha de registro de datos Obs. Experi. |

¿Cuál será el tiempo de retención en la eficiencia de tratamiento de aguas residuales domésticas en la planta piloto de la FIARN-UNAC 2022?

Identificar el efecto del tiempo de retención en la eficiencia de tratamiento de aguas residuales domésticas en la planta piloto de la FIARN-UNAC 2022.

El tiempo de retención hidráulica incrementará la eficiencia de tratamiento de aguas residuales domésticas en la planta piloto de la FIARN-UNAC 2022

- Demanda Química de Oxígeno (DQO) Y_6 mg/L
- Oxígeno Disuelto Y_7 mg DO/L
- Coliformes fecales Y_8 NMP/100mL

**ANEXO 2 VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO DE RECOJO DE
DATOS**

| FICHA PARA LA VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO | | | | | | |
|--|--|-------------|--|---------------|-------|-----------|
| I. Datos generales | | | | | | |
| 1.1. Nombres y apellidos del experto: | Godofredo León Ramírez | N° DNI | 6048665 | | | |
| 1.2. Especialidad: | Ingeniería Qupimica | | | | | |
| 1.3. Título profesional: | Ingeniero Químico | | | | | |
| 1.4. Institución en la que labora: | Sedapal | | | | | |
| 1.5. Cargo que ocupa: | Especialista Planta | | | | | |
| 1.6. Autor del instrumento: | Juan Pablo Pérez Miranda | | | | | |
| 1.7. Título de la investigación: | 'APLICACIÓN DE ENZIMAS PARA LA EFICIENCIA DE TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS DE LA PLANTA PILOTO DE LA FIARN-UNAC 2022' | | | | | |
| II. Aspectos de la validación | | | | | | |
| Marcar con una x la calificación que corresponda a cada criterio | | | | | | |
| Criterios | | Deficiente | Baja | Regular | Buena | Muy buena |
| Claridad | Está formulado con lenguaje claro y preciso | | | | | x |
| Objetividad | Expresado en conductas observables | | | | x | |
| Relevancia | Adecuado para cumplir los objetivos de la investigación | | | | x | |
| Organización | Existe un orden lógico | | | | x | |
| Especificidad | Acorde al nivel de información | | | | | x |
| Intencionalidad | Adecuado para identificar las características de la información seleccionada | | | | x | |
| Suficiencia | Comprende aspectos de cantidad y calidad de la información | | | | x | |
| Coherencia | Entre las dimensiones e indicadores de la variable | | | | x | |
| Metodología | Responde a la metodología establecida para la investigación | | | | x | |
| Pertinencia | Es adecuado para el tipo de investigación | | | x | | |
| Conteo total | | 0 | 0 | 1 | 7 | 2 |
| | | A | B | C | D | E |
| III. Coeficiente de validez | | | | | | |
| Fórmula = $\frac{(1 \times A) + (2 \times B) + (3 \times C) + (4 \times D) + (5 \times E)}{50} = 0.82$ | | | | | | |
| Calificación : <u>Aprobado</u> | | Categoría | | Intervalo | | |
| | | Desaprobado | | 0.00 - 0.60 | | |
| | | Observado | | < 0.60 - 0.70 | | |
| | | Aprobado | | < 0.70 - 1.00 | | |
| IV. Opinión del experto | | | | | | |
| Ninguna | | | | | | |
| Fecha: 01/04/2022 | | | Firma del experto:  | | | |

| FICHA PARA LA VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO | | | | | | |
|--|--|--------------------|--|----------------|--------------|------------------|
| I. Datos generales | | | | | | |
| 1.1. Nombres y apellidos del experto: | Dan Skipper Anarcaya Torres | N° DNI | 43420067 | | | |
| 1.2. Especialidad: | Ingeniería Química | | | | | |
| 1.3. Título profesional: | Ingeniero Químico | | | | | |
| 1.4. Institución en la que labora: | UNAC | | | | | |
| 1.5. Cargo que ocupa: | Jefe de Laboratorio | | | | | |
| 1.6. Autor del instrumento: | Juan Pablo Miranda Pérez | | | | | |
| 1.7. Título de la investigación: | 'APLICACIÓN DE ENZIMAS PARA LA EFICIENCIA DE TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS DE LA PLANTA PILOTO DE LA FIARN-UNAC 2022' | | | | | |
| II. Aspectos de la validación | | | | | | |
| Marcar con una x la calificación que corresponda a cada criterio | | | | | | |
| Criterios | | Deficiente | Baja | Regular | Buena | Muy buena |
| Claridad | Está formulado con lenguaje claro y preciso | | | | | x |
| Objetividad | Expresado en conductas observables | | | | x | |
| Relevancia | Adecuado para cumplir los objetivos de la investigación | | | | x | |
| Organización | Existe un orden lógico | | | | x | |
| Especificidad | Acorde al nivel de información | | | | x | |
| Intencionalidad | Adecuado para identificar las características de la información seleccionada | | | | x | |
| Suficiencia | Comprende aspectos de cantidad y calidad de la información | | | | x | |
| Coherencia | Entre las dimensiones e indicadores de la variable | | | | x | |
| Metodología | Responde a la metodología establecida para la investigación | | | | x | |
| Pertinencia | Es adecuado para el tipo de investigación | | | | | x |
| Cuento total | | 0 | 0 | 0 | 8 | 2 |
| | | A | B | C | D | E |
| III. Coeficiente de validez | | | | | | |
| Fórmula = $\frac{(1 \times A) + (2 \times B) + (3 \times C) + (4 \times D) + (5 \times E)}{50} = 0.84$ | | | | | | |
| Calificación <u>Aprobado</u> | | <i>Categoría</i> | <i>Intervalo</i> | | | |
| | | <i>Desaprobado</i> | 0.00 - 0.60 | | | |
| | | <i>Observado</i> | < 0.60 - 0.70 | | | |
| | | <i>Aprobado</i> | < 0.70 - 1.00 | | | |
| IV. Opinión del experto | | | | | | |
| Ninguna | | | | | | |
| Fecha: 02/04/2022 | | | Firma del experto:  | | | |

| FICHA PARA LA VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO | | | | | | |
|--|--|-------------------|---|----------------|------------------|------------------|
| I. Datos generales | | | | | | |
| 1.1. Nombres y apellidos del experto: | Hugo Miguel Miguel | N° DNI | 20053219 | | | |
| 1.2. Especialidad: | Dr. En Medio Ambiente y Desarrollo sostenible | | | | | |
| 1.3. Título profesional: | Ing. Forestal | | | | | |
| 1.4. Institución en la que labora: | EMAPA PASCO S.A. | | | | | |
| 1.5. Cargo que ocupa: | Director | | | | | |
| 1.6. Autor del instrumento: | Juan Pablo Miranda Pérez | | | | | |
| 1.7. Título de la investigación: | 'APLICACIÓN DE ENZIMAS PARA LA EFICIENCIA DE TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS DE LA PLANTA PILOTO DE LA FIARN-UNAC 2022' | | | | | |
| II. Aspectos de la validación | | | | | | |
| Marcar con una x la calificación que corresponda a cada criterio | | | | | | |
| Criterios | | Deficiente | Baja | Regular | Buena | Muy buena |
| Claridad | Está formulado con lenguaje claro y preciso | | | | | x |
| Objetividad | Expresado en conductas observables | | | | | x |
| Relevancia | Adecuado para cumplir los objetivos de la investigación | | | | x | |
| Organización | Existe un orden lógico | | | | x | |
| Especificidad | Acorde al nivel de información | | | | x | |
| Intencionalidad | Adecuado para identificar las características de la información seleccionada | | | | x | |
| Suficiencia | Comprende aspectos de cantidad y calidad de la información | | | | x | |
| Coherencia | Entre las dimensiones e indicadores de la variable | | | | x | |
| Metodología | Responde a la metodología establecida para la investigación | | | | x | |
| Pertinencia | Es adecuado para el tipo de investigación | | | | x | |
| Conteo total | | 0 | 0 | 0 | 8 | 2 |
| | | A | B | C | D | E |
| III. Coeficiente de validez | | | | | | |
| Fórmula = $\frac{(1 \times A) + (2 \times B) + (3 \times C) + (4 \times D) + (5 \times E)}{50} = 0.84$ | | | | | | |
| Calificación Aprobado | | | | | <i>Categoría</i> | <i>Intervalo</i> |
| | | | | | Desaprobado | 0.00 - 0.60 |
| | | | | | Observado | < 0.60 - 0.70 |
| | | | | | Aprobado | < 0.70 - 1.00 |
| IV. Opinión del experto | | | | | | |
| Ninguna | | | | | | |
| Fecha: 01/04/2022 | | | Firma del experto: | | | |
| | | |  | | | |

ANEXO 3 INFORMES DE ENSAYO DE LABORATORIO

INFORME DE ENSAYO N°: IE-22-5131

I. DATOS DEL SERVICIO

1.-RAZON SOCIAL : MIRANDA PEREZ JUAN PABLO
2.-DIRECCIÓN : MZ A Lt 29 albino Herrera 1era etapa Callao
3.-PROYECTO : ANÁLISIS DE AGUA RESIDUAL
4.-PROCEDENCIA : Callao
5.-SOLICITANTE : MIRANDA PEREZ JUAN PABLO
6.-ORDEN DE SERVICIO N° : 0000001422-2022-0000
7.-PROCEDIMIENTO DE MUESTREO : NO APLICA
8.-MUESTREADO POR : EL CLIENTE
9.-FECHA DE EMISIÓN DE INFORME : 2022-04-19

II. DATOS DE ÍTEMS DE ENSAYO

1.-PRODUCTO : Agua
2.-NÚMERO DE MUESTRAS : 24
3.-FECHA DE RECEP. DE MUESTRA : 2022-04-04
4.-PERÍODO DE ENSAYO : 2022 04-04 al 2022-04-19



Liz Y. Quispe Quispe
Jefe de Laboratorio
CIP N° 211662

Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados.
No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de Analytical Laboratory E.I.R. L.
Los resultados de los ensayos, 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.

INFORME DE ENSAYO N°: IE-22-5131

III. MÉTODOS Y REFERENCIAS

| TIPO DE ENSAYO | NORMA DE REFERENCIA | TÍTULO |
|--|--|--|
| Coliformes Fecales (Termotolerantes) (NMP) 2 | SMEWW-APHA AWWA-WEF Part 9221 F1, 23 rd Ed.2017. | Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Escherichia coli Procedure Using Fluorogenic Substrate. Escherichia coli test (EC-MUG Medium). |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno ⁽¹⁾ | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23 rd Ed. 2017 | Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test |
| Oxígeno Disuelto ⁽¹⁾ | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-O G. 23rd Ed. 2017 | Oxygen (Dissolved). Membrana Electrode Method |
| Aceites y Grasas ⁽¹⁾ | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5520 B, 23 rd Ed 2017 | Oil and Grease. Liquid-Liquid, Partition-Gravimetric Method |
| Sólidos Suspendedos Totales ⁽¹⁾ | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 23 rd Ed. 2017 | Solids. Total Suspended Solids Dried at 103-105°C |
| Demanda Química de Oxígeno ⁽¹⁾ | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23 rd Ed. 2017 | Chemical Oxygen Demand, Closed Reflux, Colorimetric Method |

⁽¹⁾SMEWW[®] : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater

⁽¹⁾ Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

² Ensayo acreditado por el IAS

⁽¹⁾ El Ensayo indicado no ha sido acreditado

INFORME DE ENSAYO N°: IE-22-5131

IV. RESULTADOS

| ITEM | 1 | 2 | 3 | 4 | | | |
|---|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|------|------|------|
| CÓDIGO DE LABORATORIO: | M-22-15583 | M-22-15584 | M-22-15585 | M-22-15586 | | | |
| CÓDIGO DEL CLIENTE: | T0 | T1 | T2 | T3 | | | |
| COORDENADAS: | E.0231923 | E.0231923 | E.0231923 | E.0231923 | | | |
| UTM WGS 84: | N.8663934 | N.8663934 | N.8663934 | N.8663934 | | | |
| PRODUCTO: | Agua Residual | Agua Residual | Agua Residual | Agua Residual | | | |
| SUB PRODUCTO: | Agua Residual Doméstica | Agua Residual Doméstica | Agua Residual Doméstica | Agua Residual Doméstica | | | |
| INSTRUCTIVO DE MUESTREO: | NO APLICA | | | | | | |
| FECHA y HORA DE MUESTREO : | 04-04-2022 08:00 | 04-04-2022 08:00 | 04-04-2022 08:00 | 04-04-2022 08:00 | | | |
| ENSAYO | UNIDAD | L.D.M. | L.C.M. | RESULTADOS | | | |
| Coliformes Fecales (Termotolerantes) (NMP) ² | NMP/100mL | NA | 1,8 | 350 000,0 | - | - | - |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno (*) | mg/L | 0,4 | 2,0 | 127,0 | 92,0 | 85,0 | 74,0 |
| Oxígeno Disuelto (**) | mg DO/L | 0,04 | 0,10 | 0,56 | - | - | - |
| Acetres y Grasas (*) | mg/L | 0,30 | 0,50 | 1,80 | - | - | - |
| Sólidos Suspendidos Totales (*) | mg/L | 2,0 | 5,0 | 68,0 | - | - | - |
| Demanda Química de Oxígeno (*) | mg/L | 2,0 | 5,0 | 385,7 | - | - | - |

(¹) Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

(²) El Ensayo indicado no ha sido acreditado

² Ensayo acreditado por el IAS

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, " \leq "= Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, " \leq "= Menor que el L.D.M.

*: No ensayado

NA: No Aplica

INFORME DE ENSAYO N°: IE-22-5131

| ITEM | 5 | 6 | 7 | 8 | | | |
|---|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|------|------|------|
| CÓDIGO DE LABORATORIO: | M-22-15587 | M-22-15588 | M-22-15589 | M-22-15590 | | | |
| CÓDIGO DEL CLIENTE: | T4 | T5 | T6 | T7 | | | |
| COORDENADAS: | E:0231923 | E:0231923 | E:0231923 | E:0231923 | | | |
| UTM WGS 84: | N:8663934 | N:8663934 | N:8663934 | N:8663934 | | | |
| PRODUCTO: | Agua Residual | Agua Residual | Agua Residual | Agua Residual | | | |
| SUB PRODUCTO: | Agua Residual Doméstica | Agua Residual Doméstica | Agua Residual Doméstica | Agua Residual Doméstica | | | |
| INSTRUCTIVO DE MUESTREO: | NO APLICA | | | | | | |
| FECHA y HORA DE MUESTREO: | 04-04-2022 08:00 | 04-04-2022 08:00 | 04-04-2022 08:00 | 04-04-2022 08:00 | | | |
| ENSAYO | UNIDAD | L.D.M. | L.C.M. | RESULTADOS | | | |
| Coliformes Fecales (Termotolerantes) (NMP) ² | NMP/100mL | NA | 1,8 | - | - | - | - |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno (*) | mg/L | 0,4 | 2,0 | 42,0 | 19,0 | 18,0 | 46,0 |
| Oxígeno Disuelto (**) | mg DO/L | 0,04 | 0,10 | - | - | - | - |
| Acetes y Grasas (*) | mg/L | 0,30 | 0,50 | - | - | - | - |
| Sólidos Suspendedos Totales (*) | mg/L | 2,0 | 5,0 | - | - | - | - |
| Demanda Química de Oxígeno (*) | mg/L | 2,0 | 5,0 | - | - | - | - |

⁽¹⁾ Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

⁽²⁾ El Ensayo indicado no ha sido acreditado

² Ensayo acreditado por el IAS

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, *<= Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, *<= Menor que el L.D.M.

**.: No ensayado

NA: No Aplica

INFORME DE ENSAYO N°: IE-22-5131

| ITEM | 9 | 10 | 11 | 12 | | | |
|---|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|------|------|------|
| CÓDIGO DE LABORATORIO: | M-22-15591 | M-22-15592 | M-22-15593 | M-22-15594 | | | |
| CÓDIGO DEL CLIENTE: | T8 | T9 | T10 | T11 | | | |
| COORDENADAS: | E:0231923 | E:0231923 | E:0231923 | E:0231923 | | | |
| UTM WGS 84: | N:8663934 | N:8663934 | N:8663934 | N:8663934 | | | |
| PRODUCTO: | Agua Residual | Agua Residual | Agua Residual | Agua Residual | | | |
| SUB PRODUCTO: | Agua Residual Doméstica | Agua Residual Doméstica | Agua Residual Doméstica | Agua Residual Doméstica | | | |
| INSTRUCTIVO DE MUESTREO: | NO APLICA | | | | | | |
| FECHA y HORA DE MUESTREO : | 04-04-2022 08:00 | 04-04-2022 08:00 | 04-04-2022 08:00 | 04-04-2022 08:00 | | | |
| ENSAYO | UNIDAD | L.D.M. | L.C.M. | RESULTADOS | | | |
| Coliformes Fecales (Termotolerantes) (NMP) ² | NMP/100mL | NA | 1,8 | - | - | - | - |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno (*) | mg/L | 0,4 | 2,0 | 21,0 | 32,0 | 69,0 | 60,0 |
| Oxígeno Disuelto (**) | mg DO/L | 0,04 | 0,10 | - | - | - | - |
| Acetes y Grasas (*) | mg/L | 0,30 | 0,50 | - | - | - | - |
| Sólidos Suspendedos Totales (*) | mg/L | 2,0 | 5,0 | - | - | - | - |
| Demanda Química de Oxígeno (*) | mg/L | 2,0 | 5,0 | - | - | - | - |

⁽¹⁾ Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

⁽²⁾ El Ensayo indicado no ha sido acreditado

² Ensayo acreditado por el IAS

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, " \leq "= Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, " \leq "= Menor que el L.D.M.

**=: No ensayado

NA: No Aplica

INFORME DE ENSAYO N°: IE-22-5131

| ITEM | 13 | 14 | 15 | 16 | | | |
|---|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|------|------|------|
| CÓDIGO DE LABORATORIO: | M-22-15595 | M-22-15596 | M-22-15597 | M-22-15598 | | | |
| CÓDIGO DEL CLIENTE: | T12 | T13 | T14 | T15 | | | |
| COORDENADAS: | E:0231923 | E:0231923 | E:0231923 | E:0231923 | | | |
| UTM WGS 84: | N:8663934 | N:8663934 | N:8663934 | N:8663934 | | | |
| PRODUCTO: | Agua Residual | Agua Residual | Agua Residual | Agua Residual | | | |
| SUB PRODUCTO: | Agua Residual Doméstica | Agua Residual Doméstica | Agua Residual Doméstica | Agua Residual Doméstica | | | |
| INSTRUCTIVO DE MUESTREO: | NO APLICA | | | | | | |
| FECHA y HORA DE MUESTREO : | 04-04-2022 08:00 | 04-04-2022 08:00 | 04-04-2022 08:00 | 04-04-2022 08:00 | | | |
| ENSAYO | UNIDAD | L.D.M. | L.C.M. | RESULTADOS | | | |
| Coliformes Fecales (Termotolerantes) (NMP) ² | NMP/100mL | NA | 1,8 | - | - | - | - |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno (*) | mg/L | 0,4 | 2,0 | 39,0 | 90,0 | 87,0 | 63,0 |
| Oxígeno Disuelto (**) | mg DO/L | 0,04 | 0,10 | - | - | - | - |
| Acetes y Grasas (*) | mg/L | 0,30 | 0,50 | - | - | - | - |
| Sólidos Suspendedos Totales (*) | mg/L | 2,0 | 5,0 | - | - | - | - |
| Demanda Química de Oxígeno (*) | mg/L | 2,0 | 5,0 | - | - | - | - |

⁽¹⁾ Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

⁽²⁾ El Ensayo indicado no ha sido acreditado

² Ensayo acreditado por el IAS

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, " \leq "= Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, " \leq "= Menor que el L.D.M.

**=: No ensayado

NA: No Aplica

INFORME DE ENSAYO N°: IE-22-5131

| ITEM | 17 | 18 | 19 | 20 | | | |
|---|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|------|------|------|
| CÓDIGO DE LABORATORIO: | M-22-15599 | M-22-15600 | M-22-15601 | M-22-15602 | | | |
| CÓDIGO DEL CLIENTE: | T16 | T17 | T18 | T19 | | | |
| COORDENADAS: | E:0231923 | E:0231923 | E:0231923 | E:0231923 | | | |
| UTM WGS 84: | N:8663934 | N:8663934 | N:8663934 | N:8663934 | | | |
| PRODUCTO: | Agua Residual | Agua Residual | Agua Residual | Agua Residual | | | |
| SUB PRODUCTO: | Agua Residual Doméstica | Agua Residual Doméstica | Agua Residual Doméstica | Agua Residual Doméstica | | | |
| INSTRUCTIVO DE MUESTREO: | NO APLICA | | | | | | |
| FECHA y HORA DE MUESTREO : | 04-04-2022 08:00 | 04-04-2022 08:00 | 04-04-2022 08:00 | 04-04-2022 08:00 | | | |
| ENSAYO | UNIDAD | L.D.M. | L.C.M. | RESULTADOS | | | |
| Coliformes Fecales (Termotolerantes) (NMP) ² | NMP/100mL | NA | 1,8 | - | - | - | - |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno (*) | mg/L | 0,4 | 2,0 | 14,0 | 18,0 | 11,0 | 16,0 |
| Oxígeno Disuelto (**) | mg DO/L | 0,04 | 0,10 | - | - | - | - |
| Acetes y Grasas (*) | mg/L | 0,30 | 0,50 | - | - | - | - |
| Sólidos Suspendedos Totales (*) | mg/L | 2,0 | 5,0 | - | - | - | - |
| Demanda Química de Oxígeno (*) | mg/L | 2,0 | 5,0 | - | - | - | - |

(¹) Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

(²) El Ensayo indicado no ha sido acreditado

² Ensayo acreditado por el IAS

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, " \leq "= Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, " \leq "= Menor que el L.D.M.

**=: No ensayado

NA: No Aplica

INFORME DE ENSAYO N°: IE-22-5131

| ITEM | 21 | 22 | 23 | 24 | | | |
|---|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|------|------|------|
| CÓDIGO DE LABORATORIO: | M-22-15603 | M-22-15604 | M-22-15605 | M-22-15606 | | | |
| CÓDIGO DEL CLIENTE: | T20 | T21 | T22 | T23 | | | |
| COORDENADAS: | E:0231923 | E:0231923 | E:0231923 | E:0231923 | | | |
| UTM WGS 84: | N:8663934 | N:8663934 | N:8663934 | N:8663934 | | | |
| PRODUCTO: | Agua Residual | Agua Residual | Agua Residual | Agua Residual | | | |
| SUB PRODUCTO: | Agua Residual Doméstica | Agua Residual Doméstica | Agua Residual Doméstica | Agua Residual Doméstica | | | |
| INSTRUCTIVO DE MUESTREO: | NO APLICA | | | | | | |
| FECHA y HORA DE MUESTREO: | 04-04-2022 08:00 | 04-04-2022 08:00 | 04-04-2022 08:00 | 04-04-2022 08:00 | | | |
| ENSAYO | UNIDAD | L.D.M. | L.C.M. | RESULTADOS | | | |
| Coliformes Fecales (Termotolerantes) (NMP) ² | NMP/100mL | NA | 1,8 | - | - | - | - |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno (*) | mg/L | 0,4 | 2,0 | 37,0 | 25,0 | 47,0 | 55,0 |
| Oxígeno Disuelto (**) | mg DO/L | 0,04 | 0,10 | - | - | - | - |
| Acetes y Grasas (*) | mg/L | 0,30 | 0,50 | - | - | - | - |
| Sólidos Suspendedos Totales (*) | mg/L | 2,0 | 5,0 | - | - | - | - |
| Demanda Química de Oxígeno (*) | mg/L | 2,0 | 5,0 | - | - | - | - |

(¹) Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

(²) El Ensayo indicado no ha sido acreditado

² Ensayo acreditado por el IAS

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, " \leq " Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, " \leq " Menor que el L.D.M.

**.: No ensayado

NA: No Aplica

INFORME DE ENSAYO N°: IE-22-5131

| ITEM | | | | 25 |
|---|-----------|--------|--------|-------------------------|
| CÓDIGO DE LABORATORIO: | | | | M-22-15607 |
| CÓDIGO DEL CLIENTE: | | | | T24 |
| COORDENADAS: | | | | E:0231923 |
| UTM WGS 84: | | | | N:8663934 |
| PRODUCTO: | | | | Agua Residual |
| SUB PRODUCTO: | | | | Agua Residual Doméstica |
| INSTRUCTIVO DE MUESTREO: | | | | NO APLICA |
| FECHA y HORA DE MUESTREO: | | | | 04-04-2022 08:00 |
| ENSAYO | UNIDAD | L.D.M. | L.C.M. | RESULTADOS |
| Coliformes Fecales (Termotolerantes) (NMP) ² | NMP/100mL | NA | 1,8 | - |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno (*) | mg/L | 0,4 | 2,0 | 34,0 |
| Oxígeno Disuelto (**) | mg DO/L | 0,04 | 0,10 | - |
| Aceites y Grasas (*) | mg/L | 0,30 | 0,50 | - |
| Sólidos Suspendedos Totales (*) | mg/L | 2,0 | 5,0 | - |
| Demanda Química de Oxígeno (*) | mg/L | 2,0 | 5,0 | - |

¹⁾ Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

²⁾ El Ensayo indicado no ha sido acreditado

³⁾ Ensayo acreditado por el IAS

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, *<= Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, *<= Menor que el L.D.M.

*-: No ensayado

NA: No Aplica

V. OBSERVACIONES

Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.

"FIN DE DOCUMENTO"

INFORME DE ENSAYO N°: IE-22-5311

I. DATOS DEL SERVICIO

| | |
|--------------------------------|---|
| 1.-RAZON SOCIAL | : MIRANDA PEREZ JUAN PABLO |
| 2.-DIRECCIÓN | : MZ A Lt 29 albino Herrera 1era etapa Callao |
| 3.-PROYECTO | : ANÁLISIS DE AGUA RESIDUAL |
| 4.-PROCEDENCIA | : Callao |
| 5.-SOLICITANTE | : MIRANDA PEREZ JUAN PABLO |
| 6.-ORDEN DE SERVICIO N° | : 0000001549-2022-0000 |
| 7.-PROCEDIMIENTO DE MUESTREO | : NO APLICA |
| 8.-MUESTREADO POR | : EL CLIENTE |
| 9.-FECHA DE EMISIÓN DE INFORME | : 2022-04-16 |

II. DATOS DE ÍTEMS DE ENSAYO

| | |
|-------------------------------|----------------------------|
| 1.-PRODUCTO | : Agua |
| 2.-NÚMERO DE MUESTRAS | : 1 |
| 3.-FECHA DE RECEP. DE MUESTRA | : 2022-04-06 |
| 4.-PERÍODO DE ENSAYO | : 2022-04-06 al 2022-04-16 |



Liz Y. Quipe Quispe
Jefe de Laboratorio
CIP N° 211662

Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados.
No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de Analytical Laboratory E.I.R.L.
Los resultados de los ensayos, 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.

INFORME DE ENSAYO N°: IE-22-5311

III. MÉTODOS Y REFERENCIAS

| TIPO DE ENSAYO | NORMA DE REFERENCIA | TÍTULO |
|--|---|--|
| Coliformes Fecales (Termotolerantes) (NMP) 2 | SMEWW-APHA AWWA-WEF Part 9221 F1, 23 rd Ed. 2017. | Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Escherichia coli Procedure Using Fluorogenic Substrate. Escherichia coli test (EC-MUG Medium). |
| Oxígeno Disuelto ^(*) | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-O G. 23rd Ed. 2017 | Oxygen (Dissolved). Membrana Electrode Method |
| Sólidos Suspendidos Totales ^(*) | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 23 rd Ed. 2017 □ | Solids. Total Suspended Solids Dried at 103-105°C |
| Aceites y Grasas ^(*) | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5520 B, 23 rd Ed 2017 □ | Oil and Grease. Liquid-Liquid, Partition-Gravimetric Method |
| Demanda Química de Oxígeno ^(*) | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23 rd Ed. 2017 □ | Chemical Oxygen Demand, Closed Reflux, Colorimetric Method |

*SMEWW : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater

^(*) Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

² Ensayo acreditado por el IAS

^(□) El Ensayo indicado no ha sido acreditado

INFORME DE ENSAYO N°: IE-22-5311

IV. RESULTADOS

| ITEM | | | | 1 |
|---|-----------|--------|--------|-------------------------|
| CÓDIGO DE LABORATORIO: | | | | M-22-16239 |
| CÓDIGO DEL CLIENTE: | | | | TF |
| COORDENADAS: | | | | NO APLICA |
| UTM WGS 84: | | | | NO APLICA |
| PRODUCTO: | | | | Agua Residual |
| SUB PRODUCTO: | | | | Agua Residual Doméstica |
| INSTRUCTIVO DE MUESTREO: | | | | NO APLICA |
| FECHA y HORA DE MUESTREO : | | | | 06-04-2022 15:00 |
| ENSAYO | UNIDAD | L.D.M. | L.C.M. | RESULTADOS |
| Coliformes Fecales (Termotolerantes) (NMP) ² | NMP/100mL | NA | 1,8 | 35 000,0 |
| Oxígeno Disuelto (**) | mg DO/L | 0,04 | 0,10 | 7,96 |
| Aceites y Grasas (*) | mg/L | 0,30 | 0,50 | 1,00 |
| Sólidos Suspendedos Totales (*) | mg/L | 2,0 | 5,0 | 5,0 |
| Demanda Química de Oxígeno (*) | mg/L | 2,0 | 5,0 | 25,8 |

⁽¹⁾ Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

^(**) El Ensayo indicado no ha sido acreditado

² Ensayo acreditado por el IAS

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, *<=" Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, *<=" Menor que el L.D.M.

NA: No Aplica

V. OBSERVACIONES

Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.

"FIN DE DOCUMENTO"

ANEXO 4 REGISTRO DE CAMPO



FICHA DE REGISTRO DE DATOS

FECHA : _____ : _____

DATOS DEL AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA

| Dosis de enzimas | Tiempo de retención hidráulica (HORAS) | Parámetros físico-químicos y biológicos | | | | | | | | Fecha y Hora | Observaciones |
|----------------------------|--|---|---------------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|------------------|--|---|------------------|---------------|
| | | Parámetros medidos en campo | | Parámetros medidos en laboratorio | | | | | | | |
| | | Temperatura (C°) | Potencial de Hidrógeno (Unidad de pH) | oxígeno disuelto | Sólidos Suspendidos Totales (mg/L) | Coliformes fecales (NMP/100 ml) | Aceites y grasas | DBO5 (Demanda biológica de oxígeno) (mg/L) | DQO (Demanda química de oxígeno) (mg/L) | | |
| <i>CARACTERIZACION</i> | | 22.9 | 8.13 | 2 | 68 | 350000 | 1.8 | 127 | 385.7 | 02/04/2022 06:00 | |
| <i>REACTOR SIN ENZIMAS</i> | 0.5 | 22.9 | 8.13 | - | - | - | - | 92 90 | - | 02/04/2022 06:00 | |
| | 1 | 22.8 | 8.32 | - | - | - | - | 85 87 | - | 02/04/2022 09:00 | |
| | 1.5 | 23 | 8.4 | - | - | - | - | 74 83 | - | 02/04/2022 12:00 | |
| <i>10 mg/L</i> | 0.5 | 24 | 8.25 | - | - | - | - | 42 14 | - | 02/04/2022 15:00 | |
| | 1 | 23.5 | 8.37 | - | - | - | - | 19 18 | - | 02/04/2022 18:00 | |
| | 1.5 | 22.9 | 8.44 | 7.96 | 5 | 35000 | 1 | 18 11 | 25.8 | 02/04/2022 23:00 | |
| <i>20 mg/l</i> | 0.5 | 23 | 8.45 | - | - | - | - | 46 16 | - | 03/04/2022 06:00 | |
| | 1 | 23.2 | 8.44 | - | - | - | - | 21 37 | - | 03/04/2022 09:00 | |
| | 1.5 | 23.6 | 8.44 | - | - | - | - | 32 25 | - | 03/04/2022 12:00 | |
| <i>30 mg/l</i> | 0.5 | 24.2 | 8.39 | - | - | - | - | 69 47 | - | 03/04/2022 15:00 | |
| | 1 | 23.9 | 8.41 | - | - | - | - | 60 55 | - | 03/04/2022 18:00 | |
| | 1.5 | 22.5 | 8.38 | - | - | - | - | 39 34 | - | 03/04/2022 23:00 | |

Validado por:

| | | |
|----------------|---------------------------|------------------------|
| Ing° Godofredo | Mtro. DAN ANARCAYA TORRES | Dr. Hugo Miguel Miguel |
| | | |
| León Ramírez | CIP: 158079 | CIP: 28405 |

