

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA
AMBIENTAL



T E S I S

**Evaluación de la eficiencia del sistema de tratamiento de aguas
residuales domésticas en la población de Vicco de la provincia de
Pasco - 2022**

Para optar el título profesional de:

Ingeniero Ambiental

Autor:

Bach. Nildo Javier RIVERA ESPINOZA

Asesor:

Mg. Lucio ROJAS VÍTOR

Cerro de Pasco – Perú – 2024

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA
AMBIENTAL



TESIS

**Evaluación de la eficiencia del sistema de tratamiento de aguas
residuales domésticas en la población de Vicco de la provincia de
Pasco - 2022**

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:

Mg. Eleuterio Andrés ZAVALA SANCHEZ

PRESIDENTE

Mg. Edgar Walter PEREZ JUZCAMAYTA

MIEMBRO

Ing. Miguel Ángel BASUALDO BERNUY

MIEMBRO



Universidad Nacional Daniel Alcides
Carrión Facultad de Ingeniería
Unidad de Investigación

INFORME DE ORIGINALIDAD N° 140-2024-UNDAC/UIFI

La Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión en mérito al artículo 23° del Reglamento General de Grados Académicos y Títulos Profesionales aprobado en Consejo Universitario del 21 de abril del 2022, La Tesis ha sido evaluado por el software antiplagio Turnitin Similarity, que a continuación se detalla:

Tesis:

**Evaluación de la eficiencia del sistema de tratamiento de
aguas residuales domésticas en la población de Vicco de la
provincia de Pasco -2022**

Apellidos y nombres de los tesistas:

Bach. RIVERA ESPINOZA, Nildo Javier

Apellidos y nombres del Asesor:

Mg. ROJAS VITOR, Lucio

Escuela de Formación Profesional

Ingeniería Ambiental

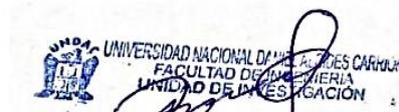
Índice de Similitud

8%

APROBADO

Se informa el Reporte de evaluación del software similitud para los fines pertinentes:

Cerro de Pasco, 06 de octubre del 2023


Luis Villar Requís Carbajal
DOCTOR EN CIENCIAS - DIRECTOR

DEDICATORIA

Es mi deseo como sencillo gesto de agradecimiento dedicarle el presente trabajo a Dios que gracias a su infinita bondad me ha permitido lograr concluir con la carrera, a mis padres, por ser siempre mi soporte a ellos que siempre estuvieron a mi lado brindándome su apoyo y sus consejos para hacer de mí una mejor persona, a mi docente por su apoyo y orientación incondicional durante el proceso de elaboración del trabajo, a mis amigos, compañeros, y todas aquellas personas que de una u otra manera han contribuido para el logro de mis objetivos.

AGRADECIMIENTOS

El reconocimiento a Dios por brindarme la oportunidad de lograr alcanzar los distintos objetivos, a mis padres por su apoyo incondicional, a los ingenieros por su contribución y orientación durante el desarrollo de este trabajo, a todas las personas quienes me dieron la fortaleza para seguir adelante. A mi familia por su comprensión y estímulo constante, además el apoyo incondicional a lo largo de mis estudios y en la elaboración de este trabajo.

RESUMEN

En la localidad de Vicco se tiene el sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas basado en una laguna de oxidación que fue construida en los años del 2010 al 2012, el trabajo de campo nos permitió verificar el colapso de lodos debido a no tener mantenimiento desde su puesta en marcha. La investigación se tiene como objetivo principal evaluar la eficiencia del sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas en la población de Vicco de la provincia de Pasco-2022.

Finalizado la investigación, se concluye que la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas es eficiente en el tratamiento secundario por las dimensiones que tiene, pero es necesario que la municipalidad del distrito de Vicco implemente el pretratamiento, tratamiento primario y terciario para mejorar su eficiencia; teniendo como referencia el decreto supremo DS 03-2010-MINAM Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento Residuales Domésticas o Municipales

Los resultados en las estaciones de monitoreo P-1 (INGRESO A PTAR) y P2 (VERTIMIENTO), indican que los parámetros de sólidos totales disueltos, pH, demanda bioquímica de Oxígeno, demanda química de Oxígeno, aceites, grasas y temperatura cumplen con la normativa mencionada; sin embargo, no se cumple para coliformes termotolerantes esto debido a la falta de limpieza la laguna de oxidación y a la falta de tratamiento terciario; además porque no se cuenta con pre tratamiento de separación de sólidos y arenas, y tampoco se cuenta con un tratamiento primario que consiste en separar los aceites y grasas.

Palabras Clave: Sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas, coliformes termotolerantes, laguna de oxidación.

ABSTRACT

In the town of Vicco there is a domestic wastewater treatment system based on an oxidation lagoon that was built in the years from 2010 to 2012. Field work allowed us to verify the collapse of sludge due to not having maintenance since its inception. Start up. The main objective of the research is to evaluate the efficiency of the domestic wastewater treatment system in the population of Vicco in the province of Pasco-2022.

Once the investigation is completed, it is concluded that the domestic wastewater treatment plant is efficient in secondary treatment due to its dimensions, but it is necessary for the municipality of the Vicco district to implement pretreatment, primary and tertiary treatment to improve its efficiency; taking as reference the supreme decree DS 03-2010-MINAM Maximum Permissible Limits for effluents from Domestic or Municipal Residual Treatment Plants.

The results at the monitoring stations P-1 (WWTP ENTRY) and P2 (DISCHARGE), indicate that the parameters of total dissolved solids, pH, biochemical oxygen demand, chemical oxygen demand, oils, fats and temperature meet the mentioned regulations; However, this is not true for thermotolerant coliforms due to the lack of cleaning of the oxidation pond and the lack of tertiary treatment; also because there is no pre-treatment for separating solids and sand, and there is no primary treatment that consists of separating oils and fats.

Palabras Clave: Domestic wastewater treatment system, thermotolerant coliforms, oxidation lagoon

INTRODUCCIÓN

La investigación tiene mucha importancia ya que, con la información que se genera, tendremos el conocimiento de la eficiencia del sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas en la población de Vicco.

Según R. Gay (1996): “La investigación descriptiva, comprende la colección de datos para probar hipótesis o responder a preguntas concernientes a la situación corriente de los sujetos del estudio. Un estudio descriptivo determina e informa los modos de ser de los objetos.”, en base a ello nuestra investigación es descriptivo ya que se ha basado en recolectar datos para probar las hipótesis de la eficiencia de la PTAR Vicco.

Para nuestra investigación se evaluó que las aguas residuales domesticas al 100% son captadas en la población urbana de Vicco y esta es trasladada con tubería de PVC de 12 pulgadas hasta la zona denominada Aguapuquio donde se encuentra la planta de tratamiento de aguas residuales domesticas recorriendo en un tramo total de 1.60 Km, donde se tiene un área total enrejadas de 15 725 m², dentro de ello se encuentra todos los componentes.

A lo largo de este informe de investigación, describiremos nuestros hallazgos haciendo uso del método científico.

El autor.

ÍNDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN

ÍNDICE

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

| | |
|---|---|
| 1.1. Identificación y determinación del problema..... | 1 |
| 1.2. Delimitación de la investigación..... | 3 |
| 1.3. Formulación del problema. | 3 |
| 1.3.1. Problema general | 3 |
| 1.3.2. Problemas específicos. | 3 |
| 1.4. Formulación de objetivos..... | 4 |
| 1.4.1. Objetivo general | 4 |
| 1.4.2. Objetivos específicos..... | 4 |
| 1.5. Justificación de la investigación. | 4 |
| 1.5.1. Justificación teórica. | 4 |
| 1.5.2. Justificación metodológica. | 4 |
| 1.5.3. Justificación ambiental. | 5 |
| 1.6. Limitaciones de la investigación..... | 5 |

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

| | |
|-----------------------------------|---|
| 2.1. Antecedentes de estudio..... | 6 |
|-----------------------------------|---|

| | | |
|-------|--|----|
| 2.1.1 | Antecedentes internacionales. | 6 |
| 2.1.2 | Antecedentes nacionales. | 8 |
| 2.1.3 | Antecedentes locales. | 10 |
| 2.2 | Bases teóricas – científicas. | 12 |
| 2.2.1 | Aguas residuales. | 12 |
| 2.2.2 | Planta de tratamiento de aguas residuales - Vicco. | 12 |
| 2.2.3 | Valores de calidad de las aguas residuales en el marco legal peruano. | 13 |
| 2.2.4 | Límites máximo permisibles (LMP). | 13 |
| 2.2.5 | Estándar de calidad ambiental para agua (ECA-Agua). | 14 |
| 2.2.6 | Procesos de una planta de tratamiento de aguas residuales. | 16 |
| 2.3 | Definición de términos básicos. | 21 |
| 2.4 | Formulación de hipótesis. | 22 |
| 2.4.1 | Hipótesis general. | 22 |
| 2.4.2 | Hipótesis específicas. | 23 |
| 2.5 | Identificación de variables. | 23 |
| 2.6 | Definición operacional de variables e indicadores. | 23 |

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

| | | |
|--------|---|----|
| 3.1. | Tipo de Investigación. | 25 |
| 3.2. | Nivel de investigación. | 25 |
| 3.3. | Métodos de investigación. | 25 |
| 3.4. | Diseño de investigación. | 26 |
| 3.5. | Población y muestra. | 26 |
| 3.6. | Técnicas e instrumentos de recolección de datos. | 26 |
| 3.6.1. | Técnicas. | 26 |

| | |
|--|----|
| 3.6.2. Instrumentos. | 26 |
| 3.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos. | 27 |
| 3.8. Tratamiento estadístico. | 27 |
| 3.9. Orientación ética filosófica y epistémica | 27 |

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

| | |
|--|----|
| 4.1 Descripción del trabajo de campo | 28 |
| 4.1.1 Ubicación de la zona a investigar. | 28 |
| 4.1.2 Accesibilidad. | 28 |
| 4.2 Presentación, análisis e interpretación de resultados. | 30 |
| 4.2.1 Descripción de la planta de tratamiento de aguas residuales de Vicco. | 30 |
| 4.2.2 Eficiencia del sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas en la población de Vicco..... | 35 |
| 4.2.3 Análisis de resultados de sólidos totales en suspensión. | 40 |
| 4.2.4 Análisis de resultados del pH. | 41 |
| 4.2.5 Análisis de resultados de la demanda bioquímica de Oxígeno. | 42 |
| 4.2.6 Análisis de resultados de la demanda química de Oxígeno. | 43 |
| 4.2.7 Análisis de resultados de aceite y grasas. | 44 |
| 4.2.8 Análisis de resultados de Coliformes Termotolerantes. | 45 |
| 4.2.9 Análisis de resultados de la temperatura. | 46 |
| 4.2.10 Eficiencia de la planta de tratamiento. | 46 |
| 4.3 Prueba de hipótesis..... | 49 |
| 4.4 Discusión de resultados..... | 50 |

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS

INDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1 LMP para efluentes de PTAR a un cuerpo de agua | 14 |
| Figura 2 Comparación de los LMP para efluentes de PTAR y ECA-Agua | 15 |
| Figura 3 Vista del tratamiento preliminar | 17 |
| Figura 4 Vista del tratamiento primario | 18 |
| Figura 5 Vista del tratamiento secundario..... | 19 |
| Figura 6 Vista del tratamiento terciario..... | 20 |
| Figura 7 Ubicación geográfica de la planta de tratamiento de aguas residuales Vicco . | 29 |
| Figura 8 Ingreso a la Planta de tratamiento de aguas residuales domesticas | 30 |
| Figura 9 Ubicación del PTAR y la población urbana de Vicco | 31 |
| Figura 10 Imagen de buzón en la zona de traslado de aguas residuales domesticas..... | 32 |
| Figura 11 Llegada de aguas residuales domesticas | 33 |
| Figura 12 Vista de la laguna de oxidación al contorno con presencia de totora | 34 |
| Figura 13 Zona de vertimiento de aguas residuales tratadas | 35 |
| Figura 14 Ubicación de los puntos de monitoreo | 36 |
| Figura 15 Monitoreo antes de ingreso a la laguna de oxidación-P-1 | 37 |
| Figura 16 Monitoreo a la salida de la laguna de oxidación-P-2..... | 38 |
| Figura 17 Preservado de muestras | 39 |
| Figura 18 Resultado de sólidos totales en suspensión..... | 40 |
| Figura 19 Resultados del pH | 41 |
| Figura 20 Resultados de Demanda Bioquímica de Oxígeno..... | 42 |
| Figura 21 Resultados de Demanda Química de Oxígeno..... | 43 |
| Figura 22 Resultados de aceites y grasas | 44 |
| Figura 23 Resultados de Coliformes Termotolerantes | 45 |
| Figura 24 Resultados de temperatura | 46 |

INDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1 Operacionalización de las variables de investigación | 24 |
| Tabla 2 Dimensiones de la laguna de oxidación | 34 |
| Tabla 3 Estaciones de monitoreo - vertimientos | 35 |
| Tabla 4 Resultados físico y microbiológico en los puntos de monitoreo P-1 y P-2..... | 40 |
| Tabla 5 Eficiencia del PTAR- Vicco..... | 47 |

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del problema

En la localidad de Vicco se tiene el sistema de tratamiento de aguas residuales domesticas basado en una laguna de oxidación que fue construida en los años del 2010 al 2012, por lo revisando en campo esta laguna de oxidación está colapsada de lodos o en otros de los casos podemos mencionar que no se realizó ningún tipo de mantenimiento a este planta de tratamiento, por lo que se puede suponer que al inicio del funcionamiento era eficiente y en la actualidad se desconoce tal como se menciona en el informe de medio ambiente de la Municipalidad de Vicco del año 2012, es por ello la importancia de nuestra investigación.

La Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento presentó los resultados del informe “Diagnóstico de las plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) del ámbito de las empresas prestadoras de servicios de saneamiento”, el cual muestra el estado actual de la infraestructura, eficiencia en el tratamiento, operación y mantenimiento de las PTAR. El informe indica que

actualmente existen 202 plantas de tratamiento de aguas residuales en el Perú, de las cuales 171 se encuentran operativas. Vale decir que el 85 % de ellas están cumpliendo con su función de remover las partículas contaminantes de las aguas residuales que provienen del uso de los servicios de agua potable y alcantarillado de las ciudades, evitando que estas lleguen a las fuentes de agua naturales como los ríos, lagunas, mares, etc., a fin de contribuir con la protección del medio ambiente y la salud de la población” (SUNASS, 2022)

La Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental manifiesta que: “Hay sobrecarga de aguas residuales en las plantas de tratamiento cuya infraestructura es insuficiente, lo cual origina que los efluentes tratados excedan los límites máximos permisibles (LMP), y no se cumplan con los estándares de calidad ambiental (ECA). Esto genera problemas ambientales como la contaminación de los cuerpos de agua y la generación de malos olores que causan conflictos con la población” (OEFA, 2022).

“La disposición de aguas residuales sin tratamiento alguno y las aguas residuales tratadas inadecuadamente contaminan los cuerpos de agua natural. A su vez, por infiltración en el subsuelo contaminan las aguas subterráneas, por lo que se convierten en focos infecciosos para la salud de las poblaciones, así como para la flora y fauna del lugar” (OEFA, 2022).

En la visita a planta de tratamiento de aguas residuales ubicado en la zona de Aguapuquio en Vicco se puede observar que en las aguas residuales están siendo vertidas con presencia de aguas con sedimentos que notoriamente están llegando al canal del cuerpo receptor. Según fuente del INEI en el año del 2010 la población de Vicco fue de 1222 y a la fecha se tiene 1400 habitantes lo cual también es un indicador que la generación de aguas residuales creció en

volumen lo cual se evalúa en la presente investigación si aún sigue siendo eficiente en la PTAR Vicco.

1.2. Delimitación de la investigación.

Nuestro trabajo, establecerá límites de la investigación en términos de espacio, tiempo, universo y del contenido, tal como lo expresamos a continuación:

- Delimitación espacial o geográfico: Localidad de Vicco
- Delimitación temporal: Se realizó el estudio durante el año 2022
- Delimitación del universo: Se tiene en cuenta la actual población de Vicco que es de 1 400 habitantes
- Delimitación del contenido: Se evaluó la calidad de agua en el vertimiento.

1.3. Formulación del problema.

1.3.1. Problema general

¿Cuál es la eficiencia del sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas en la población de Vicco de la provincia de Pasco-2022?

1.3.2. Problemas específicos.

- a) ¿Qué procesos de tratamiento tiene el sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas en la población de Vicco de la provincia de Pasco-2022?
- b) ¿Cuál es la calidad física del agua residual doméstica del sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas en la población de Vicco de la provincia de Pasco-2022?
- c) ¿Cuál es la calidad microbiológica del agua del sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas en la población de Vicco de la provincia de Pasco-2022?

1.4. Formulación de objetivos.

1.4.1. Objetivo general

Evaluar la eficiencia del sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas en la población de Vicco de la provincia de Pasco-2022.

1.4.2. Objetivos específicos.

- a) Identificar los procesos de tratamiento que tiene el sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas en la población de Vicco de la provincia de Pasco-2022.
- b) Evaluar la calidad física del agua residual domestica del sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas en la población de Vicco de la provincia de Pasco-2022.
- c) Evaluar la calidad microbiológica del agua del sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas en la población de Vicco de la provincia de Pasco-2022.

1.5. Justificación de la investigación.

1.5.1. Justificación teórica.

La investigación es de mucha importancia ya que mucho de los proyectos en la actualidad no tiene funcionabilidad por lo que con esta información tendremos el conocimiento de la eficiencia del sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas en la población de Vicco.

1.5.2. Justificación metodológica.

La metodología usada para nuestra investigación será la recolección de información de los componentes que tiene la planta de tratamiento de la población de Vicco, para posterior realizar monitoreos de calidad de agua y finalmente la evaluación correspondiente.

1.5.3. Justificación ambiental.

Nuestra investigación ayudara a informar a la población y a la entidad fiscalizable la eficiencia en el manejo de la planta de tratamiento de aguas residuales, a fin de evitar y tomar acciones de mitigación ambiental de posibles impactos ambientales negativos que puedan ocasionarse.

Sumado a ello, nos permitirá conocer si existe afecciones de las poblaciones aguas abajo a la planta de tratamiento de este distrito.

1.6. Limitaciones de la investigación.

La limitación del estudio es la falta de apoyo por parte de la Municipalidad Distrital de Vicco, debido que no se tiene información clara del diseño y los resultados de la calidad de agua vertidas.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio

Nuestra investigación toma como referencia diversos antecedentes en el ámbito nacional e internacional; los cuales citamos a continuación:

2.1.1 Antecedentes internacionales.

(Hernández Gómez, W., Larrota Rangel, S, 2018) Evaluación de la eficiencia de los sistemas de tratamiento de aguas residuales en la provincia comunera, Santander, Colombia. Revista Dinámica Ambiental. Colombia ISSN: 2590-6704: “El deterioro de las fuentes de abastecimiento de agua incide directamente en el nivel de riesgo sanitario presente y en el tipo de tratamiento requerido para su reducción; la evaluación de la calidad del agua permite tomar acciones de control y mitigación del mismo, garantizando el suministro de agua segura” (Torres, Cruz, & Patiño, 2009, p. 79), con este estudio se buscó dar claridad de la eficiencia en la actualidad de las plantas de tratamiento de agua residual (PTAR) en la provincia comunera, para lo cual se recolectó información bibliográfica de las diferentes bases de datos y a su vez se pidió

información referente a las PTAR en sus respectivos municipios, con esta información se procedió a realizar el análisis estadístico de las diferentes variables que llevaron a concluir que solo el 23% de los municipios de la provincia cuentan con sistema de tratamiento y que a su vez estos se encuentran con altos márgenes de diferencia en cuanto a su eficiencia, demostrando ser la PTAR del municipio de Guapota la más eficiente al estudiar la remoción de los diferentes parámetros”.

(Garzón Zúñiga, M., González Zurita, J., García Barrios, R, 2016)
Evaluación de un sistema de tratamiento doméstico para reúso de agua residual. Revista internacional de contaminación ambiental. México: “En las zonas rurales y periurbanas de México sin drenaje, el agua residual (AR) es vertida al suelo, barrancas o arroyos, lo que genera problemas de salud y de contaminación. El objetivo del presente trabajo fue evaluar un sistema de tratamiento (ST) domiciliario, fácil y económico de operar y mantener, que consta de una fosa séptica (FS), un biofiltro (BF) y un humedal construido (HC) operados en serie. El BF utiliza como material de empaque filtrante, trozos de madera de elementos residuales de poda. El HC es de flujo horizontal subsuperficial empacado con grava y sembrado con papiros y otras plantas ornamentales. El ST fue construido a escala real para una familia de dos a cuatro personas en zonas con baja disponibilidad y dotación per cápita de agua de 130 L/d y un caudal de 400 L/d. Durante 220 días se estudió el efecto de aplicar dos diferentes caudales de operación (Q): 0.2 m³/d y 0.4 m³/d, que influenciaron el tiempo de retención hidráulico (TRH) de la FS (5.5 d y 2.75 d) y las velocidades de filtración (VF) del BF (1.26 m/d y 2.52 m/d) y del HC (0.05 m/d y 0.1 m/d). El sistema presentó buen desempeño en general. Al

aplicar el caudal menor, la calidad del efluente respecto a la demanda bioquímica de oxígeno, coliformes fecales, huevos de helminto y grasas y aceites, cumplió con los límites máximos que establece la normativa mexicana (NOM-003-ECOL-1997) y estadounidense (USEPA 2004), que regulan el reúso de agua residual tratada en actividades tales como lavado de patios, riego de áreas verdes y uso en sanitarios. Para aplicar el caudal mayor se requiere desinfección adicional”.

2.1.2 Antecedentes nacionales.

(Satalaya Vicente, K, 2015) Evaluación de la eficiencia del tratamiento de aguas residuales domésticas en las lagunas de estabilización de la ciudad de Uchiza. Universidad Nacional Agraria La Selva -Tingo María: “Las lagunas de estabilización representan una alternativa eficiente en el tratamiento de las aguas residuales; sin embargo, su principal desventaja es la alta concentración de algas en el efluente, por lo que se hace necesario mejorar la calidad del mismo, de igual forma mejorar el funcionamiento con el paso de los años. Los objetivos propuestos fueron: Evaluar la eficiencia de las aguas residuales de las lagunas de estabilización, evaluar los parámetros físicos químicos, evaluar las aguas tratadas según la disposición de los LMP (D.S.N°003-2010-MINAN) y proponer alternativas de solución. La investigación se realizó en el distrito de Uchiza, cuyas coordenadas son Este 339378 y Norte 90675333. Políticamente localizado en la provincia Tocache, departamento San Martín. La metodología que se empleó para la toma de muestras es la indicada por (ANDREW y CAMACHO, 2003), para la evaluación de los parámetros en el efluente fueron de la disposición del D.S.N° 003-2010-MINAN y la evaluación de la eficiencia fue mediante fórmula indicada por (LETTINGA, 1995). Los resultados

obtenidos indican que 1) La entrada a la planta (afluente P1), mostró un comportamiento dentro de lo típico para las descargas de agua doméstica sin tratar. 2) En la descarga de la planta (efluente P2), la T° y el pH estuvieron dentro de los LMP para aguas residuales domésticas y municipales vertidas a cuerpos de agua según el D.S. N° 003-2010, mientras que la DQO se encontró por abajo con 9.14 ml a lo referido por el D.S. N° 003-2010, en el DBO5 y STS están por encima del LMP. 3) La eficiencia del sistema de tratamiento para la DBO5 fue de 20.76% y para STS fue de 23.56%, estos valores son muy bajos ya que la eficiencia optima del DBO5 es de 70 – 80 % y 15 de STS es de 90 %, los resultados obtenidos determinan un mal funcionamiento del sistema de tratamiento, esto se debe al poco tiempo de retención hidráulica que hay en ambas lagunas lo que no permite que los microorganismos descompongan la materia orgánica, simplemente se forman y se proliferan. 4) Las alternativas de remediación al problema establecido tanto en alto contenido de DBO5 Y STS que sobrepasan los LMP, y la deficiencia de DBO5 Y STS son: Limpieza y mantenimiento de las lagunas de estabilización existentes y /o la incorporación de un sistema de humedales artificiales al agua emitida de las plantas existentes”.

(Auccatinco Hirpahuanca, R, 2021) Evaluación de la eficiencia de la planta de tratamiento de aguas residuales en el distrito de Cusipata, provincia Quispicanchi – Cusco. Universidad Continental – Cusco: “La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (P.T.A.R.) en el distrito de Cusipata no ha funcionado eficientemente, porque no realiza el tratamiento de las aguas residuales de manera adecuada y la remoción de agentes contaminantes es casi inexistente, generando un resultado desfavorable en la calidad de aguas. Para

estimar la eficiencia en el tratamiento de aguas residuales se realizó el monitoreo de dos puntos, para el primer punto el ingreso de la planta (afluente) y el segundo punto a egreso de la misma (efluente). Con los resultados obtenidos se verificó la eficiencia del tratamiento de aguas residuales y estos datos nos indica que el tratamiento es ineficiente, así mismo la carga de contaminantes en el efluente es alta ya que la planta de tratamiento de aguas residuales (P.T.A.R.), no realiza una adecuada depuración de grasas y aceites, solidos totales suspendidos, a raíz de que el tanque séptico y la laguna de estabilización están totalmente colmatados. De igual manera los lodos presentes en la planta no han sido extraídos periódicamente por la Municipalidad, generando deficiencia en el accionar de la planta y el vertimiento de las aguas residuales al rio Vilcanota prácticamente no esté tratada. Para que la planta de tratamiento de aguas residuales (P.T.A.R.), mejore su eficiencia y pueda realizar la adecuada depuración de los parámetros evaluados la Municipalidad del Distrito de Cusipata deberá de implantar un programa de mantenimiento para la planta de tratamiento de aguas residuales, así mismo los resultados reflejan que la planta de tratamiento de aguas residuales (P.T.A.R.), tiene una eficiencia de depuración de materia orgánica, aceites y grasa, sólidos suspendidos totales y coliformes termotolerantes es muy baja esto debido a que no se realizó el mantenimiento periódico por parte del Área Técnica Municipal”.

2.1.3 Antecedentes locales.

(Clemente Campos, Y, 2021) Evaluación de la eficiencia de la PTAR del distrito de Santa Ana de Tusi, como aporte del compromiso ambiental municipal – 2021. Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión: “El presente estudio está basado desde una concepción sostenible, desde el enfoque de no

generar un problema ambiental si no el de prevenir, con este enfoque muchas de las acciones de la ingeniería sustentada para poder salvaguardar los intereses de los recursos como en este caso el tratamiento de las aguas residuales y que según los avances técnicos permite efectos adversos, es así que en el control de los sistemas de las tecnologías apropiadas como las plantas de tratamiento de aguas residuales mitigará positivamente en favor del medio ambiente, donde los cauces se contaminan y los ríos se perturban y aguas abajo sirven de riego o bebida para biota, es ahí donde los mecanismos de control y grado de eficiencia son preponderantes para sostener su implementación. Por tanto, la presente investigación ha tenido como objetivo principal de evaluar la eficiencia de la PTAR del distrito de Santa Ana de Tusi y cómo ésta influirá en el aporte del compromiso ambiental municipal – 2021. La municipalidad de Santa Ana de Tusi en cumplimiento con sus funciones específicas de gestión ambiental, en el marco de la ley orgánica de municipalidades ha programado realizar el monitoreo de aguas residuales de la PTAR del distrito con el fin de verificar el cumplimiento de los LMP (DS N° 003 – 2010 – MINAM, el cual nos fue útil para poder analizar e identificar el grado de eficiencia de la PTAR y en base a los resultados se pudo determinar que el grado de eficiencia de la PTAR del distrito de Santa Ana de Tusi alcanzó un nivel adecuado o aceptable, por lograr el cumplimiento a las normas ambientales (LMP) por ende presenta un alto grado de EFICIENCIA, en tal sentido, influye positivamente en el aporte del compromiso ambiental municipal del distrito. El estudio como conclusiones resalta lo siguiente: Los resultados en el periodo 2019 nos demuestran una moderada reducción del 43% del parámetro DBQ5, del 73.4% de reducción de DQO, 38.7% en el parámetro STS, del 95% de aceites y grasas, 94.8% iv de

coliformes termotolerantes y 85.1 de coliformes totales determinándose de esta manera que es un valor ideal de reducción. Así mismo los resultados en el periodo 2020 nos demuestran una óptima reducción o remoción del 92.5% del parámetro DBQ5, del 89.5% de reducción de DQO, 88.2% en el parámetro STS y del 97.54% de aceites y grasas determinándose de esta manera que es un valor optimo o ideal de reducción por tanto la PTAR tiene un alto grado de eficiencia. Y por último podemos afirmar y demostrar que haciendo la comparación de los resultados de los monitoreos del año 2019 en relación al año 2020 este último presenta un mejor resultado, haciéndonos suponer que la metodología y procedimientos que se realizan en la PTAR de la zona de estudio está mejor orientada y manejada en relación al año anterior, y que se sugiere seguir mejorando la parte técnica del PTAR”.

2.2 Bases teóricas – científicas.

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, vertidas a un cuerpo natural de agua o descargadas al sistema de alcantarillado” (OEFA, 2021).

2.2.2 Planta de tratamiento de aguas residuales - Vicco.

La planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de Vicco – distrito de Vicco se localiza en la región de Pasco, provincia de Pasco, Distrito de Vicco y específicamente a 1.7 Km de la población de Vicco. Actualmente la planta de tratamiento se encuentra en su etapa de Operación y Mantenimiento, el proyecto se ejecutó en el año 2005.

2.2.3 Valores de calidad de las aguas residuales en el marco legal peruano.

“Para el diseño y operación de las plantas de tratamiento de aguas residuales, la Ley de Recursos Hídricos exige el cumplimiento de los siguientes parámetros y valores” (Sunass, 2021):

- Estándares de Calidad Ambiental para Agua (ECA-Agua) luego de la zona de mezcla con el efluente de las plantas de tratamiento de aguas residuales, establecidos en el Decreto Supremo 004-2017-MINAM.
- Límites Máximos Permisibles (LMP) para vertimientos a cuerpos de agua establecidos en el Decreto Supremo 003-2010-MINAM.

“Los LMP para vertimientos en un cuerpo de agua regulan la calidad del efluente de las PTAR y los ECA-Agua regulan la calidad del agua en el cuerpo de agua luego de la zona de mezcla con el efluente de las PTAR (Sunass, 2021).

“Estos dispositivos legales precisan que el cumplimiento de los LMP en el efluente de una PTAR no reemplaza la necesidad del cumplimiento del ECA-Agua después de la zona de mezcla y viceversa” (Sunass, 2021).

“En cambio, para el caso del reúso de las aguas residuales tratadas para riego, se utilizan los valores recomendados en las guías de la Organización Mundial de la Salud” (Sunass, 2021).

2.2.4 Límites máximo permisibles (LMP).

“De acuerdo con el Decreto Supremo 003-2010-MINAM, el LMP es la medida de la concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos que caracterizan a una emisión, que al ser excedida causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente”. (Sunass, 2021).

“Los LMP definen la calidad del efluente de las PTAR cuando se vierte a un cuerpo natural de agua. Sin embargo, cuando la PTAR incluye emisario submarino, la norma OS.090 del Reglamento Nacional de Edificaciones señala que estos valores no son aplicables. Los LMP son obligatorios para todas las PTAR sin distinción de tamaño, ni de nivel de tratamiento”

A continuación, se muestran los LMP vigentes.

Figura 1 LMP para efluentes de PTAR a un cuerpo de agua

| PARÁMETRO | VALOR | UNIDAD |
|--------------------------------------|------------|-------------------|
| Aceites y grasas | mg/l | 20 |
| Coliformes termotolerantes | NMP/100 ml | 10000 |
| Demanda bioquímica de oxígeno (DBO5) | mg/l | 100 ¹⁾ |
| Demanda química de oxígeno (DQO) | mg/l | 200 ¹⁾ |
| pH | | 6.5 -8.5 |
| Sólidos totales en suspensión | mg/l | 150 |
| Temperatura | °C | < 35 |

Fuente: Decreto Supremo 003-2010-MINAM

2.2.5 Estándar de calidad ambiental para agua (ECA-Agua).

“El Decreto Supremo 004-2017-MINAM compila las disposiciones aprobadas mediante los decretos supremos 002-2008-MINAM, 023-2009-MINAM y 015-2015-MINAM que aprueban los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua” (Sunass, 2021).

“Los ECA-Agua establecen el nivel de concentración de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos presentes en el agua en

su condición de cuerpo receptor, que no representan riesgo significativo para la salud de las personas ni el ambiente” (Sunass, 2021).

“Cuando se vierte el efluente de la PTAR al cuerpo receptor de agua, se origina una zona de mezcla, luego de la cual, el cuerpo receptor de agua debe cumplir los valores del ECA-Agua, que dependen de la categoría de uso del cuerpo receptor” (Sunass, 2021).

“En la siguiente tabla se muestra los ECA-Agua de algunas categorías establecidas en este decreto supremo, indicando qué capacidad de dilución (FD) del cuerpo receptor se requiere como mínimo para cumplir con los ECA-Agua en caso de que el efluente de la PTAR cumpla los LMP. Si la capacidad de dilución o caudal del cuerpo receptor es insuficiente o la calidad de este, el efluente de la PTAR debe lograr calidades mucho mejores que los exigidos por los LMP” (Sunass, 2021).

Figura 2 Comparación de los LMP para efluentes de PTAR y ECA-Agua

| PARÁMETROS | | LMP | ECA Y FACTOR DE DILUCIÓN (FD) DEL LMP NECESARIO EN UN CUERPO NATURAL LIBRE DE CONTAMINACIÓN PARA EL CUMPLIMIENTO DEL ECA | | | | | | | | | |
|----------------------------|------------|--------|--|------------------|----------------------------|------------------|----------------------------|------------------|----------------------------|------------------|--------------------------|------------------|
| | | | CATEGORÍA 1A2 ⁹ | | CATEGORÍA 1A3 ⁹ | | CATEGORÍA 1B1 ⁹ | | CATEGORÍA 2C3 ⁹ | | CATEGORÍA 3 ⁹ | |
| | | | ECA | FD ¹⁰ | ECA | FD ¹⁰ | ECA | FD ¹⁰ | ECA | FD ¹⁰ | ECA | FD ¹⁰ |
| DBO5 | mg/l | 100 | 5 | 20 | 10 | 10 | 5 | 20 | 10 | 10 | 15 | 7 |
| DQO | mg/l | 200 | 20 | 10 | 30 | 7 | 30 | 7 | - | - | 40 | 5 |
| SST | mg/l | 150 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Coliformes termotolerantes | NMP/100 ml | 10,000 | 2000 | 5 | 20,000 | 1 | 200 | 50 | 1000 | 10 | 2000 | 5 |
| Aceites y grasas | mg/l | 20 | 1 | 20 | 1 | 20 | - | 4 | 2 | 10 | 2 | 12 |
| Nitrógeno amoniacal | mg/l | 45 | 2 | 23 | 3.7 | 12 | - | - | 0.21 | - | - | - |
| Fósforo (fosfato total) | mg/l | 14 | 0.15 | 93 | 0.15 | 93 | - | - | 0.1 | - | 1 | - |

1) FD = factor de dilución calculado para que el efluente de la PTAR que cumple los LMP pueda cumplir también los ECA-Agua. Ejemplo: para poder verter el efluente de una PTAR con DBO₅ = 100 mg/l (cumple el LMP) en un río de categoría 1, subcategoría A2, con concentración inicial de DBO₅ = 0 mg/l se necesita que el caudal del río sea por lo menos 20 veces el caudal del efluente de la PTAR.

2) Categoría 1 = Poblacional y recreacional:
Subcategoría a2 = aguas superficiales que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional.
Subcategoría a3 = aguas superficiales que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado.
Subcategoría b1 = aguas superficiales destinadas para recreación por contacto primario.
Categoría 2 = actividades marino-costeras; subcategoría c3 = otras actividades
Categoría 3 = Riego de vegetales y bebida de animales; riego de vegetales de tallo alto.

3) Calidad del efluente de una PTAR de lagunas facultativas considerando una concentración en el afluente para carga *per cápita* según la norma OS.090, un caudal *per cápita* de 150 l/d y una remoción de nitrógeno total de 40% y del fósforo de 30%.

Fuente: Decreto Supremo 004-2017-MINAM / Elaborado por: Sunass.

“El control de los vertimientos autorizados está a cargo de la Autoridad Nacional del Agua (ANA), que es la responsable de la caracterización del cuerpo receptor, información necesaria para evaluar si la tecnología de la PTAR permite el cumplimiento de los ECA-Agua, según el protocolo de monitoreo del ANA establecido con Resolución Jefatural 010- 2016-ANA” (Sunass, 2021).

“A la fecha, no existe una base de datos de consulta de la calidad de agua de los recursos hídricos del país. Esta situación obliga a que las empresas prestadoras incurran en mayores costos para el monitoreo de los cuerpos de agua a fin de comparar las alternativas de vertimiento a diversos cuerpos de agua y la selección de tecnología para una nueva PTAR” (Sunass, 2021).

2.2.6 Procesos de una planta de tratamiento de aguas residuales.

“El agua que entra en las plantas se somete a procesos de tipo físico, químico y biológico con la finalidad de eliminar los contaminantes presentes en el agua. Normalmente se distribuyen en 4 etapas: tratamiento preliminar o pretratamiento, tratamiento primario, secundario y terciario” (Idrica, 2022).

A. Pretratamiento

“El tratamiento preliminar, o pretratamiento, es la etapa que da comienzo a la depuración de las aguas residuales y sirve para prepararlas para su purificación durante las siguientes etapas. Así, el agua se libera de objetos que puedan dañar la instalación o los equipos que se usarán a lo largo del proceso de depuración” (Idrica, 2022).

Figura 3 Vista del tratamiento preliminar



“Durante esta etapa, primero suele tener lugar un proceso de desbaste, donde se separan los residuos sólidos de gran y mediano tamaño mediante rejas y tamices de diferente grosor. Posteriormente, se retiran las grasas y las partículas de arena utilizando desarenadores-desengrasadores” (Idrica, 2022).

B. Tratamiento primario

“El objetivo de esta etapa es eliminar una porción de los sólidos suspendidos. Para ello, el agua queda retenida durante 1 a 2 horas en decantadores para que la gravedad ayude a separar esas partículas. Otros

beneficios de este proceso son la homogeneización de caudal y la eliminación de materia orgánica asociada a los sólidos suspendidos” (Idrica, 2022).

Figura 4 Vista del tratamiento primario



“También es posible añadir sustancias químicas durante este proceso, como coagulantes y floculantes, para mejorar la sedimentación de los sólidos y eliminar fósforo. En determinados casos se suelen emplear sustancias básicas o ácidas para neutralizar el pH del agua” (Idrica, 2022).

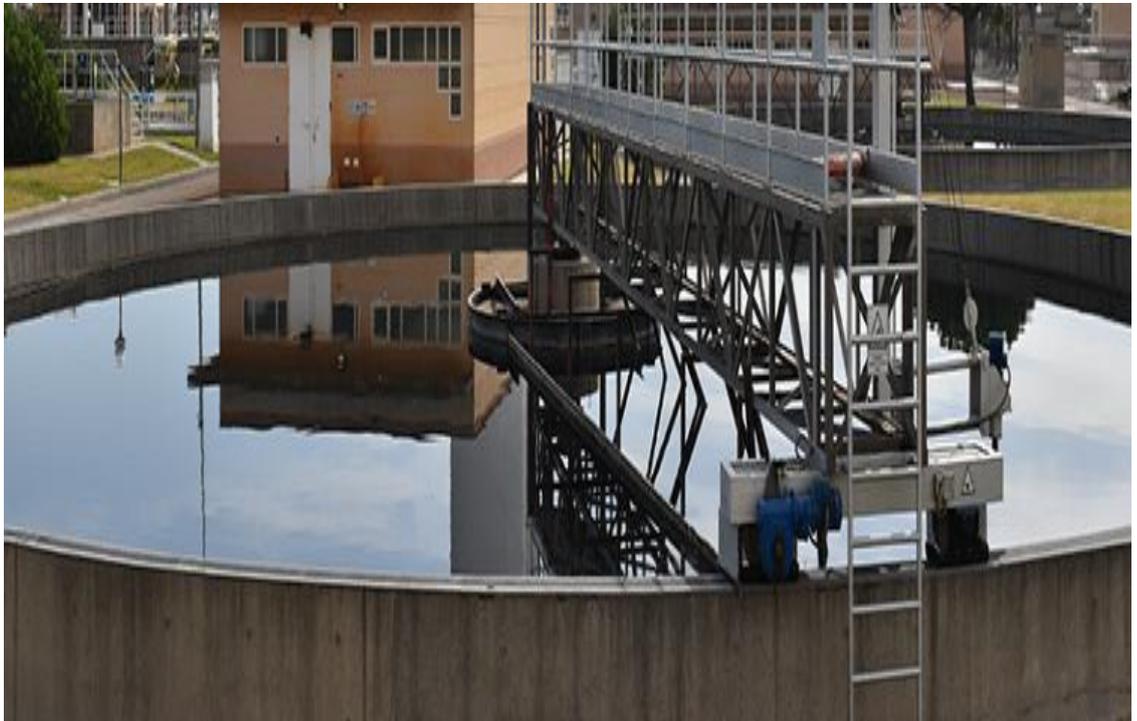
C. Tratamiento secundario

“Este proceso tiene como objetivo la eliminación de la materia orgánica del agua, así como de nutrientes tales como el nitrógeno y el fósforo” (Idrica, 2022).

“En el tratamiento secundario, un tratamiento principalmente biológico, se suele emplear la ayuda de bacterias y microorganismos para degradar y eliminar la materia orgánica y los diferentes nutrientes que contiene el agua.

El tratamiento más extendido es el de los fangos activados, donde el agua a tratar pasa varios días en un tanque, en condiciones variables de oxígeno (condiciones aerobias, anóxicas y anaerobias) según los requisitos de eliminación requeridos. Aquí los diferentes tipos de bacterias que habitan en el tanque o reactor se alimentan de la materia orgánica y los nutrientes que contiene el agua, retirándolos de estas y pasando al interior de sus organismos” (Idrica, 2022).

Figura 5 Vista del tratamiento secundario



“Tras el proceso biológico es habitual una segunda decantación, o decantación secundaria, donde las bacterias que han crecido en el proceso anterior se precipiten a la parte inferior del decantador, generando una mezcla de agua y sólidos que son lo que se denomina fango biológico. Esta mezcla se extrae o purga por la parte inferior del decantador y permite que

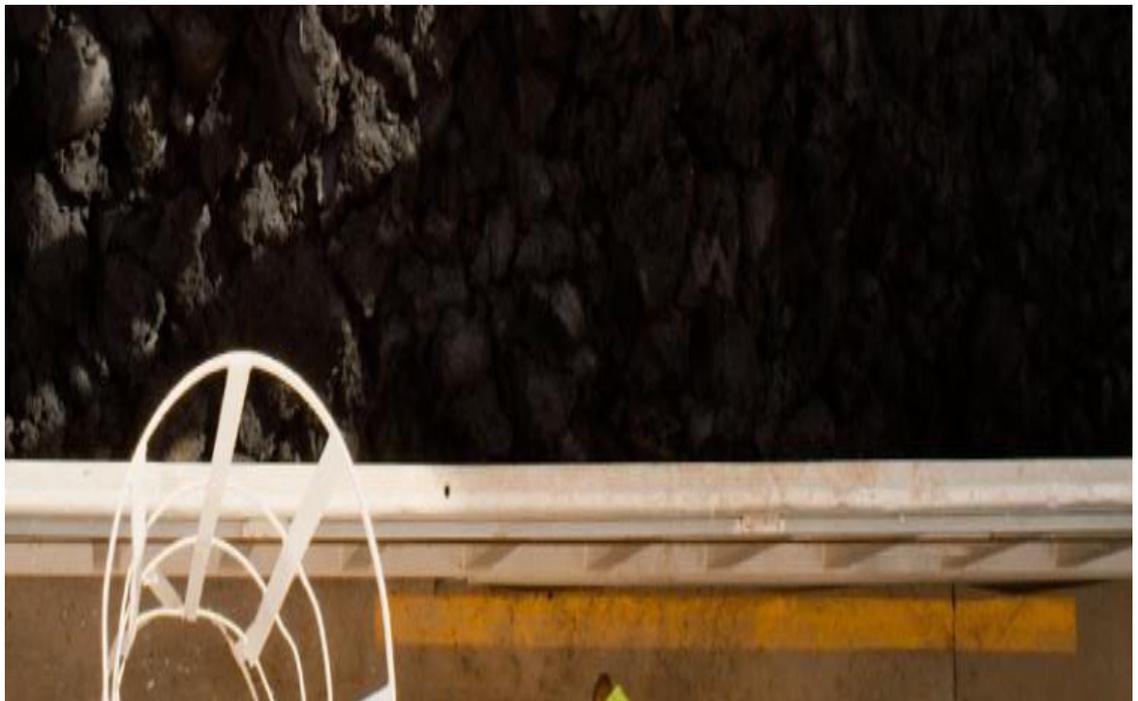
por la parte superior salga el agua depurada sin la mayoría de las bacterias y sólidos, dando lugar al agua clarificada” (Idrica, 2022).

“Es habitual que en las plantas depuradoras el tratamiento del agua finalice en este punto, cuando el agua tratada cumple con los requisitos de vertido definidos y no hay requisitos adicionales de calidad del agua para su reutilización o uso posterior” (Idrica, 2022).

D. Tratamiento terciario

“Durante el tratamiento terciario o químico se busca aumentar la calidad final del agua para poder devolverla al medio ambiente (mar, ríos, lagos y demás cuencas hidrográficas) y, en algunos casos, emplearla para la actividad humana. Para ello, se realizan una serie de procesos con el objetivo principal de eliminar agentes patógenos, como bacterias fecales” (Idrica, 2022).

Figura 6 Vista del tratamiento terciario



2.3 Definición de términos básicos.

Afluente: “El agua que entra (alimentación) a un dispositivo de tratamiento de agua” (Carbotecnia, 2022).

Bacterias coliformes: “Un grupo de bacterias que se encuentran principalmente en el tracto intestinal de humanos y animales, así como en sus heces. Por lo que estas bacterias se utilizan como indicador de presencia de contaminantes patógenos en el agua, la más común es la Escherichia Coli. Que se puede eliminar con cloro, luz ultravioleta u ozono” (Carbotecnia, 2022).

Cloro: “Ampliamente utilizado en la desinfección del agua y como agente oxidante para materia orgánica, hierro, sulfuro de hidrógeno, etc. Está disponible como gas (cloro gas), como líquido (hipoclorito de sodio), o como sólido (hipoclorito de calcio). En el agua, el cloro reacciona con compuestos orgánicos para formar trihalometanos (THM) que pueden causar cáncer; sin embargo, estos compuestos son perfectamente absorbibles por el carbón activado” (Carbotecnia, 2022).

Coliformes fecales: “Son bacterias en forma de varillas (coliformes) encontradas en el intestino de seres humanos y animales de sangre caliente. Pueden multiplicarse a temperaturas por encima de 44°C y fermentar la lactosa, el azúcar y por eso también se conocen como coliformes termotolerantes. Cuando estas bacterias se encuentran en el agua, indica fuertemente que el agua estaba contaminada con heces fecales (caca) o aguas servidas (aguas negras)” (Carbotecnia, 2022).

Eficiencia: “Eficiencia se define como la relación entre los recursos utilizados en un proyecto y los logros conseguidos con el mismo. Se da cuando se utilizan

menos recursos para lograr un mismo objetivo o cuando se logran más objetivos con los mismos o menos recursos” (Diario Gestión, 2022).

Sólidos disueltos totales (TDS): “Es el material soluble constituido por materia inorgánica y orgánica que permanece como residuo después de evaporar y secar una muestra previamente filtrada a través de un filtro de fibra de vidrio con poro de 1,5 μm a una temperatura de 105 $^{\circ}\text{C}$ ” (Carbotecnia, 2022).

Sólidos suspendidos totales (SST): “Es el material constituido por los sólidos sedimentables, los sólidos suspendidos y coloidales que son retenidos por un filtro de fibra de vidrio con poro de 1,5 μm secado y llevado a masa constante a una temperatura de 105 $^{\circ}\text{C}$ ” (Carbotecnia, 2022).

Turbiedad: “Una medida de la cantidad de materia suspendida en el agua, esta materia causa la dispersión y absorción de los rayos de luz, dándole un aspecto opaco al agua. La turbidez generalmente se reporta en unidades de turbidez nefelométricas (NTU) y se determina por mediciones de dispersión de luz. Las NTU no debe exceder 0.5 en agua potable. La turbidez puede proteger a las bacterias de la esterilización” (Carbotecnia, 2022).

2.4 Formulación de hipótesis.

2.4.1 Hipótesis general.

La eficiencia del sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas en la población de Vicco de la provincia de Pasco está de acuerdo al Decreto Supremo 003-2010-MINAM, el LMP para planta de tratamiento de aguas residuales domésticas.

2.4.2 Hipótesis específicas.

- a) Los de los procesos de tratamiento que tiene el sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas en la población de Vicco de la provincia de Pasco son el tratamiento preliminar y tratamiento secundario.
- b) La calidad física del agua residual domestica del sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas en la población de Vicco de la provincia de Pasco cumplen con el Decreto Supremo 003-2010-MINAM, el LMP para planta de tratamiento de aguas residuales domésticas.
- c) La calidad microbiológica del agua del sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas en la población de Vicco de la provincia de Pasco cumple con el Decreto Supremo 003-2010-MINAM, el LMP para planta de tratamiento de aguas residuales domésticas.

2.5 Identificación de variables.

Las variables de trabajo para las hipótesis formuladas son las siguientes:

Variable independiente: LMP para planta de tratamiento de aguas residuales domesticas.

Variable dependiente: Eficiencia del sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas.

2.6 Definición operacional de variables e indicadores.

Las variables han sido trabajadas en el siguiente esquema de operacionalización de las mismas:

Tabla 1 Operacionalización de las variables de investigación

| VARIABLES | Tipo de Variable | Definición Conceptual | Dimensiones | Indicadores |
|--|-------------------------|--|---|--|
| LMP para planta de tratamiento de aguas residuales domesticas | Independiente | “El agua que entra en las plantas se somete a procesos de tipo físico, químico y biológico con la finalidad de eliminar los contaminantes presentes en el agua. Normalmente se distribuyen en 4 etapas: tratamiento preliminar o pretratamiento, tratamiento primario, secundario y terciario” (Idrica, 2022). | Pretratamiento Tratamiento primario Tratamiento secundario | Decreto Supremo 003-2010-MINAM, el LMP para planta de tratamiento de aguas residuales domesticas |
| Eficiencia del sistema de tratamiento de aguas residuales domesticas | Dependiente | “Eficiencia se define como la relación entre los recursos utilizados en un proyecto y los logros conseguidos con el mismo. Se da cuando se utilizan menos recursos para lograr un mismo objetivo o cuando se logran más objetivos con los mismos o menos recursos” (Diario Gestión, 2022). | Calidad de físico química y microbiológico de las aguas residuales domesticas. Diseño de la PTAR | pH Coliformes fecales Solidos suspendidos totales |

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de Investigación

Según (R. Gay, 1996) “La investigación descriptiva, comprende la colección de datos para probar hipótesis o responder a preguntas concernientes a la situación corriente de los sujetos del estudio. Un estudio descriptivo determina e informa los modos de ser de los objetos.”, en base a ello nuestra investigación es descriptivo ya se recolectar datos para probar las hipótesis de la eficiencia de la PTAR Vicco.

3.2. Nivel de investigación.

Es analítico, ya que describió y analizó la eficiencia del sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas en la población de Vicco de la provincia de Pasco-2022.

3.3. Métodos de investigación.

La metodología en la presente investigación estará dada por lo siguiente:

- a. Identificación de componentes de la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas.

- b. Evaluación de calidad de agua residuales domésticas.
- c. Interpretación de resultados.

3.4. Diseño de investigación.

Según (Fidias Arias, 2006) el diseño investiga es transversal donde indica que “Analiza el nivel o estado de una o diversas variables en un único punto en el tiempo” por lo que nuestra investigación evaluaremos las variables en una sola fecha.

3.5. Población y muestra.

La población está comprendida desde la generación de aguas residuales en la población de Vicco, sistema de tratamiento y vertimiento de aguas residuales domésticas.

La muestra estará representada por los componentes de la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas ya que de ello se evaluó la eficiencia de la PTAR Vicco

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

3.6.1. Técnicas.

- Recopilación de datos
- Identificación de los componentes del PTAR-Vicco
- Evaluación de la calidad de aguas residuales domesticas
- Informe de ensayo de resultados
- Observación en campo

3.6.2. Instrumentos.

- Fichas de recolección de datos
- Equipos fotográficos

3.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos.

- Recolección de parámetros de campo
- Consolidación de información
- Análisis e interpretación.

3.8. Tratamiento estadístico.

Se ha utilizado la estadística descriptiva a través de la hoja de cálculo Microsoft Excel en base a los resultados obtenidos.

3.9. Orientación ética filosófica y epistémica

El presente proyecto de investigación se ejecutó cumplimiento el reglamento de grados y títulos de la facultad de Ingeniería de la UNDAC.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Descripción del trabajo de campo

4.1.1 Ubicación de la zona a investigar.

La zona a investigar o la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas de la población de Vicco se encuentra 1.6 Km de la población de Vicco en la zona denominada Ago Puquio, la zona se encuentra dentro de la zona de amortiguamiento de lago Chinchaycocha, los componentes de la planta de tratamiento de aguas residuales domesticas está en un área de 15 725 m².

4.1.2 Accesibilidad.

Para llegar a la zona de investigación desde la ciudad de Cerro de Pasco se recorre 17.7 Km por la vía carretera central hasta la localidad de Villa de Pasco, donde se toma el cruce hacia Huayllay, para posterior ingresa a la población de Vicco, desde este último se recorre 1.6 Km hasta la zona denominado Aguapuquio.

Figura 7 Ubicación geográfica de la planta de tratamiento de aguas residuales

Vicco

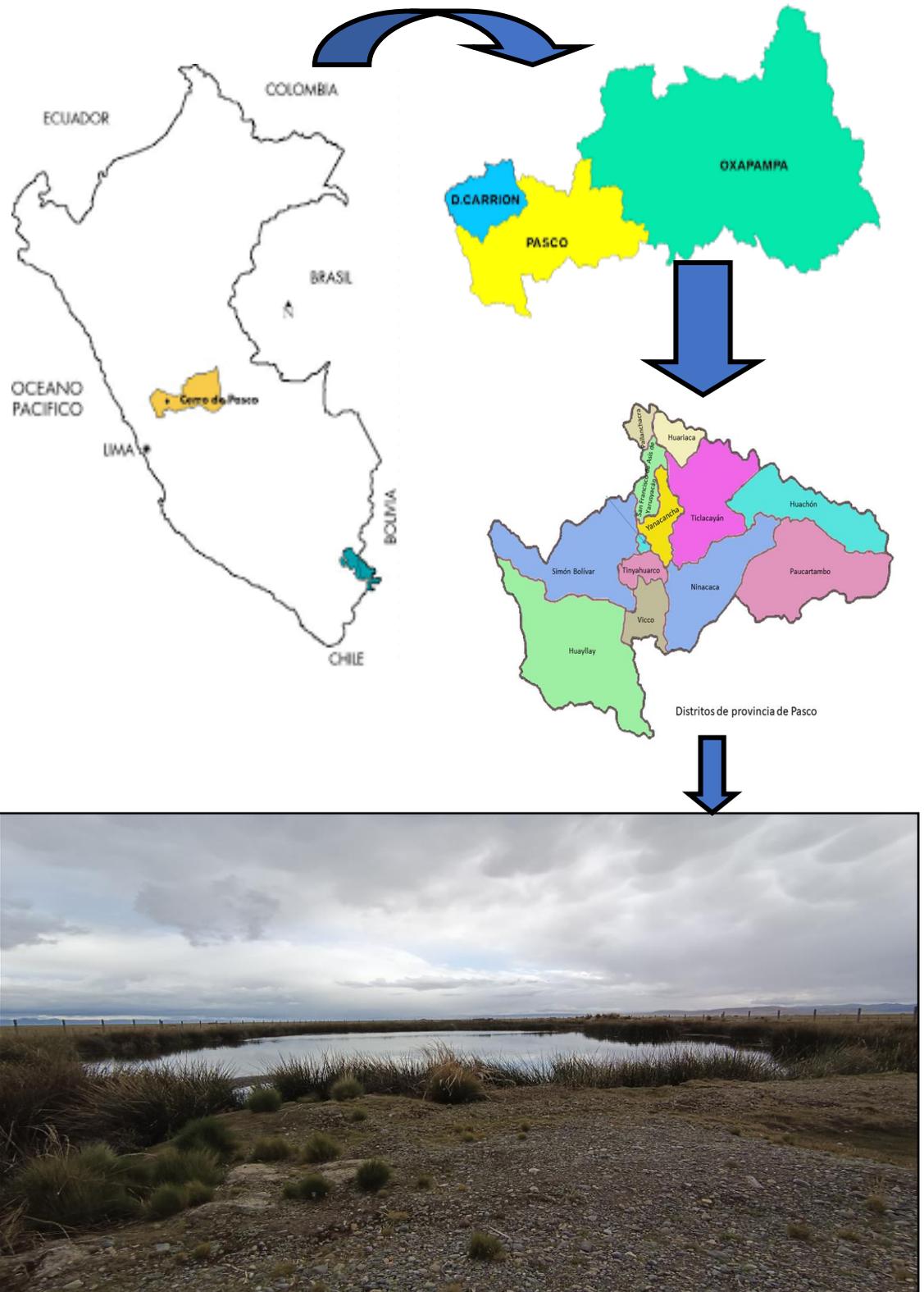


Figura 8 Ingreso a la Planta de tratamiento de aguas residuales domesticas



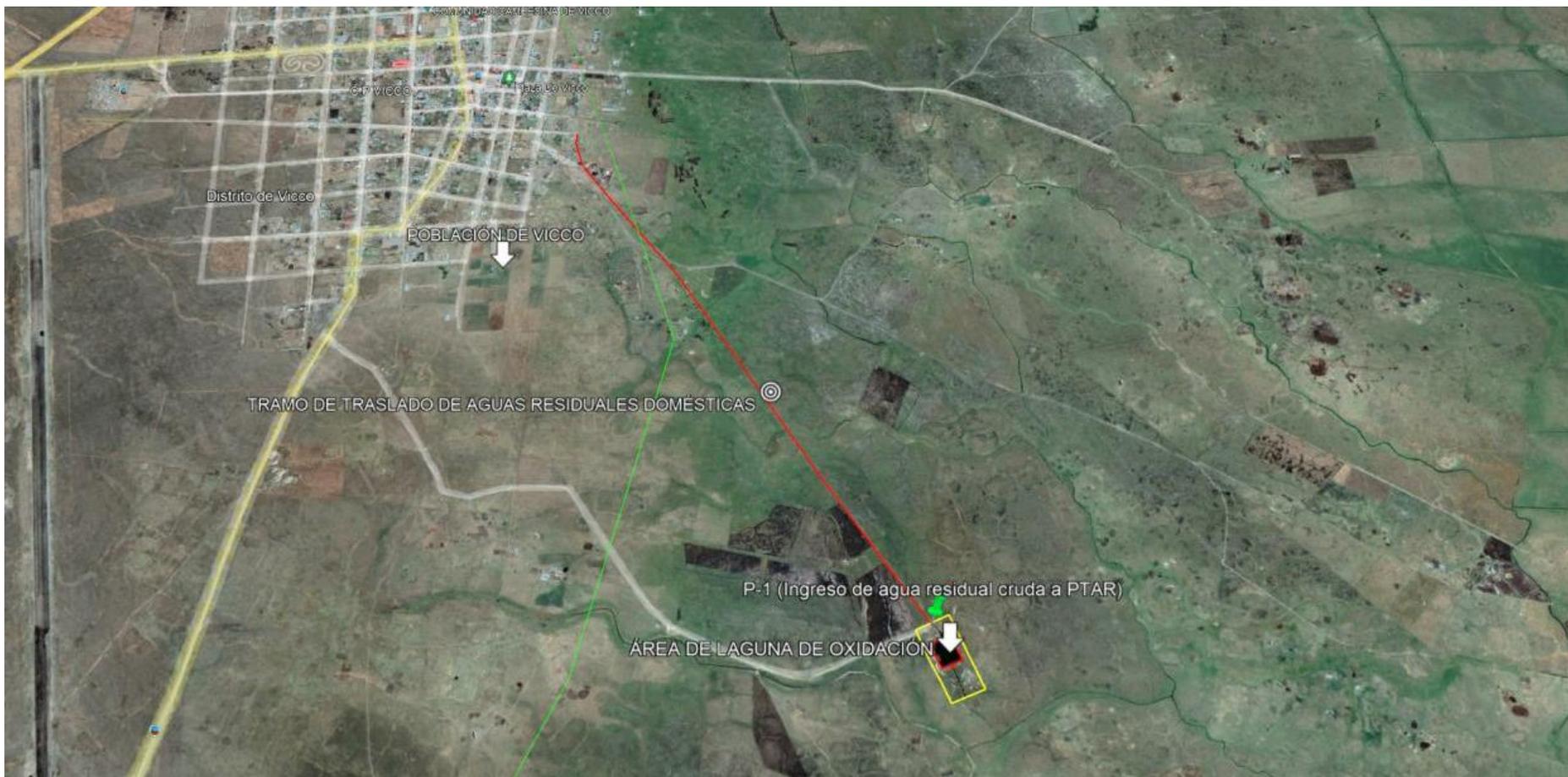
4.2 Presentación, análisis e interpretación de resultados.

4.2.1 Descripción de la planta de tratamiento de aguas residuales de Vicco.

Las aguas residuales domesticas al 100% son captadas en la población urbana de Vicco y esta es trasladada con tubería de PVC de 12 pulgadas hasta la zona denominada Ago Puquio donde se encuentra la planta de tratamiento de aguas residuales domesticas recorriendo en un tramo total de 1.60 Km, donde se tiene un área total enrejadas de 15 725 m², dentro de ello se encuentra todos los componentes.

La planta de tratamiento de aguas residuales de Vicco está compuesta principalmente por el tratamiento secundario lo cual está compuesto por una laguna de oxidación, para más detalle de la ubicación de la zona mencionada en AguaPuquio se puede visualizar en la siguiente figura:

Figura 9 Ubicación del PTAR y la población urbana de Vicco



A continuación, detallamos la descripción de los componentes de la planta de tratamiento de aguas residuales de Vicco.

A. Llegada de aguas residuales

Las aguas residuales son trasladadas con tubería de PVC de 12" con caudal de 1.56 lt/seg y estas tienen cada 100 metros buzones de concreto armado para mantenimiento del traslado de aguas residuales que tienen dimensiones de 1.60 m x 1.60 m altura de 1 m, tal como se puede observar en la siguiente imagen:

Figura 10 Imagen de buzón en la zona de traslado de aguas residuales domesticas



Llegando y siendo descargado las aguas residuales a la cuneta rectangular sin revestimiento en un tramo de 45.00 m. de ancho de 1 m y una altura de 0.8 m, en la siguiente imagen se observa lo mencionado.

Figura 11 Llegada de aguas residuales domesticas



En el sistema de tratamiento se pudo evaluar que no tiene pre tratamiento primario solo se cuenta con el tratamiento primario que a continuación se detalla.

B. Tratamiento secundario

Las aguas residuales domesticas hace ingreso a la laguna de oxidación, esta laguna de oxidación se encuentra sin revestimiento, asimismo al contorno se tiene 2 metros de anchura de totora.

Tabla 2 Dimensiones de la laguna de oxidación

| | Longitud (m) | Ancho (m) | Altura (m) |
|--------------------|---------------------|------------------|-------------------|
| Dimensiones | 70.00 | 51.00 | 3.00 |

Figura 12 Vista de la laguna de oxidación al contorno con presencia de totora



C. Vertimiento de aguas residuales domesticas

Las aguas residuales son descargadas sobre una cuneta rectangular de 2 m de anchura de altura de 0.80m, como se muestra en las imágenes lo cual son descargadas en el cuerpo receptor al riachuelo Aguapuquio.

Figura 13 Zona de vertimiento de aguas residuales tratadas



4.2.2 Eficiencia del sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas en la población de Vicco

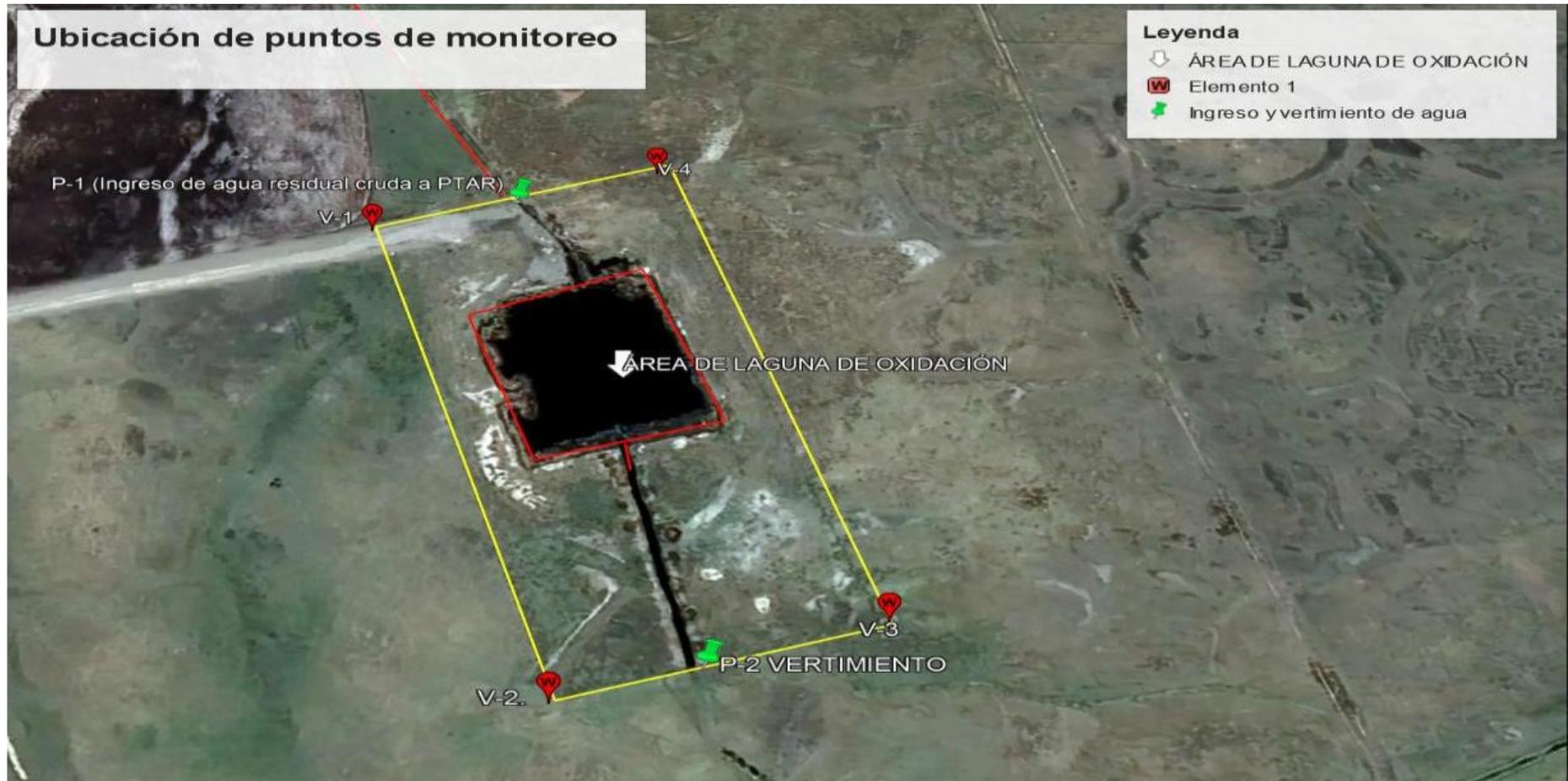
Para determinar la eficiencia en el tratamiento de aguas residuales domésticas se procedió al monitoreo y análisis de agua residuales domésticas, para ello se consideró los siguientes puntos de monitoreo, lo cual fue realizado en noviembre del 2022.

Tabla 3 Estaciones de monitoreo - vertimientos

| Punto de vertimiento | Coordenadas UTM WGS-1984 | | Descripción |
|-----------------------------|---------------------------------|-------------|---|
| | Norte | Este | |
| P-1 | 8816972 | 358912 | Ingreso de agua residual cruda a PTAR |
| P-2 | 8816 961 | 359022 | Vertimiento o Salida de agua residual tratada de PTAR |

En la figura siguiente se puede observar la ubicación de los puntos de monitoreo a evaluar.

Figura 14 Ubicación de los puntos de monitoreo



La toma de muestras se puede observar en las siguientes imágenes:

Figura 15 Monitoreo antes de ingreso a la laguna de oxidación-P-1



Figura 16 Monitoreo a la salida de la laguna de oxidación-P-2



Figura 17 Preservado de muestras



Los resultados de la evaluación de calidad agua antes y después fueron otorgados por el laboratorio acreditado por INACAL, estos se muestran a continuación:

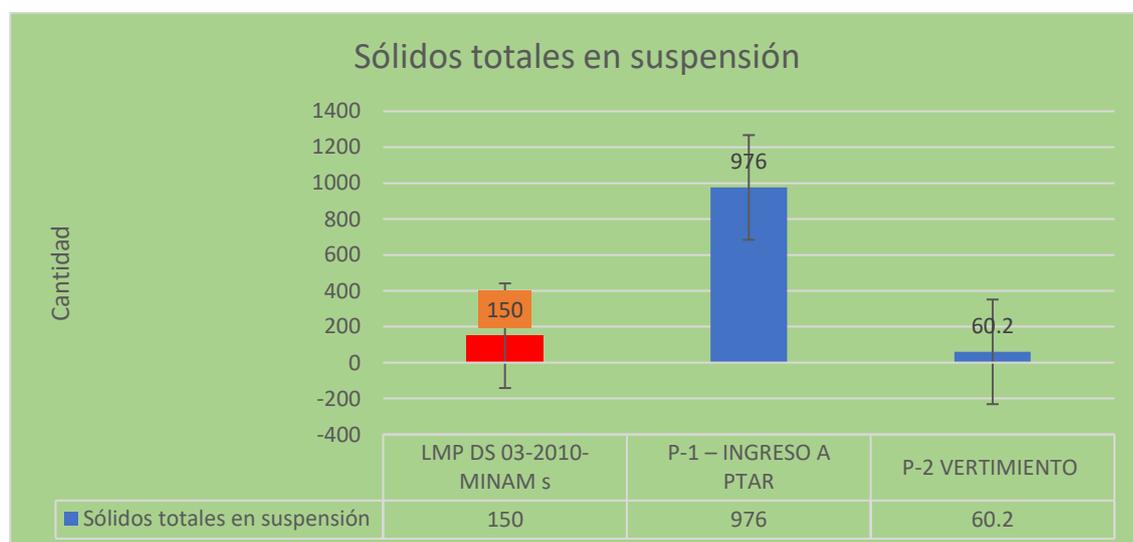
Tabla 4 Resultados físico y microbiológico en los puntos de monitoreo P-1 y P-2

| Parámetro | Unidad | P-1 Ingreso a PTAR | P-2 Vertimiento | LMP DS 03- 2010-MINAM |
|-------------------------------|------------|--------------------------|-----------------------|--------------------------|
| Sólidos totales en suspensión | mg/L SST | 976.00 | 60.25 | 150.00 |
| PH | | 7.12 | 7.25 | 6.5-8.5 |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno | mg/L | 94.83 | 60.25 | 100.00 |
| Demanda Química de Oxígeno | mg/L | 224.0 | 93.8 | 200 |
| Aceites y grasas | mg/L | 3.19 | <0.5 | 20 |
| Coliformes Termotolerantes | NMP/100 ml | 49 x 10 ⁵ | 130 x 10 ³ | 10.000 |
| Temperatura | °C | 8 | 10 | <35 |

Fuente: Servicios Analíticos Generales

4.2.3 Análisis de resultados de sólidos totales en suspensión.

Figura 18 Resultado de sólidos totales en suspensión



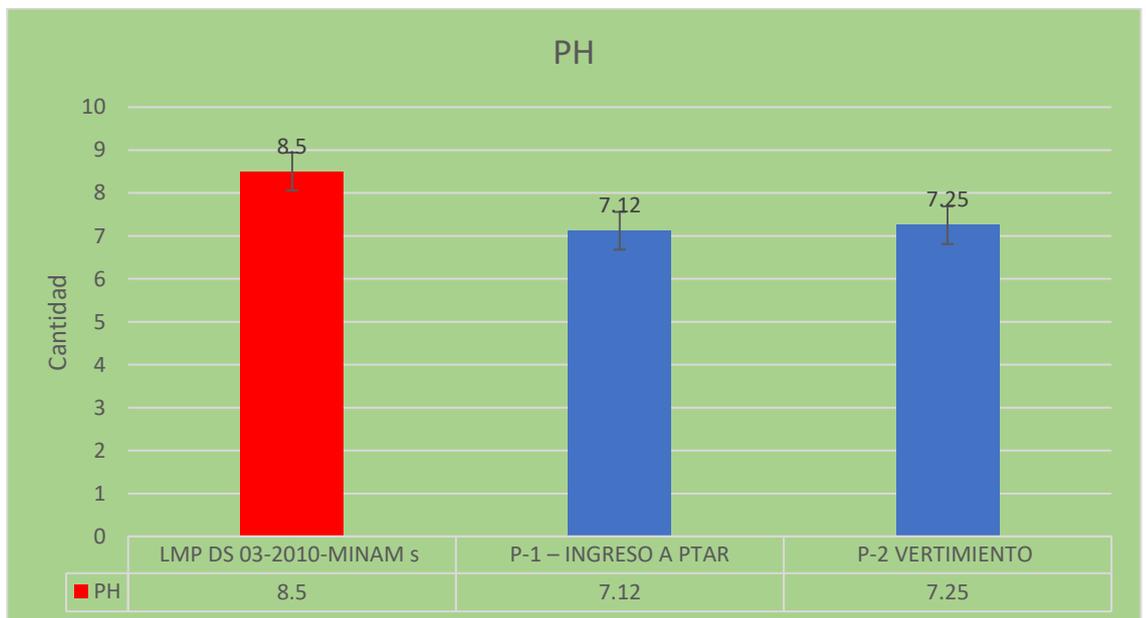
Fuente: elaboración propia

Teniendo como referencia el decreto supremo DS 03-2010-MINAM Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento Residuales Domésticas o Municipales, para sólidos totales en suspendidos el límite máximo permitido es de 150 mg/L, en nuestra evaluación el resultado en

la tabla 4 y figura 18 para las estaciones de monitoreo P-1 (ingreso a PTAR) y P2 (vertimiento) , los resultado en el P-1 antes del ingreso al PTAR supera los LMP llegando hasta 976 mg/lt SST, posterior pasado por la laguna de oxidación los resultados en el P-2 vertimiento se encuentra por debajo de los LMP teniendo como resultado 60.25 mg/lt SST, lo que se representa que laguna de oxidación está cumpliendo con retener los sólidos totales en suspensión.

4.2.4 Análisis de resultados del pH.

Figura 19 Resultados del pH

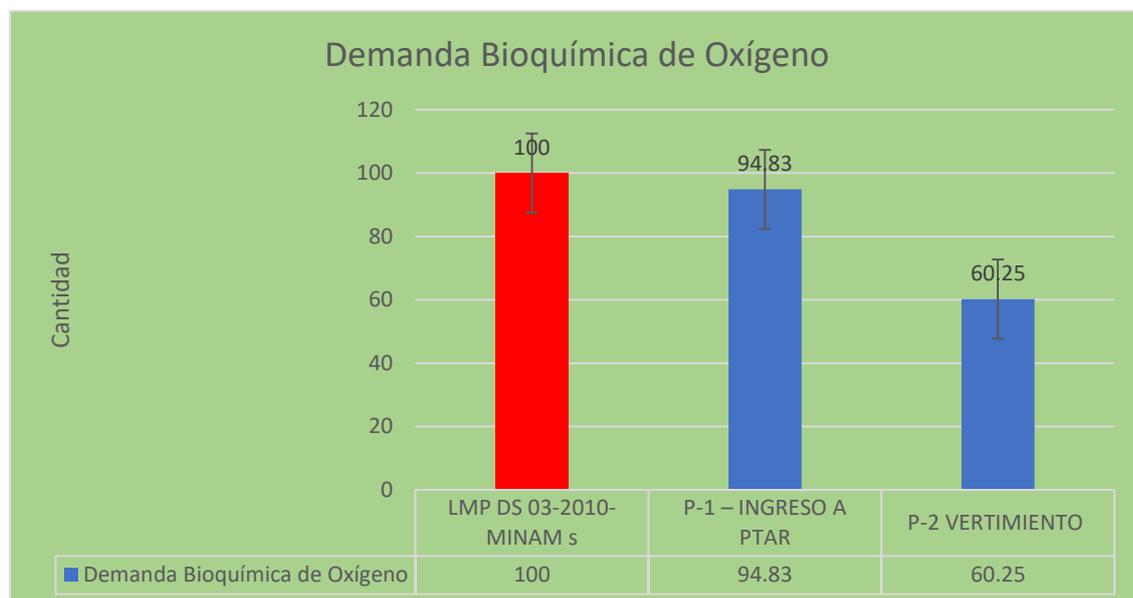


Fuente: elaboración propia

Teniendo como referencia el decreto supremo DS 03-2010-MINAM Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento Residuales Domésticas o Municipales, para pH el límite máximo permitido es de 6.5-8.5 en nuestra evaluación el resultado en la tabla 4 y figura 19 para las estaciones de monitoreo P-1 (ingreso a PTAR) y P2 (vertimiento), los resultados se encuentran dentro del rango permitido.

4.2.5 Análisis de resultados de la demanda bioquímica de Oxígeno.

Figura 20 Resultados de Demanda Bioquímica de Oxígeno

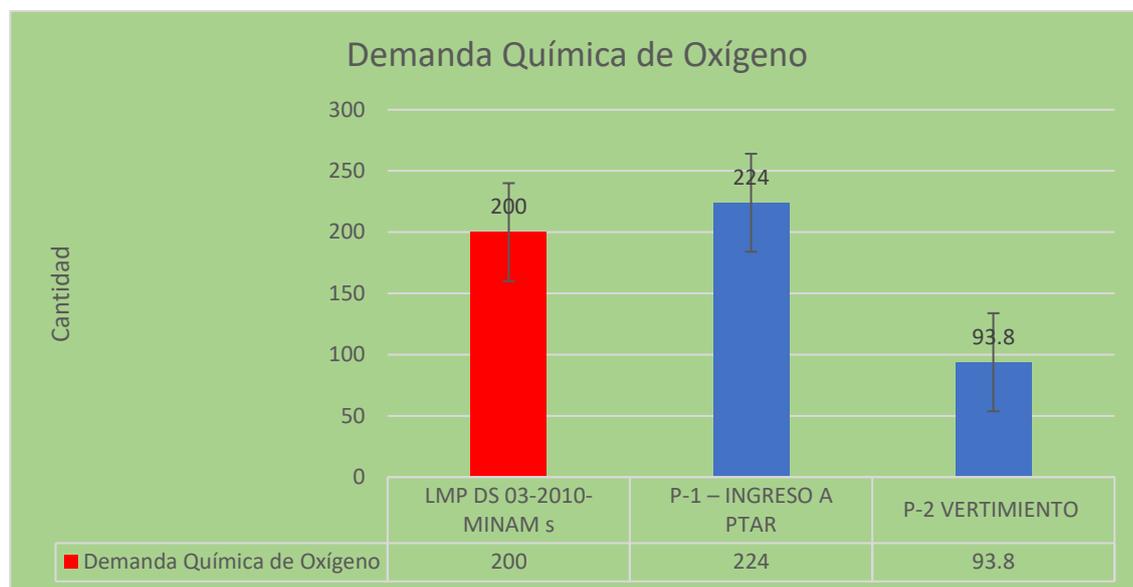


Fuente: elaboración propia.

Teniendo como referencia el decreto supremo DS 03-2010-MINAM Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento Residuales Domésticas o Municipales, para Demanda Bioquímica de Oxígeno el límite máximo permitido es de 100 mg/L, en nuestra evaluación el resultado en la tabla 4 y figura 20 para las estaciones de monitoreo P-1 (ingreso a PTAR) y P2 (vertimiento), los resultado se encuentra dentro del rango permitido.

4.2.6 Análisis de resultados de la demanda química de Oxígeno.

Figura 21 Resultados de Demanda Química de Oxígeno

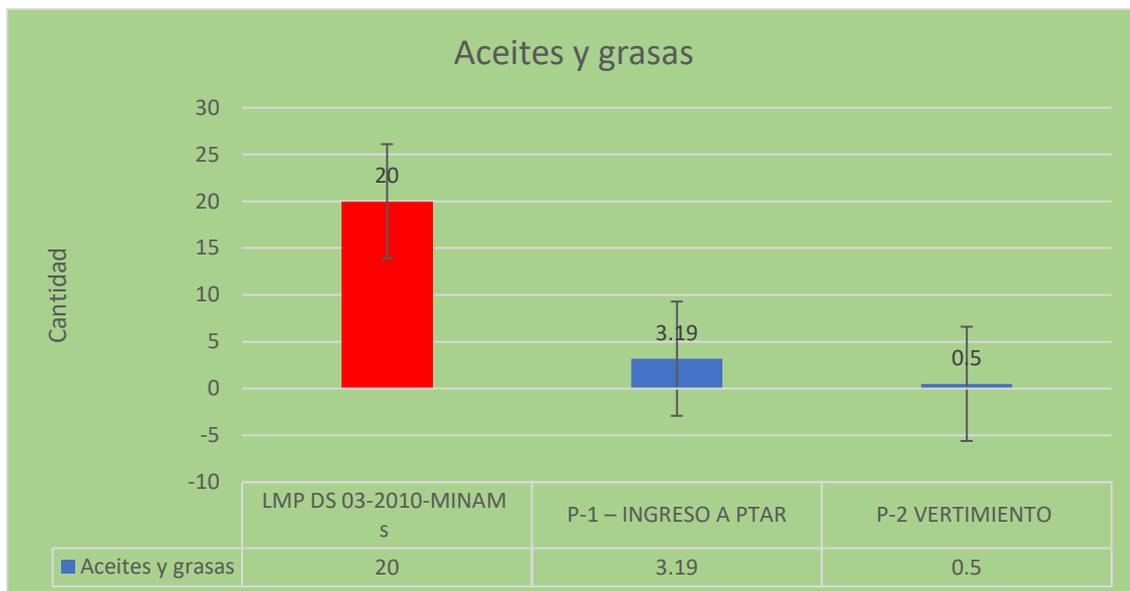


Fuente: elaboración propia

Teniendo como referencia el decreto supremo DS 03-2010-MINAM Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento Residuales Domésticas o Municipales, para Demanda Química de Oxígeno el límite máximo permitido es de 200 mg/L, en nuestra evaluación el resultado en la tabla 4 y figura 21 para las estaciones de monitoreo P-1 (ingreso a PTAR) y P2 (vertimiento), los resultado en el P-1 antes del ingreso al PTAR supera los LMP llegando hasta 224 mg/lt, posterior pasado por la laguna de oxidación los resultados en el P-2 vertimiento se encuentra por debajo de los LMP teniendo como resultado 93.8 mg/lt, lo que se representa que laguna de oxidación cumple con el tratamiento de este parámetro.

4.2.7 Análisis de resultados de aceite y grasas.

Figura 22 Resultados de aceites y grasas

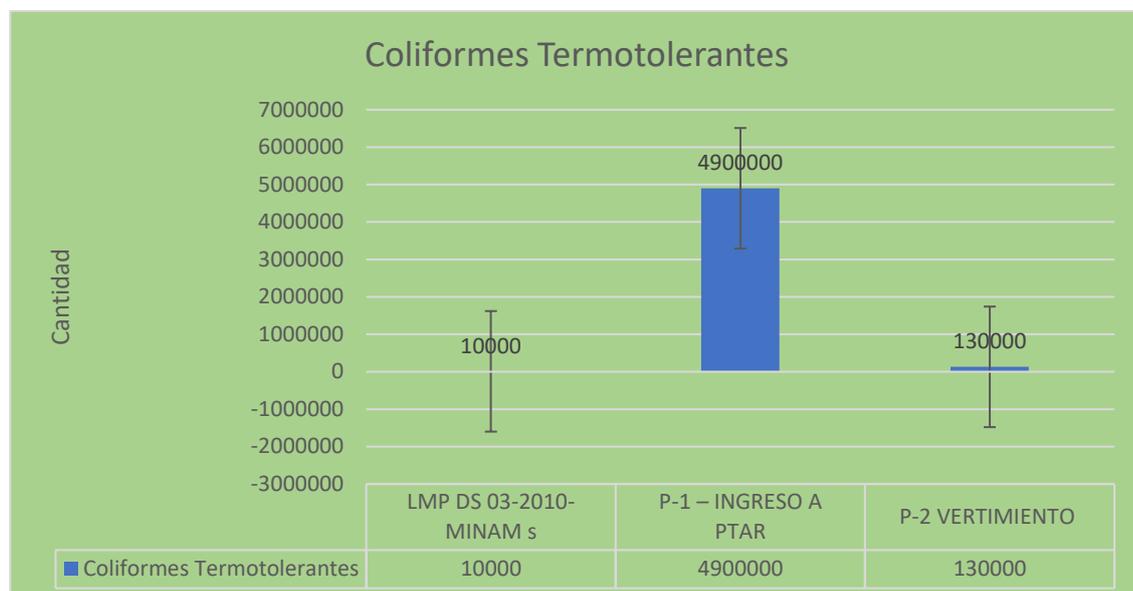


Fuente: elaboración propia

Teniendo como referencia el decreto supremo DS 03-2010-MINAM Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento Residuales Domésticas o Municipales, para aceites y grasas el límite máximo permitido es de 20 mg/L, en nuestra evaluación el resultado en la tabla 4 y figura 22 para las estaciones de monitoreo P-1 (ingreso a PTAR) y P2 (vertimiento), los resultado se encuentra dentro del rango permitido.

4.2.8 Análisis de resultados de Coliformes Termotolerantes.

Figura 23 Resultados de Coliformes Termotolerantes

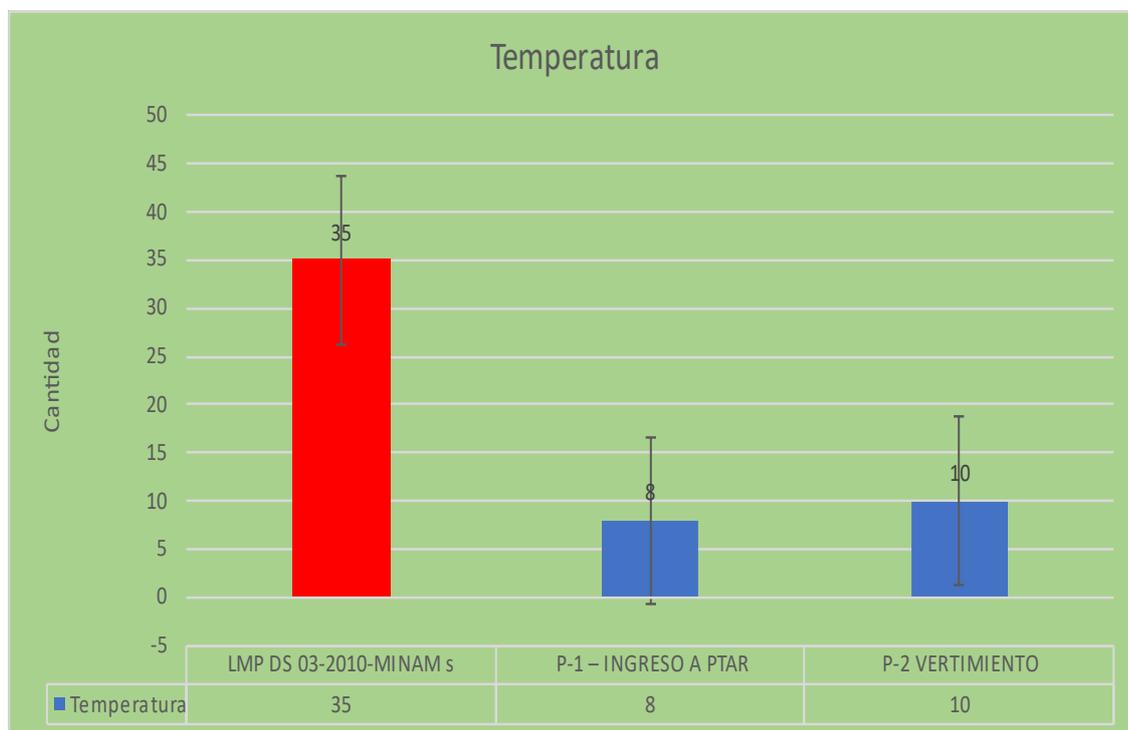


Fuente: elaboración propia

Teniendo como referencia el decreto supremo DS 03-2010-MINAM Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento Residuales Domésticas o Municipales, para Coliformes Termotolerantes el límite máximo permitido es de 10000 NMP/100 ml, en nuestra evaluación el resultado en la tabla 4 y figura 23 para las estaciones de monitoreo P-1 (ingreso a PTAR) y P2 (vertimiento), los resultados en el P-1 antes del ingreso al PTAR supera los LMP llegando hasta 4900000 NMP/100 ml, posterior pasado por la laguna de oxidación los resultados en el P-2 vertimiento se encuentra por encima de los LMP teniendo como resultado 130000 NMP/100 ml, lo que el tratamiento de aguas residuales no está siendo eficiente para este parámetro.

4.2.9 Análisis de resultados de la temperatura.

Figura 24 Resultados de temperatura



Fuente: elaboración propia.

Teniendo como referencia el decreto supremo DS 03-2010-MINAM Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento Residuales Domésticas o Municipales, para temperatura el límite máximo permitido es de <35 , en nuestra evaluación el resultado en la tabla 4 y figura 24 para las estaciones de monitoreo P-1 (ingreso a PTAR) y P2 (vertimiento), los resultado se encuentra dentro del rango permitido.

4.2.10 Eficiencia de la planta de tratamiento.

Teniendo los resultados anteriores evaluaremos la eficiencia de la planta de tratamiento teniendo y considerando los aspectos técnicos de la Norma OS-090 del reglamento de edificaciones dadas por el Ministerio de Vivienda, construcción y saneamiento, de los cálculos tenidos se tiene a continuación en la siguiente tabla:

Tabla 5 Eficiencia del PTAR- Vicco

| DISEÑO DE LAGUNA DE OXIDACIÓN -VICCO | | |
|---|---------------|-----------------------|
| POBLACION DE DISEÑO =====> | 1400 | Habitantes |
| DOTACION =====> | 120 | lt/hab/día |
| CONTRIBUCIONES: | | |
| AGUA RESIDUAL =====> | 80 | % |
| DB05 | 94.83 | mg/lt |
| DBO5 =====> | 12.75 | grDBO/hab/día |
| TEMPERATURA DEL AGUA PROMEDIO | | |
| DEL MES MAS FRIO =====> | 0.5 | °C |
| Caudal de Aguas residuales (Q): | | |
| Población x Dotación x %Contribución | 134.4 | m3/día |
| Q(l/s) | 1.56 | l/s |
| Carga de DBO5 (C): | | |
| Población x Contribución percapita | 17.84 | KgDBO5/día |
| Carga superficial de diseño (CSdis) | | |
| Cs = 250 x 1.05 ^{^(T-20)} | 96.5 | KgDBO5/Ha. día |
| At = C/CSdis | 0.18 | Ha |
| Tasa de acumulación de lodos | 0.04 | m3/(habitante.año) |
| Periodo de limpieza =====> | 1 | años |
| Volumen de lodos | 56 | m3 |
| Número de lagunas en paralelo (N) | | |
| Número de lagunas en paralelo seleccionado =====> | 1 | Unidad(es) |
| AREA UNITARIA (Au) | 0.18 | Ha |
| CAUDAL UNITARIO AFLUENTE (Qu) | 134.40 | m3/día |
| RELACION Largo/Ancho (L/W) =====> | 1 | <entre 2 y 3> |
| ANCHO APROXIMADO (W): | 42 | |
| LONGITUD APROXIMADA (L): | 42 | |
| Perdida: infiltración - evaporación =====> | 1.2 | cm/día |
| Coliformes fecales en el crudo: =====> | 4.90E+05 | NMP/100 ml |
| Lagunas Primarias facultativas | | |
| Tasas netas de mortalidad | | |
| Tasa de mortalidad Kb(P) a 20 ° C =====> | 0.6 | (1/días) |
| Tasa de mortalidad Kb(P) a la temperatura T | | |
| Kb PRIMARIAS Kb(P) = Kb(20°C) x 1.05^{^(T-20)} | 0.232 | (1/días) |
| Tasa de desoxigenación (K) a 20°C =====> | 0.230 | (1/días) |
| Tasa de desoxigenación (K) a la temperatura T | | |
| K = K (20°C) x 1.05^{^(T-20)} | 0.089 | (1/días) |
| Diseño: | | |
| Longitud Primarias (Lp) | 70.51 | m |

| | | | |
|--|-----------|-----------------|-----------------------|
| Ancho Primarias (Wp) =====> | | 50.95 | m |
| Profundidad Primarias (Zp)=====> | | 2.48 | m |
| Carga superficial aplicada | | 51.07 | KgDBO5/Ha. día |
| P.R. (Primarias) | | 93.7 | días |
| Factor de corrección hidráulica(Fch)=====> | | 0.6 | |
| P.R. (Primarias) corregido | | 56.2 | días |
| Factor de características de sedimentación(Fcs)==> | | 0.7 | |
| Factor intrínseco de algas (Fia)=====> | | 0.1 | |
| Numero de dispersión | d | 0.681 | |
| | = | | |
| Factor adimensional (coliformes) | ab | 6.040 | |
| | = | | |
| Factor adimensional (DBO) | a | 3.821 | |
| | = | | |
| Caudal efluente unitario | | 92.47 | m3/día |
| Caudal efluente total | | 92.47 | m3/día |
| C.F en el efluente | | 5.90E+03 | NMP/100ml |
| Eficiencia parcial de remoción de C.F. | | 98.7964 | % |
| DBO afluente | | 132.8 | mg/l |
| DBO efluente | | 16.99 | mg/l |
| Eficiencia parcial de remoción de DBO | | 87.20 | % |
| Área Unitaria | | 0.35 | Ha |
| Área Acumulada | | 0.35 | Ha |
| Volumen de lodos unitario | | 56 | m3 |

Fuente: elaboración propia

De la evaluación se observa que la carga superficial máxima (96.5 kg DBO/día/ha) supera a la carga superficial de diseño óptima (51.07 kg DBO/día/ha), lo cual va reducir la eficiencia del sistema de tratamiento y en condiciones inadecuadas (baja temperatura e incremento de carga orgánica) puede generar malos olores.

Asimismo, se observa que la eficiencia de remoción de DBO es del orden de 87.20 % con un efluente de DBO soluble de 16.99 mg/L, valor suficiente para cumplir el parámetro de DBO a nivel de LMP (100 mg/L) y ECA en la mezcla (5 mg/L) para la categoría 4 (conservación de ríos y lagos de sierra).

También se observa que la eficiencia de remoción de Coliformes Termotolerantes, tiene una eficiencia de 98.7964% con un efluente de $5.90E+03$, valor muy por debajo de los LMP ($1 \times 10E04$ NMP/100ml) y ECA en la mezcla (1000 NMP/100ml). Se observa también que el periodo de limpieza de 1 año, sin embargo, se ha tomado conocimiento que desde la época de su ejecución (año 2005), no se ha realizado limpieza alguna.

4.3 Prueba de hipótesis.

Nuestra hipótesis inicial de nuestra investigación fue como se menciona a continuación:

“La eficiencia del sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas en la población de Vicco de la provincia de Pasco con el Decreto Supremo 003-2010-MINAM, el LMP para planta de tratamiento de aguas residuales domésticas”.

De la investigación se prueba la hipótesis es válida ya que la eficiencia del sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas en la población de Vicco de la provincia de Pasco para cumplir con el Decreto Supremo 003-2010-MINAM es eficiente, las dimensiones para el caudal de 1.56 l/s es aceptable, pero como se pudo evaluar en el tema de coliformes termotolerantes en la actualidad se está excediendo esto se debe como se mencionó desde el inicio de funcionamiento no se realizó la limpieza de los sedimentos o lodos acumulados por lo que no está funcionando en la actualidad al 100%, asimismo se determinó que solo se tiene el tratamiento secundario por lo que es necesario para el buen funcionamiento complementar son los tratamiento como el pretratamiento, tratamiento primario y terciario.

4.4 Discusión de resultados.

Como se mencionó las aguas residuales domesticas al 100% son captadas en la población urbana de Vicco y esta es trasladada con tubería de PVC de 12 pulgadas hasta la zona denominada Aguapuquio donde se encuentra la planta de tratamiento de aguas residuales domesticas recorriendo en un tramo total de 1.60 Km, donde se tiene un área total enrejadas de 15 725 m², dentro de ello se encuentra todos los componentes.

Las aguas al llegar al tratamiento no pasan por un pre tratamiento que consiste en separar los sólidos y arenas, lo cual todos estos residuos se están acumulándose dentro de la laguna de oxidación, asimismo no se cuenta con un tratamiento primario que consiste en separar los aceites y grasas lo cual igual estos llegan a parar a laguna de oxidación.

Al final del tratamiento no se tiene un tratamiento terciario lo cual consiste en desinfectar o eliminar los coliformes termotolerantes por ello el exceso que se pudo tener en la evaluación realizada se debe a que no se cuenta con este tratamiento.

CONCLUSIONES

1. La planta de tratamiento de aguas residuales domesticas es eficiente en el tratamiento secundario por las dimensiones que tiene; sin embargo, tendría más eficiencia si se implementa el pretratamiento, tratamiento primario y terciario, que es una necesidad que la municipalidad del distrito de Vicco debe implementar.
2. Teniendo como referencia el DS 03-2010-MINAM Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento Residuales Domésticas o Municipales, en nuestra evaluación el resultado para las dos estaciones de monitoreo evaluadas, los resultado de solidos totales disueltos, pH, Demanda Bioquímica de Oxígeno, Demanda Química de Oxígeno, Aceites, grasas y temperatura cumplen con la normativa mencionada; sin embargo, no se cumple para coliformes termotolerantes esto debido a la falta de limpieza la laguna de oxidación y a la falta de tratamiento terciario.
3. Las aguas al llegar al tratamiento no pasan por un pre tratamiento que consiste en separar los sólidos y arenas, lo cual todos estos residuos se están acumulándose dentro de la laguna de oxidación, asimismo no se cuenta con un tratamiento primario que consiste en separar los aceites y grasas, teniendo como consecuencia que ambos llegan a parar a laguna de oxidación.
4. Al final del tratamiento no se tiene un tratamiento terciario lo cual consiste en desinfectar o eliminar los coliformes termotolerantes por ello el exceso que se pudo tener en la evaluación realizada se debe a que no se cuenta con este tratamiento.

RECOMENDACIONES

1. Es necesario implementar instalaciones para el pretratamiento, tratamiento primario y terciario, por parte de la municipalidad del distrito de Vicco; ya que, llevara a que la planta sea más eficiente y a la vez no se tendrá problemas en su mantenimiento.
2. Así mismo se debe implementar una cancha de lodos y almacén temporal de residuos ya que en una planta de tratamiento los residuos sólidos se generan a diario.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Auccatinco Hirpahuanca, R. (2021). Evaluación de la eficiencia de la planta de tratamiento de aguas residuales en el distrito de Cusipata provincia Quispicanchi – Cusco. Cusco-Perú: Universidad Continental.
- Carbotecnia. (2022). Glosario de términos de tratamiento de agua. Obtenido de <https://www.carbotecnia.info/aprendizaje/tratamiento-de-agua/glosario-de-terminos-de-tratamiento-de-agua/#letra-A>
- Claire Selltiz. (1980). Métodos de investigación. España.
- Clemente Campos, Y. (2021). Evaluación de la eficiencia de la PTAR del distrito de Santa Ana de Tusi, como aporte del compromiso ambiental municipal – 2021. Pasco-perú: Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión.
- Diario Gestión. (2022). La diferencia entre eficiencia y eficacia. Obtenido de <https://gestion.pe/economia/management-empleo/eficiencia-eficacia-diferencias-eficaz-eficiente-significado-conceptos-nnda-nnlt-249921-noticia/>
- Garzón Zúñiga, M., González Zurita, J., García Barrios, R. (2016). Evaluación de un sistema de tratamiento doméstico para reúso de agua residual. Revista internacional de contaminación ambiental, 1.
- Hernández Gómez, W., Larrota Rangel, S. (2018). Evaluación de la eficiencia de los sistemas de tratamiento de aguas residuales en la provincia comunera Santander Colombia. Dinamica Ambiental, 43.
- Idrica. (2022). Las 4 etapas de las plantas de tratamiento de aguas residuales. Obtenido de <https://www.idrica.com/es/blog/plantas-de-tratamiento-de-aguas-residuales-etapas/>.
- Organismo de evaluación y fiscalización ambiental (OEFA). (2022). Fiscalización ambiental en aguas residuales. Perú.

R. Gay. (1996). La investigación descriptiva.

Satalaya Vicente, K. (2015). Evaluación de la eficiencia del tratamiento de aguas residuales domésticas en las lagunas de estabilización de la ciudad de uchiza. Tingo Maria-Perú: Universidad Nacional Agraria La Selva.

Sunass. (2021). Diagnostico de las plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) en el ámbito de las empresas prestadoras. Perú: Dirk Loose – PROAGUA.

Sunass. (2022). El tratamiento de aguas residuales en el Perú aumentó en 11 %, entre el 2016 y el 2020. Obtenido de <https://www.sunass.gob.pe/lima/el-tratamiento-de-aguas-residuales-en-el-peru-aumento-en-11-entre-el-2016-y-el-2020/>

ANEXOS

Anexo 01: Instrumentos de Recolección de la Información

Resultados de análisis del agua



LABORATORIO DE ENSAYO
ACREDITADO POR EL ORGANISMO
INTERNATIONAL ACCREDITATION
SERVICE, INC. - IAS
CON REGISTRO TL - 829



ACCREDITED
Testing Laboratory

LABORATORIO DE ENSAYO
ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE
ACREDITACIÓN INACAL-DA
CON REGISTRO N° LE - 047



INACAL
DA - Perú
Laboratorio de Prueba
Acreditado
Registro N° LE - 047

INFORME DE ENSAYO N° 167575-2022 CON VALOR OFICIAL

| | |
|--|--|
| RAZÓN SOCIAL | : MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE VICCO |
| DOMICILIO LEGAL | : PLAZA DE ARMAS N°110, VICCO |
| SOLICITADO POR | : LUCIO ROJAS VÍTOR |
| REFERENCIA | : PTAR |
| PROCEDENCIA | : RESERVADO POR EL CLIENTE |
| FECHA(S) DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS | : 2022-11-24 |
| FECHA(S) DE ANÁLISIS | : 2022-11-02 AL 2022-12-02 |
| FECHA(S) DE MUESTREO | : 2022-11-23 |
| MUESTREADO POR | : EL CLIENTE |
| CONDICIÓN DE LA MUESTRA | : LOS RESULTADOS DE ANÁLISIS SE APLICAN A LA MUESTRA(S) TAL COMO SE RECIBIÓ. |

I. METODOLOGÍA DE ENSAYO:

| Ensayo | Método | LC | Unidades |
|-------------------------------------|--|---------------------|--------------------------------------|
| Oil and Grease Aceites y grasas | ASTM D7678 - 17. Standard Test Method for Total Oil and Grease (TOG) and Total Petroleum Hydrocarbons (TPH) in Water and Wastewater with Solvent Extraction using Mid-IR Laser Spectroscopy. | 0.50 | mg/L |
| Demanda Bioquímica de oxígeno (DBQ) | SHEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed. 2017. Biochemical Oxygen Demand (BOD), 5-Day 20°C Test. | 2.00 ^(a) | mg/L |
| Demanda Química de oxígeno (DQO) | SHEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23rd Ed. 2017. Chemical Oxygen Demand (COD), Closed Reflux, Colorimetric Method. | 10.0 | O ₂ mg/L |
| Fósforo Total o fósforo (P) | SHEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-P E, 23rd Ed. 2017. Phosphorus, Ascorbic Acid Method. | 0.013 | P mg/L |
| Nitrógeno total (NTK) | SHEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-N ₂ B, 23rd Ed. 2017. Nitrogen (Organic), Macro-Kjeldahl Method. | 1.00 | NH ₄ ⁺ -N mg/L |
| Sólidos suspendidos totales (TSS) | SHEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 23rd Ed. 2017. Solids, Total Suspended Solids Dried at 103-105°C. | 3.00 | mg/L |
| Numeración de Coliformes Fecales | SHEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 E-1, 23rd Ed. 2017. Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group, Fecal Coliform Procedure. | 1.0 ^(a) | NMP/100mL |

L.C.: límite de cuantificación.

(a) Límite de detección del método para estas metodologías por ser semicuantitativas.

(b) Expresado como límite de detección del método.

17025

Ing. Marijo Tello Paucar
Director Técnico
C.I.P. N° 219624
Servicios Analíticos Generales S.A.C.

**EXPERTS
WORKING
FOR YOU**

Cod. FI 004 / Versión 03 / FE: 06/2022

Observaciones: • Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de Servicios Analíticos Generales S.A.C. • Los resultados emitidos en este documento sólo son válidos para las muestras referidas en el presente informe. • Las muestras serán conservadas de acuerdo al período de prescripción del parámetro analizado con un máximo de 30 días de haber ingresado las muestras al laboratorio. Luego serán eliminadas. • Para corroborar la AUTENTICIDAD del presente informe comuníquese al correo laboratorio@sagperu.com. • Cualquier modificación no autorizada, hace o invalida el contenido de la apariencia de este documento en legal y los carpetas pueden ser procesados de acuerdo a ley.

SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C.

Laboratorios: Av. Naciones Unidas N° 1565 Urb. Chacra Ríos Norte - Lima y Pasaje Clarinda Mallo de Turner N° 2079 Urb. Chacra Ríos Norte - Lima
• Central Telefónica (511) 425-6885 • Web: www.sagperu.com • Contacto Electrónico sagperu@sagperu.com

Página 1 de 2



LABORATORIO DE ENSAYO
ACREDITADO POR EL ORGANISMO
INTERNATIONAL ACCREDITATION
SERVICE, INC. - IAS
CON REGISTRO TL - 829



LABORATORIO DE ENSAYO
ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE
ACREDITACIÓN INACAL-DA
CON REGISTRO N° LE - 047



**INFORME DE ENSAYO N° 167575-2022
CON VALOR OFICIAL**

II. RESULTADOS:

| Producto declarado | Agua Residual | Agua Residual | Agua Residual | Agua Residual |
|--|--------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| Matriz analizada | Agua Residual | Agua Residual | Agua Residual | Agua Residual |
| Fecha de muestreo | 2022-11-23 | 2022-11-23 | 2022-11-23 | 2022-11-23 |
| Hora de inicio de muestreo (H) | 16:00 | 16:45 | 17:50 | 18:05 |
| Condiciones de la muestra | Refrigerada/ Preservada | Refrigerada/ Preservada | Refrigerada/ Preservada | Refrigerada/ Preservada |
| Código del Cliente | P1 Ingreso a PTAR | V-PY-108-1 o P-2 | V-PY-108-2 o P-3 | P4 Cuerpo Receptor |
| Código del Laboratorio | 22112406 | 22112407 | 22112408 | 22112409 |
| ENSAYO ACREDITADO ANTE IAS-829 | | | | |
| Ensayo | Unidades | Resultados | | |
| Oil and Grease Aceites y grasas | mg/L | 3.19 | <0.50 | <0.50 |
| 2.21 | | | | |
| ENSAYOS ACREDITADOS ANTE INACAL-DA (SEDE LIMA 1) | | | | |
| Ensayo | Unidades | Resultados | | |
| Demanda Bioquímica de oxígeno (DBQ) | mg/L | 94.83 | 60.25 | 44.24 |
| 38.68 | | | | |
| Demanda Química de oxígeno (DQO) | O ₂ mg/L | 224.0 | 93.8 | 92.7 |
| 94.8 | | | | |
| Fósforo Total o Fósforo (P) | P mg/L | 2.500 | 1.570 | 2.020 |
| 1.560 | | | | |
| Nitrógeno total (NTK) | NH ₄ ⁺ -N mg/L | 23.39 | 7.40 | 6.33 |
| 8.60 | | | | |
| Sólidos suspendidos totales (TSS) | mg/L | 976.00 | 10.81 | 16.21 |
| 13.34 | | | | |
| Numeración de Coliformes Fecales ⁽¹⁾ | NMP/100ML | 49 x 10 ⁵ | 330 x 10 ³ | 170 x 10 ³ |
| 23 x 10 ³ | | | | |

(1) Coliformes Fecales es lo mismo que coliformes termotolerantes.

Lima, 06 de Noviembre del 2022.

17025

**EXPERTS
WORKING
FOR YOU**

Cod. FI 004 / Versión 03 / FE: 06/2022

DECLARACIONES: • Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de Servicios Analíticos Generales S.A.C. • Los resultados emitidos en este documento solo son válidos para las muestras analizadas en el presente informe. • Las muestras serán conservadas de acuerdo al periodo de validez del parámetro analizado con un máximo de 30 días de haber ingresado las muestras al laboratorio. Luego serán eliminadas. • Para corroborar la AUTENTICIDAD del presente informe comunicarse al correo laboratorio@sagperu.com. • Cualquier modificación no autorizada, trazo o falsificación del contenido o de la estructura de este documento es ilegal y los culpables serán procesados de acuerdo a ley.

SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C.

Laboratorios Av. Naciones Unidas N° 1565 Urb. Chacra Ríos Norte - Lima y Pasaje Clorinda Matto de Turner N° 2079 Urb. Chacra Ríos Norte - Elmer
• Central Telefónica (511) 425-6865 • Web: www.sagperu.com • Contacto Electrónico sagperu@sagperu.com

Anexo 01: Matriz de consistencia

| Evaluación de la eficiencia del sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas en la población de Vicco de la provincia de Pasco-2022 | | |
|--|---|---|
| <p>Problema General: ¿Cuál es la eficiencia del sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas en la población de Vicco de la provincia de Pasco-2022?</p> | <p>Objetivo General: Evaluar la eficiencia del sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas en la población de Vicco de la provincia de Pasco-2022.</p> | <p>Hipótesis General: La eficiencia del sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas en la población de Vicco de la provincia de Pasco está de acuerdo al Decreto Supremo 003-2010-MINAM, el LMP para planta de tratamiento de aguas residuales domésticas.</p> |
| <p>Problemas Específicos: ¿Qué procesos de tratamiento tiene el sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas en la población de Vicco de la provincia de Pasco-2022?</p> | <p>Objetivos Específicos: Identificar los procesos de tratamiento que tiene el sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas en la población de Vicco de la provincia de Pasco-2022.</p> | <p>Hipótesis Específicas: Los de los procesos de tratamiento que tiene el sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas en la población de Vicco de la provincia de Pasco son el tratamiento preliminar y tratamiento secundario.</p> |
| <p>¿Cuál es la calidad física del agua residual domestica del sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas en la población de Vicco de la provincia de Pasco-2022?</p> | <p>Evaluar la calidad física del agua residual domestica del sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas en la población de Vicco de la provincia de Pasco-2022.</p> | <p>La calidad física del agua residual domestica del sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas en la población de Vicco de la provincia de Pasco cumplen con el Decreto Supremo 003-2010-MINAM, el LMP para planta de tratamiento de aguas residuales domésticas.</p> |
| <p>¿Cuál es la calidad microbiológica del agua del sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas en la población de Vicco de la provincia de Pasco-2022?</p> | <p>Evaluar la calidad microbiológica del agua del sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas en la población de Vicco de la provincia de Pasco-2022.</p> | <p>La calidad microbiológica del agua del sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas en la población de Vicco de la provincia de Pasco cumple con el Decreto Supremo 003-2010-MINAM, el LMP para planta de tratamiento de aguas residuales domésticas.</p> |
| <p>VARIABLE INDEPENDIENTE:</p> | | <p>LMP para planta de tratamiento de aguas residuales domesticas</p> |
| <p>VARIABLE DEPENDIENTE:</p> | | <p>Eficiencia del sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas</p> |

Anexo 03: Galería fotográfica

FOTOGRAFÍA 001: Vista de la planta de tratamiento al fondo



FOTOGRAFÍA 002: Vista de toma de parametros físicos



FOTOGRAFÍA 003: Vista de la planta de tratamiento al fondo



FOTOGRAFÍA 004: Vista de toma de parametros físicos

