

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental



TESIS

**EFICIENCIA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS
RESIDUALES DOMÉSTICAS EN LOS PARÁMETROS DBO, DQO,
SST, PH, T°, ACEITES Y GRASAS, EN SOROCHUCO, CELENDÍN,
CAJAMARCA**

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO AMBIENTAL

Presentado por el Bachiller:

KENNY ATALAYA CAMPOS

Asesor:

Dr. AGUSTÍN E. MEDINA CHÁVEZ

CAJAMARCA – PERÚ

-2022-



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

"NORTE DE LA UNIVERSIDAD PERUANA"

Fundada por Ley N° 14015, del 13 de febrero de 1962

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

Secretaría Académica



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En la ciudad de Cajamarca, a los dos días del mes de mayo del año dos mil veintidós, se reunieron en el ambiente 2C - 211 de la Facultad de Ciencias Agrarias, los miembros del Jurado, designados según **Resolución de Consejo de Facultad N° 175-2021-FCA-UNC, de fecha 16 de junio del 2021**, con la finalidad de evaluar la sustentación de la **TESIS** titulada: **"EFICIENCIA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS EN LOS PARÁMETROS DBO, DQO, SST, PH, T°, ACEITES Y GRASAS EN SOROCHUCO, CELENDÍN, CAJAMARCA"**, realizada por el Bachiller **KENNY ATALAYA CAMPOS** para optar el Título Profesional de **INGENIERO AMBIENTAL**.

A las dieciséis horas y cinco minutos, de acuerdo a lo establecido en el **Reglamento Interno para la Obtención de Título Profesional de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cajamarca**, el Presidente del Jurado dio por iniciado el Acto de Sustentación, luego de concluida la exposición, los miembros del Jurado procedieron a la formulación de preguntas y posterior deliberación. Acto seguido, el Presidente del Jurado anunció la aprobación por unanimidad, con el calificativo de quince (15); por tanto, el Bachiller queda expedito para proceder con los trámites que conlleven a la obtención del Título Profesional de **INGENIERO AMBIENTAL**.

A las dieciséis horas y cuarenta y cinco minutos del mismo día, el Presidente del Jurado dio por concluido el Acto de Sustentación.

Dr. Ing. Glicerio Eduardo Torres Carranza
PRESIDENTE

Ing. M. Sc. José Ramiro Díaz Cumpén
SECRETARIO

Dr. Ing. Agustín Emerson Medina Chávez
VOCAL

DEDICATORIA

A Padre Eterno, mi familia, quienes son los principales promotores de alcanzar mis anhelos y sueños, por apoyarme incondicionalmente y por confiar siempre en mí.

A todos mis amigos que contribuyeron a que este trabajo sea realizado.

AGRADECIMIENTO

Un agradecimiento especial al Dr. Agustín E. Medina Chávez quien supo apoyarme en todo momento para la elaboración de este proyecto.

RESUMEN

La presente investigación se desarrolló en el distrito de Sorochuco, provincia de Celendín, departamento de Cajamarca; cuyo objetivo principal fue determinar la eficiencia de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas en los parámetros DBO, DQO, SST, aceites y grasas, pH y temperatura. La investigación se desarrolló en un periodo de tres meses tomando muestras cada 15 días; obteniendo en total seis (06) muestras por parámetro. La temperatura y pH se midieron in situ y los parámetros DBO, DQO, SST, aceites y grasas, se determinaron en el Laboratorio Regional del Agua del Gobierno Regional de Cajamarca, acreditado por INACAL con registro número LE-084. Los resultados obtenidos se compararon con los Límites Máximos Permisibles (LMP) aprobados mediante D.S. 003 - 2010 - MINAM. El porcentaje de remoción en los parámetros evaluados es de DBO (70.00%), DQO (67.68%), SST (78.80%), aceites y grasas (64.34%), en relación a la temperatura y pH del efluente los valores promedio obtenidos fueron de 17.13 °C y 7.31 unidades de pH respectivamente; concluyendo que la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas en Sorochuco, es eficiente en la remoción de DBO, DQO, SST, aceites y grasas, cumpliendo con los valores establecidos en los LMP para efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales.

Palabras Claves: Aguas residuales, afluente, efluente, eficiencia, Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas, DBO, DQO, SST, remoción.

ABSTRAC

The present investigation was developed in the district of Sorochuco, province of Celendín, department of Cajamarca; whose main objective was to determine the efficiency of the Domestic Wastewater Treatment Plant in the parameters DBO, DQO, SST, oils and fats, pH and temperature. The investigation was carried out over a period of three months, taking samples every 15 days; obtaining a total of six (06) samples per parameter. The temperature and pH were measured in situ and the parameters DBO, DQO, SST, oils and fats, , were determined in the Regional Water Laboratory of the Regional Government of Cajamarca, accredited by INACAL with registration number LE-084. The results obtained were compared with the Maximum Permissible Limits (MPL) approved by D.S. 003 - 2010 - MINAM. The removal percentage in the evaluated parameters is DBO (70.02%), DQO (67.68%), SST (78.80%), oils and fats (64.34%), in relation to the temperature and pH of the effluent, the average values obtained were 17.13 ° C and 7.31 pH units respectively; concluding that the Domestic Wastewater Treatment Plant in Sorochuco is efficient in removing DBO, DQO, SST, oils and fats, complying with the values established in the LMP for effluents from domestic or municipal wastewater treatment plants.

Keywords: Wastewater, affluent, effluent, efficiency, Domestic Wastewater Treatment Plant, DBO, DQO, SST, removal.

ÍNDICE GENERAL

| | |
|--|-----|
| DEDICATORIA..... | iii |
| AGRADECIMIENTO..... | iv |
| RESUMEN..... | v |
| ABSTRAC..... | vi |
| CAPÍTULO I..... | 1 |
| INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| 1.1. Formulación del problema..... | 2 |
| 1.2. Objetivo de la investigación..... | 2 |
| CAPÍTULO II..... | 3 |
| REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA..... | 3 |
| 2.1. Antecedentes de la investigación..... | 3 |
| 2.2. Bases teóricas..... | 4 |
| 2.2.3. Componentes de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales..... | 12 |
| 2.3. Definición de términos básicos..... | 16 |
| CAPÍTULO III..... | 19 |
| MARCO METODOLÓGICO..... | 19 |
| 3.1. Ubicación del trabajo de investigación..... | 19 |
| 3.2. Materiales..... | 21 |
| 3.3. Metodología..... | 21 |
| 3.3.1. Trabajo de campo..... | 21 |
| 3.3.2. Trabajo de laboratorio..... | 25 |
| 3.3.3. Trabajo de gabinete..... | 25 |
| RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... | 27 |
| 4.1. Eficiencia de la PTAR Sorochuco..... | 27 |
| 4.2. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)..... | 29 |
| 4.3. Demanda Química de Oxígeno (DQO)..... | 30 |
| 4.4. Sólidos Suspendidos Totales (SST)..... | 32 |
| 4.5. Aceites y grasas..... | 33 |

| | |
|--|----|
| 4.6. Potencial de hidrogeno (pH) | 34 |
| 4.7. Temperatura (T°)..... | 35 |
| CAPÍTULO V..... | 37 |
| CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 37 |
| 4.1. Conclusiones..... | 37 |
| 4.2. Recomendaciones | 37 |
| CAPÍTULO VI..... | 39 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 39 |
| CAPÍTULO VII..... | 43 |
| ANEXOS | 43 |

LISTA DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Tipos de aguas residuales | 5 |
| Tabla 2. Principales contaminantes del agua residual..... | 7 |
| Tabla 3. Procesos para el tratamiento de agua residual | 9 |
| Tabla 4. Eficiencia de remoción de contaminante en aguas residuales según los tratamientos...11 | |
| Tabla 5. Límites Máximos Permisibles para los Efluentes de PTAR | 16 |
| Tabla 6. Accesibilidad a las instalaciones de la PTAR Sorochuco. | 19 |
| Tabla 7. Coordenadas de los puntos de muestreo en la PTAR – Sorochuco..... | 22 |
| Tabla 8. Lista de parámetros analizados..... | 23 |
| Tabla 9. Frecuencia de monitoreo. | 24 |
| Tabla 10. Parámetros de campo..... | 24 |
| Tabla 11. Métodos de utilizados por el Laboratorio Regional del Agua Cajamarca | 25 |
| Tabla 12. Promedio de datos analizados de cada parámetro del afluente | 27 |
| Tabla 13. Promedio de datos analizados de cada parámetro del efluente | 28 |
| Tabla 14. Eficiencia de remoción de la PTAR Sorochuco para cada parámetro evaluado..... | 28 |
| Tabla 15. Porcentaje de remoción de DBO logrado por la PTAR Sorochuco..... | 29 |
| Tabla 16. Porcentaje de remoción de DQO logrado por la PTAR Sorochuco. | 30 |
| Tabla 17. Porcentaje de remoción de SST logrado por la PTAR Sorochuco. | 32 |
| Tabla 18. Porcentaje de remoción de aceites y grasas logrado por la PTAR Sorochuco. | 33 |
| Tabla 19. Registro de pH en la PTAR Sorochuco. | 34 |
| Tabla 20. Registro de Temperatura en la PTAR Sorochuco. | 36 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1. Esquema de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales. | 13 |
| Figura 2. Ubicación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la localidad de Sorochuco. | 20 |
| Figura 3. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) en la PTAR Sorochuco. | 29 |
| Figura 4. Demanda Química de Oxígeno (DQO) en la PTAR Sorochuco. | 31 |
| Figura 5. Sólidos Suspendidos Totales (SST) en la PTAR de Sorochuco. | 32 |
| Figura 6. Registro de los Aceites y Grasas en la PTAR Sorochuco. | 34 |
| Figura 7. Registro del pH en la PTAR Sorochuco. | 35 |
| Figura 8. Temperatura (°C) en la PTAR Sorochuco. | 36 |

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

El crecimiento poblacional ha incrementado significativamente el consumo de agua y la generación de efluentes domésticos, generando diversos impactos ambientales, desde la realización de oficios domésticos hasta la producción a nivel industrial, desde el uso de sanitarios hasta el uso para riego en cultivos, la demanda de agua produce la generación inevitable de aguas residuales (Hillbeboe, 2005). El tratamiento de estos efluentes, es un proceso que incorpora transformaciones físicas, químicas y biológicas, con propósito de tratar y remover los contaminantes, facilitando su reutilización.

Frente a lo expuesto, en diversas ciudades del mundo, se vienen construyendo plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas, donde sigue todo un proceso, con el objetivo de generar un efluente de descarga acorde a las exigencias de la normativa vigente; sin embargo, es importante determinar la eficiencia de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), de ello depende el impacto que se pueda generar con el vertido de las aguas tratadas a los recursos hídricos, que son el principal receptor de estos efluentes; estas acciones evitan la alteración de los ecosistemas, disminuye la contaminación a la biodiversidad y se mitiga el riesgo para la salud pública.

Con la aprobación del D.S. N° 003-2010-MINAM, entraron en vigencia, a partir del 17 de marzo del 2010, los Límites Máximos Permisibles para efluentes de PTAR. Este decreto establece las obligaciones de los titulares de las PTAR, quienes tienen la responsabilidad de realizar el monitoreo de efluentes, considerándose válido únicamente el monitoreo realizado conforme al Protocolo de Monitoreo de la Calidad de los efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales. Este debe especificar la ubicación de puntos de control, los métodos y las técnicas adecuadas, así como los parámetros y frecuencia de muestreo para cada uno de ellos (Racbumí 2016).

Con la investigación se buscó determinar la eficiencia de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Sorochuco, en la remoción de los parámetros DBO, DQO, SST, aceites y grasas, para tal efecto se realizaron la toma de muestras de agua en el afluente y efluente de la PTAR, facilitando la realización del análisis correspondiente y la comprobación de su eficiencia.

1.1. Formulación del problema

¿Cuál es la eficiencia de la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas en los parámetros DBO, DQO, SST, aceites y grasas, pH y temperatura, en Sorochuco, Celendín, Cajamarca?

1.2. Objetivo de la investigación

1.2.1. Objetivo general

Determinar la eficiencia de la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas en los parámetros DBO, DQO, SST, pH, temperatura, aceites y grasas, en Sorochuco, Celendín, Cajamarca.

1.2.2. Objetivos específicos

Medir en el afluente de la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas el DBO, DQO, SST, pH, temperatura, aceites y grasas.

Medir en el efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas el DBO, DQO, SST, pH, temperatura, aceites y grasas.

Comparar los resultados de cada parámetro obtenido con los Límites Máximos Permisibles (LMP) de efluentes de PTAR vertidos a cuerpos de agua, aprobados según D.S. N° 003-2010-MINAM.

CAPÍTULO II

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Antecedentes de la investigación

Merchán (2018) evaluó la planta de tratamiento de la urbanización Fuentes del Río, ubicada en el km. 10.5 de la vía a Samborondón, con la necesidad de obtener información real y actualizada conjuntamente con AMAGUA, con el fin de encontrar soluciones a las problemáticas existentes, como los malos olores y el rehúso del agua para jardinería. Evaluó los procesos de tratamiento en base a la caracterización de la calidad de las aguas servidas antes del proceso bacteriológico y después del tratamiento, por medio de una prueba ejecutada por laboratorio químico Marcos, el resultado de DBO₅ en el agua cruda arrojó un valor de 286,20 mg/l, mientras que la DQO fue 347,98 mg/l, en el efluente los valores fueron 41,85 mg/l de DBO₅ y 87,42 mg/l en DQO, concluyendo que cumple con la normativa TULSMA de Ecuador, para descargas de agua tratada a un cuerpo receptor.

Montenegro (2016), determinó la eficiencia de la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas del distrito El Parco, Bagua, Amazonas durante abril – octubre, 2013. Donde se tomaron muestras semanales durante 3 meses en afluente y efluente, para evaluar los parámetros de pH, temperatura, DQO, DBO₅, sólidos totales en suspensión, aceites y grasas, coliformes totales y fecales. La eficiencia en el tratamiento de las aguas residuales de la PTAR del distrito El Parco, según los resultados fue de 99,99% (coliformes fecales); 92,36% (DQO); 92,14% (DBO₅); 72,46% (aceites y grasas) y 49,44% (sólidos totales en suspensión). El valor de coliformes fecales (14,5 x106 CF/100mL) en el afluente de la PTAR superó el límite máximo permisible (10 x 103 CF/100mL), indicando que no se cumple con la normatividad vigente.

Martínez (2016), evaluó la eficiencia de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la ciudad de Celendín (PTAR) en la remoción de la demanda bioquímica de oxígeno, la

demanda química de oxígeno y los sólidos suspendidos totales, así como determino el pH y temperatura en el tratamiento de las aguas residuales; de tal manera que se cumpla con los Límites Máximos Permisibles (LMP) de efluentes de PTAR para vertidos a cuerpos de agua. Se tomaron en total 2 muestras para cada parámetro (P1 – Afluente y P2 – Efluente). Obteniendo los resultados del efluente de la PTAR, comprobó que se encuentran dentro de los Límites Máximos Permisibles (LMP) de efluentes de PTAR para vertidos a cuerpos de agua (D.S N° 003-2010-MINAM), lo que indicaría una alta eficiencia a futuro por parte del funcionamiento de la planta, obteniendo un 91.5 % de eficiencia en remoción de DBO, un 91 % de eficiencia en remoción de DQO y un 83.2 % de eficiencia en remoción de SST.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Aguas residuales

Las aguas residuales (AR), son aquellas que ha sufrido una alteración en sus características físicas, químicas o biológicas por la introducción de contaminantes como residuos sólidos, biológicos, químicos, municipales, industriales, agrícolas etc., afectando así los ecosistemas acuáticos y su entorno (Sánchez 2003). Las aguas residuales provienen del sistema de abastecimiento de una población, por esta razón son líquidos de composición variada que pueden clasificarse según su origen en aguas residuales domésticas, industriales, de infiltración y pluviales. Las dos primeras son las más relacionadas con la contaminación del agua (Metcalf *et al.* 2003).

Se considera que el efluente está contaminado cuando se ven alteradas sus características químicas, físicas, biológicas o su composición, por lo que pierde su potabilidad para consumo diario o para su utilización en actividades domésticas, industriales o agrícolas. Las aguas residuales se definen como aguas de composición variada provenientes de las descargas de usos municipales, industriales, comerciales, de servicios, agrícolas, pecuarios, domésticos, incluyendo fraccionamientos y en general, de cualquier otro uso, así como la mezcla de ellas (Aguilar *et al.* 2009).

a) Tipos de agua residual

Agua residual doméstica. Proviene principalmente del agua ya usada procedente de los baños, cocinas y lavanderías de las viviendas, de los centros comerciales,

instituciones y centros urbanos; es el efluente residual de las viviendas (García 2008).

Agua residual industrial. Está constituido en forma principal por los productos líquidos de desecho específico que se acumulan en el procesamiento industrial, pero pueden contener pequeñas cantidades de aguas negras domésticas. Tales desechos varían con el proceso y contienen cierta cantidad del material en proceso o de los productos químicos utilizados con propósitos de procesamiento (García 2008).

Asimismo, existen diferentes formas de caracterizar a las aguas residuales, las cuales se detalla en la siguiente tabla.

Tabla 1. Tipos de aguas residuales

| Tipos de aguas residuales | Definición | Características |
|----------------------------------|---|---|
| Agua residual doméstica | Producidas en las diferentes actividades al interior de las viviendas, colegios, etc. | Los contaminantes están presentes en moderadas concentraciones |
| Agua residual municipal | Son transportados por el alcantarillado de una ciudad o población | Contiene materia orgánica, nutrientes y patógenos, etc. |
| Agua residual industrial | Las resultantes de las descargas de industrias | Su contenido depende del tipo de industria o procesos industriales. |
| Agua negra | Contiene orina y heces | Alto contenido de nutrientes, patógenos, hormonas y residuos farmacéuticos |
| Agua amarilla | Es la orina transportada con o sin agua | Alto contenido de nutrientes, hormonas y alta concentración de sales |
| Agua café | Agua con pequeña cantidad de heces y orina | Alto contenido de nutrientes, patógenos, hormonas y residuos |
| Agua gris | Provenientes de lavamanos, duchas, lavadoras | Tienen pocos nutrientes y agentes patógenos, por el contrario, presentan máxima carga de productos y detergentes. |

Fuente: Romero (2001)

b) Características de las aguas residuales

Se disgregan en características físicas, químicas y biológicas, para establecer las cargas orgánicas y de sólidos que transportan, determinar efectos del vertimiento a cuerpos de agua, seleccionar las operaciones y procesos del tratamiento que resultarán más eficaces y económicos.

Las aguas residuales de los sectores dependen totalmente del tipo de actividad productiva que desarrolle la empresa, en ellas es importante evaluar, a parte del caudal y la cantidad de materia orgánica, la presencia de sustancias toxicas como los metales pesados. La composición físicos, químicos, biológicos presentes en las aguas residuales es esencial para la construcción y explotación de proyectos tanto de recogida como de tratamiento de evacuación de las aguas residuales (Tchobanoglous 1996).

Las características de las aguas residuales de un lugar varían dependiendo de factores como el tipo de sistema de alcantarillado, presencia de desechos industriales, el tipo de agua potable y las variaciones diarias del caudal. Las aguas residuales son diversas, todas ellas poseen características físicas, químicas y biológicas diferentes y por lo tanto la normativa establece parámetros especiales en cuanto a su caracterización. Las aguas residuales domésticas, contienen una elevada cantidad de agentes infecciosos y patógenos, dado que su principal prominencia es de los servicios sanitarios, son aguas con alta cantidad de amonio y nitrógeno debido a las excretas, lo que permite su tratamiento mediante diversos procesos biológicos (Crites 2000)

Los sólidos totales presentes en las aguas de desecho comprenden los sólidos en suspensión disueltos incluyendo los sólidos sedimentables y coloides. Los sólidos sedimentables se precipitan en los tanques de sedimentación y los coloides pueden permanecer en suspensión en forma indefinida. Es conveniente la eliminación de los sólidos suspendidos en las aguas de desecho, ya que contienen contaminantes orgánicos insolubles e inorgánicos y crecen en ellos bacterias y virus (García 2008).

Tabla 2. Principales contaminantes del agua residual

| Contaminantes | Unidad | Concentración | | |
|---------------------------------|-----------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| | | Débil | Media | Fuerte |
| Sólidos totales (ST) | mg/l | 350 | 720 | 1200 |
| Disueltos, totales (SDT) | mg/l | 250 | 500 | 850 |
| Fijos | mg/l | 145 | 300 | 525 |
| Volátiles | mg/l | 105 | 200 | 325 |
| Sólidos en suspensión (SS) | mg/l | 100 | 220 | 350 |
| Fijos | mg/l | 20 | 55 | 75 |
| Volátiles | mg/l | 80 | 165 | 275 |
| Sólidos sedimentables | mg/l | 5 | 10 | 20 |
| DBO ₅ , 20°C | mg/l | 110 | 220 | 400 |
| Carbono orgánico total (COT) | mg/l | 80 | 160 | 290 |
| DQO | mg/l | 250 | 500 | 1000 |
| Nitrógeno (total en la forma N) | mg/l | 20 | 40 | 85 |
| Orgánico | mg/l | 8 | 15 | 35 |
| Amoníaco libre | mg/l | 12 | 25 | 50 |
| Nitritos | mg/l | 0 | 0 | 0 |
| Nitratos | mg/l | 0 | 0 | 0 |
| Fósforo (total P) | mg/l | 4 | 8 | 15 |
| Orgánico | mg/l | 1 | 3 | 5 |
| Inorgánico | mg/l | 3 | 5 | 10 |
| Cloruros | mg/l | 30 | 50 | 100 |
| Sulfato | mg/l | 20 | 30 | 50 |
| Grasa | mg/l | 50 | 100 | 150 |
| Coliformes totales | NMP/100ml | 10 ⁶ -10 ⁷ | 10 ⁷ -10 ⁸ | 10 ⁷ -10 ⁹ |
| Compuestos orgánicos volátiles | mg/l | <100 | 100-400 | >400 |

Fuente: Metcalf y Eddy 1995.

2.2.2. Tratamiento de aguas residuales

Para el tratamiento de las aguas residuales existen diversos procesos y operaciones unitarias, con una adecuada selección y combinación, pueden resolver la mayoría de las necesidades de disposición final o reaprovechamiento de los vertimientos.

Los procesos fisicoquímicos hacen uso de las diferencias en ciertas propiedades entre el contaminante y el agua (sedimentación y flotación) o mediante la adición de reactivos empleados para variar la forma del contaminante buscando condiciones de separación del

líquido. Los procesos biológicos utilizan microorganismos que se alimentan de la materia orgánica contaminante y con ello la eliminan del agua en forma de nuevas células o de gases (Crites y Tchobanoglous 2000).

Los procesos básicos para el tratamiento convencional de aguas residuales incluyen:

a) Pretratamiento

El pretratamiento es un proceso mediante el cual se busca reducir y quitar las partículas sólidas que podrían causar problemas en los procesos físicos o biológicos. Es decir, se trata de descomponer el material en una cantidad y tamaño razonable, esto involucra la separación de elementos que no son orgánicos. Dentro del pretratamiento se encuentran procedimientos que minimizan la carga sólida previo al tratamiento primario para su mayor eficiencia (Rossi 2010).

b) Tratamiento primario

Etapa que se encarga de la remoción de parte de los sólidos pesados (arenilla) que trabaja únicamente con las fuerzas de la gravedad, el tratamiento primario prosigue la reducción de sólidos disueltos, turbidez y parte de la materia orgánica, en esta etapa el agua residual es airear y busca sedimentar partículas más finas que vienen con el agua (polvo y tierra), asimismo, cumple la función de enviar un caudal de agua constante a las demás unidades, es posible además la eliminación de una pequeña fracción de contaminación bacteriológica (Rigola 1999).

c) Tratamiento secundario

Esta etapa de tratamiento está destinada a la eliminación de la materia orgánica biodegradable soluble por medio de la degradación biológica debido a su bajo costo y alta eficiencia de remoción de los contaminantes presentes en las aguas residuales. Los cuales son transformados por los microorganismos en materia celular, energía para su metabolismo y en otros compuestos orgánicos e inorgánicos. Estas células microbianas forman flóculos, los cuales son separados de la corriente de agua tratada, normalmente por sedimentación. En el caso del agua residual doméstica, el objetivo principal es reducir el contenido orgánico y en ciertos casos, los nutrientes tales como el nitrógeno y el fósforo (Noyola *et al.* 2013).

d) Tratamiento terciario y avanzado

Supone generalmente, la necesidad de remover nutrientes para prevenir la eutrofización de fuentes receptoras ambientalmente más sensibles o para mejorar la calidad de un efluente secundario con el fin de adecuar el agua para su reúso (Romero 2000).

Tabla 3. Procesos para el tratamiento de agua residual

| PRETRATAMIENTO | |
|--|------------------------------------|
| Cribado | |
| Dilaceración | |
| Desarenado | |
| Desengrasado | |
| Homogenización | |
| TRATAMIENTO PRIMARIO | |
| Químico | Físico |
| Coagulación | Sedimentación |
| Neutralización | Floculación |
| ---- | Flotación |
| ---- | Filtración |
| TRATAMIENTO SECUNDARIO | |
| Lodos activados | Estabilización por lagunaje |
| Aireación prolongada (Proceso de oxidación total) | Filtros biológicos |
| Estabilización por contacto | Filtros biológicos |
| Otras modificaciones de sistema convencional de lodos activados: aireación de fases, mezcla completa, aireación descendente, alta carga, aireación con oxígeno puro. | Filtros biológicos |
| Lagunaje con aireación | Filtros biológicos |
| TRATAMIENTO TERCIARIO O AVANZADO | |
| Filtros biológicos | Intercambio iónico |
| Filtración (lecho de arena, antracita, diatomeas) | Electrocoagulación |
| Precipitación y coagulación | Cloración y ozonización |
| Adsorción (carbón activado) | Proceso de reducción de nutrientes |
| Intercambio iónico | Proceso de reducción de nutrientes |

Fuente: Bermeo 2016.

Parámetros que determinan la eficiencia de las plantas de tratamiento de aguas residuales

La DBO₅ es la cantidad de oxígeno empleado por los microorganismos a lo largo de un periodo de cinco días para descomponer la materia orgánica de las aguas residuales a una temperatura de 20 °C. (Mejía 2016). La DBO₅ suele emplearse para comprobar la carga

orgánica de las aguas residuales municipales e industriales biodegradables, sin tratar y tratadas.

La DQO se usa para comprobar la carga orgánica de aguas residuales que, o no son biodegradables o contienen compuestos que inhiben la actividad de los microorganismos. (Molina y Trigreros 2005:40)

Los sólidos en suspensión presentes en el agua residual determinan la complejidad de los procesos de tratamiento y la posibilidad de alternativas para tratamientos individualizados. (Molina y Trigreros 2005:46)

Las grasas y los aceites pueden constituir un problema serio de polución en mataderos, frigoríficos, industrias empacadoras de carne fábricas de aceite de cocina y margarina, restaurantes, estaciones de servicio automotor e industrias de distinta índole. Su cuantificación es necesaria para determinar la necesidad de un pretratamiento, la eficiencia de los procesos de remoción y el grado de polución de estos compuestos. Además, las grasas y aceites afectan adversamente la transferencia de oxígeno del agua a las células e interfieren con el desempeño dentro del proceso de tratamiento biológico aerobio (Romero 2009).

La temperatura del agua es un parámetro muy importante porque afecta directamente las reacciones químicas y las velocidades de reacción, la vida acuática y la adecuación del agua para fines benéficos. Además, el oxígeno es menos soluble en agua caliente que en agua fría (Satalaya 2015).

Para determinar la eficiencia de las plantas de tratamientos de aguas residuales, es importante determinar el porcentaje de remoción, siguiendo la siguiente fórmula matemática.

Cálculo de porcentaje de remoción

$$\% R = \left(\frac{C_0 - C_t}{C_0} \right) \times 100$$

Donde:

% R: Porcentaje de remoción

Co: Concentración inicial (mg/L)

Ct: Concentración final (mg/L)

Tabla 4. Eficiencia de remoción de contaminante en aguas residuales según los tratamientos.

| TRATAMIENTO | REFERENCIA | EFICIENCIA DE REMOCIÓN (%) | | | | | | | | | |
|---------------------------------------|-------------------------|----------------------------|------------------|-------|----------------------|----------|----------------------|------------|------------------|------------|------------|
| | | SST | DBO ₅ | DQO | N NH ₃ | N ORG | N NO ₃ | N TOTAL | PPO ₄ | P TOTAL | COLIFORMES |
| Desarenador convencional | RAS (2000) | 0-10 | 0-5 | 0-5 | | | | | | | |
| | Metcalf & Eddy (2001) | 0-10 | 0-5 | 0-5 | | | | | | | |
| Sedimentado primario | Metcalf & Eddy (2001) | 50-65 | 30-40 | 30-40 | | 10-20 | | | 10-20 | | |
| | fair (1954) | 40-70 | 25-40 | 20-35 | | | | | | | 25-75 |
| | Yáñez(1995) | 40-70 | 25-40 | | | | | | | | 25-75 |
| Tanque séptico | Batalha (1989) | 50-70 | 40-62 | | | | | <10 | <10 | | <60 |
| Tanque séptico -filtro | Von Sperling (1996) | | 70-90 | | | | | 10-25 | 10-20 | | 60-90 |
| Tanque Imhoff | Tchobanoglous (2000) | 50 | 40 | | | | | | | | |
| Primario avan-zado | Yáñez (1995) | 70-90 | 50-85 | | | | | | | | 40-80 |
| | Tsukamoto (2002) | 73-84 | 46-70 | | | | <30 | | 10-20 | | 80-90 |
| Filtro anaerobio | RAS (2000) | 60-70 | 65-80 | 60-80 | | | | | 30-40 | | |
| | Rodríguez et al. (2006) | | | 75-85 | | | | | | | |
| UASB | Torres (2000) | 60-80 | 60-70 | | | | | 10-25 | 10-20 | | 60-90 |
| | RAS (2000) | 60-70 | 65-80 | 60-80 | | | | | 30-40 | | |
| | Valencia (2002) | 72 | 83 | 74 | | | | | | | |
| | Lettingaetal (1983) | | | 55-78 | | | | | | | |
| UAS8-laguna facultativa | CDMB (2006) | 84 | 88 | | | | | | | | |
| UASB - lodo activado | Van Haandel - Lettinga | 85-95 | 85-95 | | | | | 15-25 | 10-20 | | 70-95 |
| UASB - lodo activado SBR | Torres (2000) | 84-86 | 87-93 | | | | | 20-90 | 23-72 | | |
| Reactor anaerobio de flujo pistón RAP | RAS (2000) | 60-70 | 65-80 | 60-80 | | | | | 30-40 | | |
| Reactor anaerobio de contacto | Rodríguez et al. (2006) | | | 75-90 | | | | | | | |
| Reactor anaerobio de lecho fluidizado | Rodríguez et al. (2006) | | | 80-85 | | | | | | | |
| Lodo activado concencional | RAS (2000) | 80-90 | 80-95 | 80-95 | | | 15-20 | | 10-25 | | |
| | Yáñez (1995) | 85-98 | 70-98 | | | | | | | | 95-98 |
| | Fair (1954) | 55-95 | 55-95 | 50-80 | | | | | | | 90-98 |
| | Von Sperling (1996) | 80-90 | 85-93 | | | | | 30-40 | 30-45 | | 60-90 |
| Lodo activado -SBR | Von Sperling (1996) | 80-90 | 85-95 | | | | | 30-40 | 30-45 | | 60-90 |
| lodo activado- aireación prolongada | Von Sperling (1996) | 80-90 | 93-98 | | | | | 15-30 | 10-20 | | 65-90 |
| Filtro (colador alta tasa) | Yáñez(1995) | 70-90 | 60-85 | | | | | | | | 90-95 |
| | Metcalf & Eddy (2001) | 60-85 | 65-80 | 60-80 | 8-15 | | | 15-30 | 8-12 | | 90-95 |
| | Von Sperling (1996) | 85-95 | 80-93 | | | | | 30-10 | 30-15 | | 60-90 |

| TRATAMIENTO | REFERENCIA | EFICIENCIA DE REMOCIÓN (%) | | | | | | | | | |
|------------------------------|-----------------------|----------------------------|------------------|-------|----------------------|----------|----------------------|------------|------------------|------------|------------|
| | | SST | DBO ₅ | DQO | N NH ₃ | N ORG | N NO ₃ | N TOTAL | PPO ₄ | P TOTAL | COLIFORMES |
| Filtro percolador súper tasa | RAS (2000) | 65-85 | 65-85 | 65-85 | 8-15 | 15-50 | | | | 8-12 | |
| laguna aerobia | Ferrer (2009) | | 60-80 | | | | | | | | |
| | Mara (1980) | | 50-85 | | | | | | | | |
| Laguna anaerobia | Arceivala (1984) | | 30-70 | | | | | | | | |
| | RAS(2000) | 20-60 | 50-70 | | | | | | | 90-99,99 | |
| | Mara (1980) | | 80-95 | | | | | | | | |
| Lagunas aireadas | Mendoza (2000) | | 50-60 | | | | | | | | |
| | RAS (2000) | 85-95 | 80-95 | | | | | | | 90-99,99 | |
| | RAS (2000) | 63-75 | 80-90 | | | | | | 30 | 90-99,99 | |
| Lagunas facultativas | Fair (1954) | 85-95 | 90-95 | 70-80 | | | | | | 95-98 | |
| | Yáñez(199S) | 90-99 | 75-95 | | | | | | | 98-99,99 | |
| Lagunas maduración | Mara (1980) | | 80-95 | | | | | | | | |
| | RAS (2000) | 85-95 | 60-80 | | | | | | | 90-99,99 | |
| Laguna anaerobia-humedal | Caicedo(2005) | 87-93 | 80-90 | | | | | 37-48 | | 45- 50 | |
| | Liu & Liptack (2000) | | 85-95 | | | | | | | | |
| Biodiscos | Torres et al. (2006) | 85-95 | 85-93 | | | | | 30-10 | | 30- 45 | 60-90 |
| | Metcalf & Eddy (2001) | 80-85 | 80-85 | 80-85 | 80-65 | | | 15-20 | | 10-25 | |

Fuente: Rodríguez *et al.* 2015.

2.2.3. Componentes de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales

Una planta de tratamiento de aguas residuales industrial como doméstica permite contener el agua contaminada para que pase por un proceso que haga posible su reutilización y se den un valor importante al residuo que se genere.

Las estaciones

Etapas del proceso de tratamiento de aguas residuales

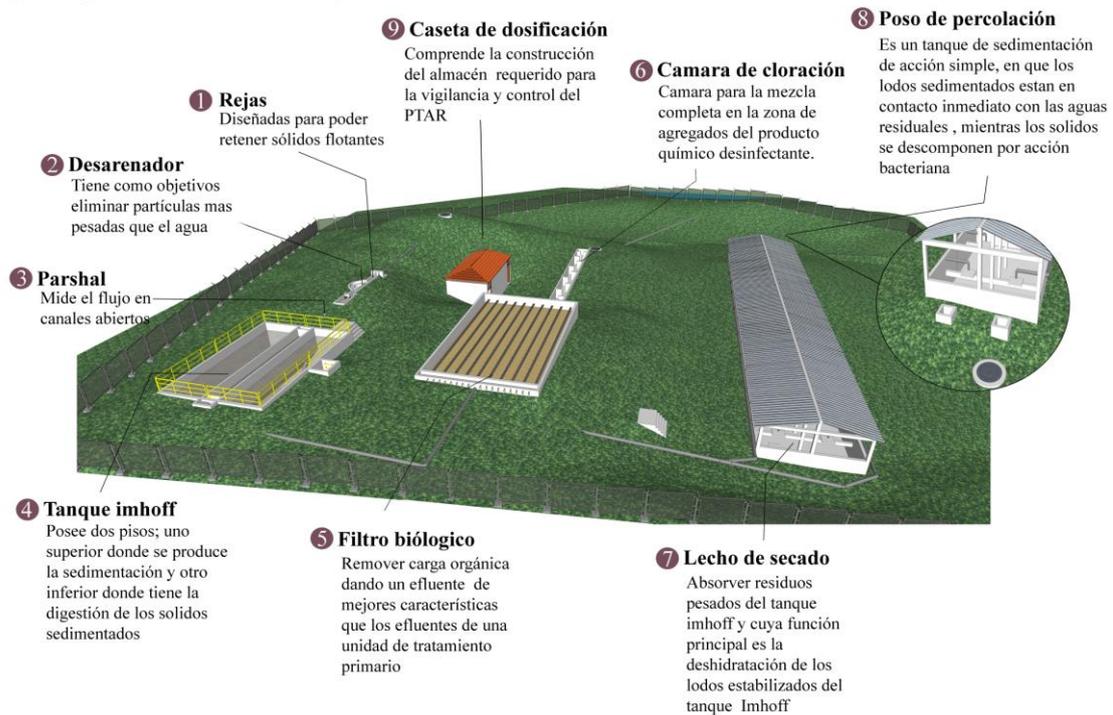


Figura 1. Esquema de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.

a) Sistema de rejas y desarenador

Los sistemas de rejas y desarenador pertenecen a los tratamientos primarios, los cuales se encargan de eliminar los sólidos en suspensión que están presentes en aguas residuales.

Cámara de rejas

Fue creada con el propósito de poder retener aquellos sólidos flotantes que entraron desde la red del desagüe; cuenta con un by pass, que se utiliza cuando se colmata la reja. A la vez lleva al final del tramo un vertedero rectangular para poder controlar el caudal de ingreso a otras unidades hidráulicas.

Desarenador

La compuerta de entrada está completamente abierta. Las condiciones de escurrimiento en la unidad se regulan por la posición del vertedero de salida, su ajuste se hace de manera inmediata a la entrada en operación de la unidad, el vertedero de salida es horizontal en su totalidad y se utiliza el propio líquido como indicador.

b) Medidor de caudal

Se hace por medio del Medidor Parshall, la cual facilita la medición de la porción de agua que fluye por un canal. La cual se constituye por 3 partes esenciales: La entrada que se encuentra formada por 2 paredes verticales simétricas, convergentes y de plantilla horizontal. La garganta (W) conformada por dos paredes verticales y paralelas con la plantilla inclinada hacia abajo. La salida que se encuentra formada por 2 paredes verticales divergentes y la plantilla que está inclinada hacia arriba de manera ligera.

c) Tanque Imhoff

Dispone de doble cámara y se usa como una unidad para poder tratar el agua residual proveniente de aquellas zonas residenciales que poseen su sistema de alcantarillado. Este posee dos pisos; el superior en el que está la producción de la sedimentación; y el inferior en donde se halla la digestión del sólido sedimentado.

En 2018, la operación de los tanques Imhoff son simples, puesto que no requieren de partes mecánicas; asimismo, el efluente a tratar pasa por tratamientos preliminar de cribado y remoción de la arena. Se subdivide en tres partes: sedimentación, digestión del lodo; la ventilación y acumulación de natas (Vela 2018).

d) Lecho de Secado

El lodo proveniente del tanque Imhoff, tiene un procedimiento es completamente natural, debido a que el agua que se encuentra contenida en los lodos es filtrada por la gravedad, a través de los lechos filtrantes de arena y grava, y se recoge por unos ductos que están perforados para que se pueda conducir al cuerpo receptor final. El agua que está contenida en los lodos va a ser evaporada. Cuando se seca, el lodo es retirado y evacuado a un vertedero controlado o puede utilizarse como acondicionador de suelos.

e) Pozo de percolación

Es un pozo circular de absorción de diámetro de 1.6 m y altura de 2.50 m. Es un tratamiento secundario del agua residual, es instalado de manera adicional al Tanque Imhoff. Es importante señalar que el efluente que proviene del tanque Imhoff pasara

por medio del pozo. Recalcando que las paredes del pozo están revestidas de ladrillos o de piedras llegando al suelo circundante.

f) Filtro biológico.

Puede remover las cargas orgánicas dando un efluente con unas características mejores que unos efluentes de tratamiento primario.

g) Caseta de dosificación

El tanque para cloro tiene un volumen de 200 litros y un tanque dosificador de 18 litros conectados por una manguera, ambos tanques cuentan con una micro válvula.

h) Cámara de cloración

Se utiliza para la mezcla completa del producto químico desinfectante.

i) Línea del efluente

Consta de 200 m de tubería PVC UF ON 200 mm.

2.2.4. Normativa vigente

a) Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM

Establece los Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales. Los límites máximos permisibles (LMP) son la medida de la concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a una emisión, que al ser excedida causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente. Su cumplimiento es exigible legalmente por el MINAM y los organismos que conforman el sistema de Gestión Ambiental. Estos LMP se describen en la tabla 5.

Tabla 5. Límites Máximos Permisibles para los Efluentes de PTAR

| Parámetro | Unidad | LMP de efluentes para vertidos a cuerpos de agua |
|-------------------------------------|-----------|--|
| Aceites y grasas | mg/L | 20 |
| Coliformes termotolerantes | NMP/100MI | 10 000 |
| Demanda bioquímica de oxígeno (DBO) | mg/L | 100 |
| Demanda química de oxígeno (DQO) | mg/L | 200 |
| pH | Unidad | 6,5 – 8,5 |
| Sólidos totales en suspensión (SST) | mg/L | 150 |
| Temperatura | °C | < 35 |

Fuente: Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM

b) Norma Técnica OS.090 del Reglamento Nacional de Edificaciones, referente al desarrollo de proyectos de tratamiento de aguas residuales

En el artículo 4.3.11 establece que en ningún caso se permitirá la descarga de aguas residuales sin tratamiento a un cuerpo receptor, aun cuando los estudios del cuerpo receptor indiquen que no es necesario el tratamiento. Señala que el tratamiento mínimo que deberán recibir las aguas residuales antes de su descarga deberá ser el tratamiento primario. Es decir, un nivel de tratamiento capaz de remover la materia orgánica sedimentable, entre los que se encuentra el tanque Imhoff, el tanque séptico, el tanque o laguna de sedimentación y las lagunas en general; aunque, estas últimas se encuentren dentro de los procesos de tratamiento secundario, que es un objetivo adicional alcanzado mediante el tratamiento primario.

2.3. Definición de términos básicos

Grasas y aceites: En aguas residuales los aceites, grasas y ceras son los principales lípidos de importancia. El parámetro grasas y aceites incluye los esterés de ácidos grasos de cadena larga de hidrocarburos, comúnmente son un grupo ácido carboxílico en un extremo; materiales solubles en solventes orgánicos, pero muy insolubles en agua debido a la estructura larga hidrofobia del hidrocarburo. Estos compuestos sirven como alimento para las bacterias, puesto que pueden ser hidrolizados en los ácidos grasos y alcoholes correspondientes (Romero 2009).

Afluente: Aguas residuales crudas que proceden de la red de alcantarillado y fluye hacia dentro de un estanque, depósito o planta de tratamiento para ser tratada. Puede ser que

venga directamente de la fuente de las excretas o sea suministrado de forma controlada (Romero 2001).

Agua residual: Las aguas residuales contienen aproximadamente 99,9% de agua y el resto está constituido por materia sólida. Los residuos sólidos están conformados por materia mineral y materia orgánica. La materia mineral proviene de los subproductos desechados durante la vida cotidiana y de la calidad de las aguas de abastecimiento (Rojas 2002).

DBO (Demanda Bioquímica de Oxígeno): Es la cantidad de materia orgánica fácilmente biodegradable durante 5 días y a 20°C y corresponde a la cantidad de oxígeno necesaria para oxidar biológicamente la materia orgánica. La relación DQO/DBO₅ proporciona una indicación de la biodegradabilidad de las aguas residuales. (Rojas 2002)

DQO (Demanda Química de Oxígeno): Es la cantidad de oxígeno necesaria para la oxidación química de la materia orgánica. Esta prueba proporciona un medio indirecto de la concentración de materia orgánica en el agua residual (Rojas 2002).

Efluente: Un líquido que fluye hacia fuera del depósito confinado que lo contiene. Aguas negras, agua o cualquier otro líquido, parcial o totalmente tratado o en su estado natural, como puede ser el caso de la salida de un depósito o planta de tratamiento (Romero 2001).

Eficiencia: Término que se refiere a que una planta de aguas residuales está operando en perfectas condiciones, junto con adecuados niveles de operación y mantenimiento. Los efluentes tratados tendrán calidad físico-química y bacteriológica que los convertirán según la norma en aptos para el reúso, sin ocasionar riesgos para la salud (Sorrequieta 2004).

Límite Máximo Permisible (LMP): Concentración o grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a un efluente o a una emisión, que al ser excedido causa o puede causar daños a la salud, bienestar humano y al ambiente. La medición de un LMP, se realizan en los puntos de emisión y vertimiento (Jimeno 1998).

Monitoreo de la calidad del agua residual: es el proceso que permite obtener como resultado la medición de la calidad del agua residual, con el objeto de realizar el

seguimiento sobre la exposición de contaminantes a los usos de agua y el control a las fuentes de contaminación (RM N° 273-2013-VIVIENDA).

Oxígeno disuelto: Concentración de oxígeno en el agua que depende de la temperatura y la presión atmosférica, condicionante para el desarrollo de la vida acuática (RM N° 273-2013-VIVIENDA).

Sólidos totales. Se considera como el compuesto residual después de someter al agua a un proceso de evaporación entre 103 y 105°C. Los sólidos sedimentables, constituyen la cantidad de lodo que se obtendrá en la decantación primaria del agua residual (Arocutipa 2013).

Planta de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales (PTAR): Infraestructura y procesos que permiten la depuración de los parámetros contaminantes contenidos en las aguas residuales domésticas o municipales (RM N° 273-2013-VIVIENDA).

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1. Ubicación del trabajo de investigación

El presente trabajo de investigación se desarrolló en las instalaciones de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) del distrito de Sorochuco, provincia de Celendín, departamento de Cajamarca, cuyas coordenadas geográficas son: latitud de 6°54'51" y longitud de 78°14'58", a una altitud promedio de 2586 m s. n. m.

La accesibilidad para el desplazamiento al área de investigación se puede realizar por vía terrestre, contando con ruta: Cajamarca – Encañada – Agua Colorada – Sorochuco. Las instalaciones de la PTAR se encuentran ubicadas a una distancia de 0.76 Km de la ciudad capital del distrito.

Tabla 6. Accesibilidad a las instalaciones de la PTAR Sorochuco.

| Ruta | Origen | Destino | Distancia (Km) | Tipo de vía | Tiempo Aprox. |
|------|---------------|---------------|----------------|-------------|---------------|
| 1 | Cajamarca | Encañada | 31.84 | Asfaltado | 52 min |
| | Encañada | Agua Colorada | 43.49 | Asfaltado | 55 min |
| | Agua Colorada | Sorochuco | 28.29 | Afirmado | 1 h 40 min |

Fuente: Elaboración propia.

El distrito de Sorochuco tiene una población de 7 352 habitantes, según el censo nacional 2017: XII de población, VII de vivienda y III de comunidades indígenas; siendo la población de la zona urbana de Sorochuco, un total de 1 840 habitantes.

Según los valores del SENAMHI posee un clima húmedo y templado con temperaturas que oscilan entre 25.50 °C máxima y temperatura mínima de 9.00 °C, la temperatura media anual es de 13.70 °C; las precipitaciones pluviales promedio es de 915 mm/año.

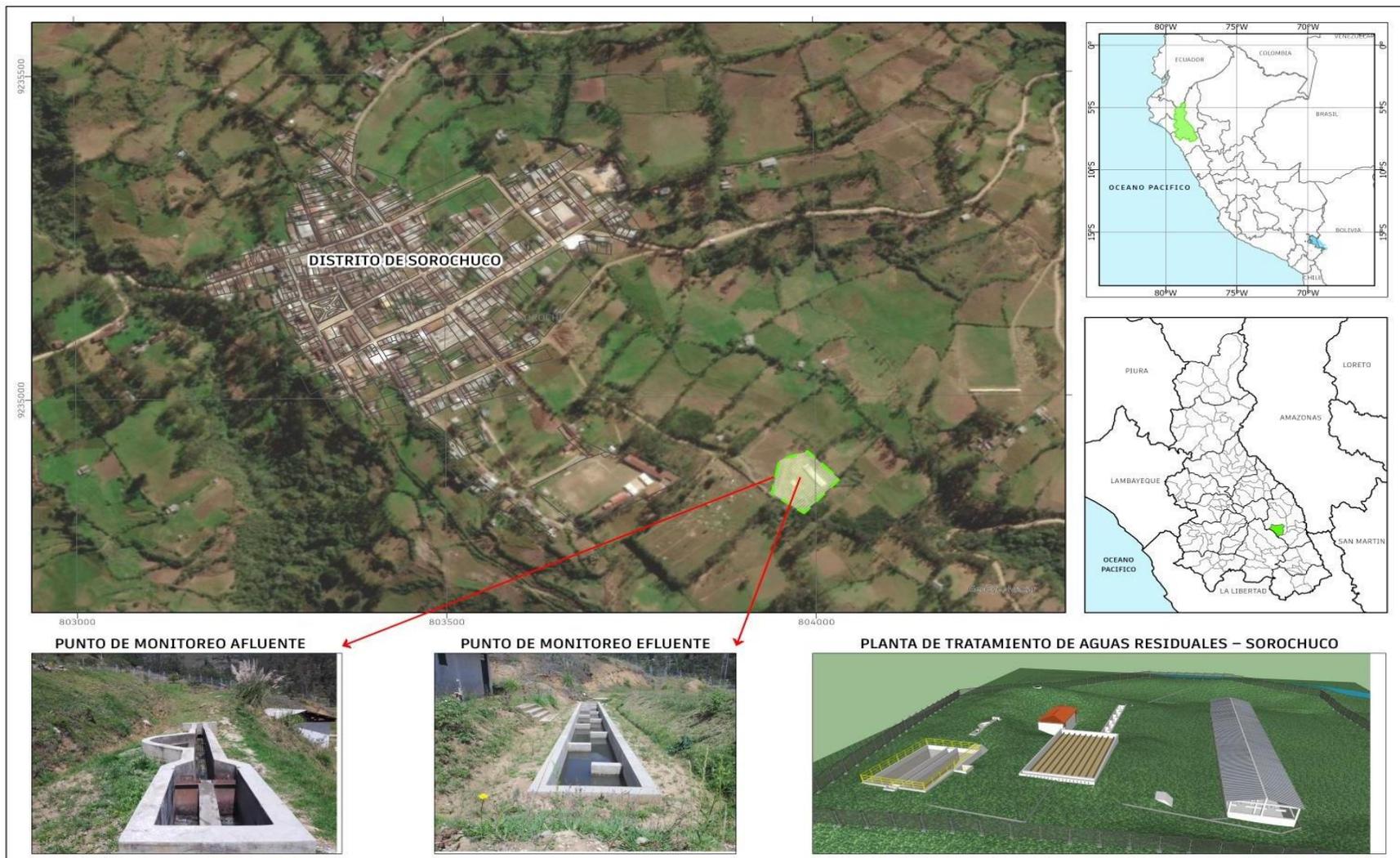


Figura 2. Ubicación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la localidad de Sorochuco.

3.2. Materiales

3.2.1. Material experimental

Muestras de agua residual del afluente y efluente de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del distrito de Sorochuco.

3.2.2. Material de campo

Sistema de Posicionamiento Global (GPS).

Cámara fotográfica digital.

Fichas de registro de campo.

Frascos etiquetados.

Etiquetas de identificación.

Plumón indeleble.

Cooler térmico.

Recipientes de plástico.

Cronómetro.

Lápiz.

3.2.3. Equipos de protección personal

Zapatos de seguridad

Lentes de seguridad

Guantes de látex descartables

Mascarilla descartable

3.3. Metodología

La investigación se realizó en tres etapas: trabajo de campo, trabajo de laboratorio y trabajo de gabinete.

3.3.1. Trabajo de campo

El trabajo de campo se inició con la preparación de materiales, equipos e indumentaria de protección.

Identificación de los puntos de monitoreo

Se identificaron dos puntos de muestreo en la planta de tratamiento de aguas residuales afluente (E1) y efluente (E2). Los datos del análisis obtenido de los puntos de muestreo, permitió determinar la eficiencia que tiene la planta de tratamiento de aguas residuales en la remoción de parámetros en estudio (DBO, DQO, SST, aceites y grasas).

La información obtenida del análisis de las muestras fue comparada con los Límites Máximos Permisibles aprobados mediante el D.S. N° 003-2010-MINAM. Se tomaron seis muestras para cada parámetro tanto en afluente como efluente.

Tabla 7. Coordenadas de los puntos de muestreo en la PTAR – Sorochuco

| Puntos de monitoreo | Coordenadas geográficas | | Altitud m s. n. m. |
|---------------------|-------------------------|------------|-----------------------|
| | Latitud | Longitud | |
| Afluente (E1) | 6°54'51"S | 78°14'58"O | 2586 |
| Efluente (E2) | 6°54'50"S | 78°14'57"O | 2582 |

Fuente: Elaboración propia.

Toma de muestra

La toma de muestras se realizó siguiendo el protocolo establecido por el Laboratorio Regional del Agua de Cajamarca y el Protocolo de Monitoreo de la Calidad de los Efluentes de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales (R.M. N° 273-2013-VIVIENDA). Los pasos que se siguieron fueron los siguientes:

Para la toma de muestras de DBO5, DQO y SST se utilizaron envases de plástico con tapa rosca, con respecto a las muestras de Aceites y Grasas se utilizaron recipientes de vidrio ámbar. Respecto a la rotulación de las muestras se etiquetaron y codificaron, también se indicó el origen, responsable, hora y fecha de la muestra.

Utilizando un pH digital Wiztech con ATC se realizó la lectura del pH y temperatura in situ, por la variabilidad de sus propiedades.

Para el envío de las muestras al laboratorio se siguió el protocolo recomendado (cadena de custodia), se verificó el cerrado de la muestra, volteando y observando que no exista fugaz

del contenido. Para su preservación se envió en un cooler térmico manteniendo una temperatura de refrigeración de 4 a 8 °C.

La siguiente tabla nos muestra el tipo de recipiente, volumen mínimo, así como los parámetros de preservación a tener en cuenta para cada muestra.

Tabla 8. Lista de parámetros analizados

| Parámetros | Unidad | Recipiente | Volumen de muestra | Preservación |
|-------------------------|----------------------|------------|--------------------|---|
| DBO | mg O ₂ /L | P | 1000 ml | Refrigerar |
| DQO | mg O ₂ /L | P | 500 ml | Analizar lo más pronto, o agregar H ₂ SO ₄ hasta pH < 2, Refrigerar |
| SST | mg/L | P | 500 ml | Refrigerar |
| PH | -- | P | -- | Análisis inmediato |
| T° | -- | P | -- | Análisis inmediato |
| Aceites y grasas | mg/L | V | 500 ml | Añadir HCL hasta pH < 2, Refrigerar |

Fuente: Elaboración propia.

NOTAS

P = plástico, V = vidrio.

S = simple o puntual, C = compuesta.

Refrigerar = almacenar a 4° C en ausencia de luz.

Frecuencia de monitoreo

La frecuencia de toma de muestra en cada punto fue dos veces por mes, en un periodo de tres meses, con la finalidad de medir los cambios en los parámetros fisicoquímicos, ligados al agua residual cruda y tratada en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Sorochuco.

En la siguiente tabla se muestra la frecuencia del monitoreo realizado, en fechas 30 noviembre de 2021 hasta el 21 de febrero de 2022, haciendo un total de 12 muestras por parámetro (afluente y efluente).

Tabla 9. Frecuencia de monitoreo.

| Parámetro | Unidad | Puntos de muestreo | Muestras | | | | | |
|------------------|----------------------|--------------------|----------|----|----|----|----|----|
| | | | M1 | M2 | M3 | M4 | M5 | M6 |
| DBO | mg O ₂ /L | Afluente (E1) | | | | | | |
| | | Efluente (E2) | | | | | | |
| DQO | mg O ₂ /L | Afluente (E1) | | | | | | |
| | | Efluente (E2) | | | | | | |
| SST | mg/L | Afluente (E1) | | | | | | |
| | | Efluente (E2) | | | | | | |
| Aceites y grasas | mg/L | Afluente (E1) | | | | | | |
| | | Efluente (E2) | | | | | | |
| pH | -- | Afluente (E1) | | | | | | |
| | | Efluente (E2) | | | | | | |
| T° | °C | Afluente (E1) | | | | | | |
| | | Efluente (E2) | | | | | | |

Fuente: Elaboración propia.

Medición de los parámetros de campo

Los parámetros pH y temperatura se determinaron in situ haciendo uso de un pH metro marca OAKTON modelo RS. En donde una vez calibrado el equipo, se midieron las muestras tanto del afluente y efluente.

Tabla 10. Parámetros de campo.

| Parámetro | Muestra | Instrumento |
|-----------|----------|---------------------------------------|
| pH | Afluente | Medidor de pH digital Wiztech con ATC |
| | Efluente | |
| T° | Afluente | |
| | Efluente | |

Fuente: Elaboración propia.

Las lecturas de los valores se registraron de forma inmediata, luego de tomar la muestra de agua.

Las mediciones fueron registradas en el formato de registro de datos de campo.

Se limpió el equipo de muestreo (medidor de pH) inmediatamente después de su uso y entre muestreo, a fin de evitar posibles alteraciones de los resultados, contaminaciones y deterioro de instrumentos.

3.3.2. Trabajo de laboratorio

Las muestras para el análisis de DBO, DQO, SST, aceites y grasas, fueron transportadas en un cooler (con un gel refrigerante en su interior) al Laboratorio Regional del Agua del Gobierno Regional de Cajamarca, para su análisis, en donde se utilizaron los siguientes métodos de ensayo, tal como se muestra en la tabla siguiente.

Tabla 11. Métodos de utilizados por el Laboratorio Regional del Agua Cajamarca

| Ensayo | Unidad | Método de Ensayo Utilizados |
|--|---------------------------|--|
| Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅) | <i>mg O₂/L</i> | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Parte 5210 B, 22 nd Ed. 2012: Demanda bioquímica de oxígeno (DBO). Prueba de DBO de 5 días. |
| Demanda Química de Oxígeno (DQO) | <i>mg O₂/L</i> | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Parte 5220 D, 23 rd Ed. 2017: Demanda química de oxígeno (DQO). Reflujo cerrado, método colorimétrico. |
| Sólidos Suspendidos Totales | <i>mg/L</i> | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Parte 2540 A, D, 22 nd Ed. 2012: Sólidos. Sólidos suspendidos totales secados a 103 - 105 ° C. |
| Aceites y Grasas | <i>mg/L</i> | Método EPA 1664 Rev. Bb. 2010: Material extraíble con n-hexano (HEMP; material extraíble con n-hexano tratado con aceite y grasa y gel de sílice (SGT-HEM; material Nom-polar) por extracción y gravimetría. |

Fuente: Laboratorio Regional del agua Cajamarca.

3.3.3. Trabajo de gabinete

En esta etapa se llevó a cabo el procesamiento y análisis de los datos, teniendo en cuenta el objetivo y la hipótesis de la investigación, que viene a ser la verificación de la eficiencia de la PTAR al ser comparados con los Límites Máximos Permisibles (LMP) para efluentes de PTAR vertidos a cuerpos de agua. Así mismo se realizaron la codificación, tabulación y revisión bibliográfica para la elaboración del informe final, para ello se tomaron en cuenta los siguientes cálculos:

Promedio de los datos analizados de cada parámetro

Determinamos en principio el promedio de los resultados obtenidos en los seis muestreos del afluente (E1) y efluente (E2) de la PTAR Sorochuco de la DBO, DQO, SST, pH, T°, y aceites y grasas; utilizando la siguiente fórmula matemática:

$$E = \frac{(E1 + E1 + E1 + E1 + E1 + E1)}{6}$$

Donde:

- E : Valor promedio de un determinado parámetro.
- E1... E1 : Valores individuales de un determinado muestreo.

Al determinar el promedio o la media aritmética de las muestras, obtenemos un dato representativo para cada uno de los parámetros analizados, permitiendo ser comparado con los LMP para efluentes de aguas residuales domésticas.

Determinación del grado de eficiencia de la PTAR

La determinación del grado de eficiencia de una planta de tratamiento de aguas residuales se ve directamente afectada por el ingreso de aguas residuales de tipo industrial a los sistemas de alcantarillado y los tiempos de retención hidráulica en las diferentes instalaciones del tratamiento. Para determinar la eficiencia se utilizó la siguiente fórmula matemática:

$$N = \frac{FZ - FA}{FZ} \times 100$$

Donde:

- N : Grado de eficiencia o porcentaje de remoción.
- FZ : Sumatoria de las cargas que ingresan a la planta.
- FA : Sumatoria de las cargas que salen de la planta.

El porcentaje de remoción que logra en los diversos parámetros en estudio DBO, DQO, SST, aceites y grasas, así como la estabilidad de pH y temperatura, permite verificar el grado de eficiencia o la capacidad operativa de la PTAR Sorochuco.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El presente trabajo de investigación, está orientado a determinar la eficiencia de la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas de Sorochuco en los parámetros DBO, DQO, SST, aceites y grasas, pH y temperatura, en ese orden se presentan los resultados y el porcentaje de eficiencia obtenido en cada parámetro analizado.

4.1. Eficiencia de la PTAR Sorochuco

De los resultados de las muestras analizadas en el Laboratorio Regional del Agua del Gobierno Regional Cajamarca mismo que es acreditado por el Organismo Peruano de Acreditación INACAL – DA con registro N.º LE-084 y resultados del análisis in situ, se calculó el promedio aritmético de cada parámetro tanto para el afluente como para el efluente.

Tabla 12. Promedio de datos analizados de cada parámetro del afluente

| Parámetros | Unidad | Resultado de datos analizados por cada parámetro | | | | | | Promedio |
|-------------------------|----------------|--|--------|-------|--------|-------|--------|--------------|
| | | M1 | M2 | M3 | M4 | M5 | M6 | |
| DBO | mg O2/L | 32.80 | 53.70 | 49.60 | 58.20 | 38.00 | 83.30 | 52.60 |
| DQO | mg O2/L | 54.70 | 100.90 | 91.80 | 100.90 | 54.00 | 140.00 | 90.38 |
| SST | mg/L | 40.50 | 27.20 | 29.00 | 34.70 | 37.50 | 73.30 | 40.37 |
| pH | -- | 7.85 | 7.81 | 7.56 | 7.64 | 7.68 | 7.72 | 7.71 |
| Temperatura | °C | 16.30 | 16.40 | 16.50 | 16.30 | 16.40 | 16.50 | 16.40 |
| Aceites y Grasas | mg/L | 5.50 | 13.10 | 8.30 | 4.30 | 4.50 | 11.30 | 7.83 |

Fuente: Ensayos de laboratorio N° 1221849, 1221878, 1221900, 1221918, 221087 y 0222101

Tabla 13. Promedio de datos analizados de cada parámetro del efluente

| Parámetros | Unidad | Resultado de datos analizados por cada parámetro | | | | | | Promedio |
|-------------------------|---------------------------|--|-------|-------|-------|-------|-------|--------------|
| | | M1 | M2 | M3 | M4 | M5 | M6 | |
| DBO | mg O₂/L | 9.30 | 9.80 | 6.40 | 7.30 | 9.00 | 5.30 | 7.85 |
| DQO | mg O₂/L | 37.0 | 27.30 | 19.40 | 33.1 | 23.20 | 26.50 | 27.75 |
| SST | mg/L | 15.50 | 7.60 | 19.80 | 6.20 | 5.00 | 54.20 | 18.05 |
| pH | -- | 7.39 | 7.29 | 7.04 | 7.19 | 7.43 | 7.45 | 7.30 |
| Temperatura | °C | 17.50 | 17.70 | 17.70 | 17.40 | 17.60 | 17.60 | 17.58 |
| Aceites y Grasas | mg/L | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 1.90 | 2.60 | 2.08 |

Fuente: Ensayos de laboratorio N° 1221849, 1221878, 1221900, 1221918, 221087 y 0222101

En resumen, se presenta la eficiencia de la Planta de tratamiento de aguas residuales Sorochuco, en los diferentes parámetros analizados. En la tabla 14 se muestran el porcentaje de remoción de DBO, DQO, SST, aceites y grasas. Con respecto al pH y la temperatura, estos parámetros en la PTAR Sorochuco se encuentra dentro de los rangos permitidos según el D.S. 003-2010-MINAM, que aprueba los LMP para los efluentes de agua domésticas.

Tabla 14. Eficiencia de remoción de la PTAR Sorochuco para cada parámetro evaluado.

| Parámetro | Unidad | Puntos de monitoreo | Resultado de datos analizados por cada parámetro | | | | | | Promedio | Porcentaje de remoción |
|-------------------------|---------------------------|---------------------|--|--------|-------|--------|-------|--------|----------|------------------------|
| | | | M1 | M2 | M3 | M4 | M5 | M6 | | |
| DBO₅ | mg O₂/L | Afluente (E1) | 32.80 | 53.70 | 49.60 | 58.20 | 38.00 | 83.30 | 52.60 | 85.08% |
| | | Efluente (E2) | 9.30 | 9.80 | 6.40 | 7.30 | 9.00 | 5.30 | 7.85 | |
| DQO | mg O₂/L | Afluente (E1) | 54.70 | 100.90 | 91.80 | 100.90 | 54.00 | 140.00 | 90.38 | 69.30% |
| | | Efluente (E2) | 37.00 | 27.30 | 19.40 | 33.10 | 23.20 | 26.50 | 27.75 | |
| SST | mg/L | Afluente (E1) | 40.50 | 27.20 | 29.00 | 34.70 | 37.50 | 73.30 | 40.37 | 55.28% |
| | | Efluente (E2) | 15.50 | 7.60 | 19.80 | 6.20 | 5.00 | 54.20 | 18.05 | |
| Aceites y Grasas | mg/L | Afluente (E1) | 5.50 | 13.10 | 8.30 | 4.30 | 4.50 | 11.30 | 7.83 | 73.40% |
| | | Efluente (E2) | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 1.90 | 2.60 | 2.08 | |

Fuente: Ensayos de laboratorio N° 1221849, 1221878, 1221900, 1221918, 221087 y 0222101

Como se muestra en la tabla anterior, la eficiencia de la planta de aguas residuales Sorochuco en la remoción de la DBO, DQO, SST y aceites y grasas, se encuentra por encima del 55.28%. A continuación se presenta el análisis correspondiente por cada parámetro evaluado.

4.2. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)

A continuación, se presenta los promedios obtenidos de las mediciones correspondientes a la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) en el afluente y efluente, y el porcentaje de eficiencia de la planta de tratamiento de aguas residuales Sorochuco en este parámetro.

Tabla 15. Porcentaje de remoción de DBO logrado por la PTAR Sorochuco.

| Parámetro | Punto de muestreo | Promedio | Porcentaje de remoción (%) |
|----------------------------|-------------------|----------|----------------------------|
| DBO (mg O ₂ /L) | E1 - Afluente | 52.60 | 85.08% |
| | E2 - Efluente | 7.85 | |

Fuente: Elaboración propia.

El promedio de la DBO del afluente de la planta de tratamiento de aguas residuales de Sorochuco es 52.60 mg O₂/L y el efluente, presenta una DBO promedio de 7.85 mg O₂/L, encontrando este valor por debajo de los Límites Máximos Permisibles de efluentes para vertidos en cuerpos de agua. Lo que nos da una eficiencia de tratamiento para este parámetro del 85.08%.

La figura siguiente, muestra los datos obtenidos en cada muestra analizada y una comparación con los LMP:

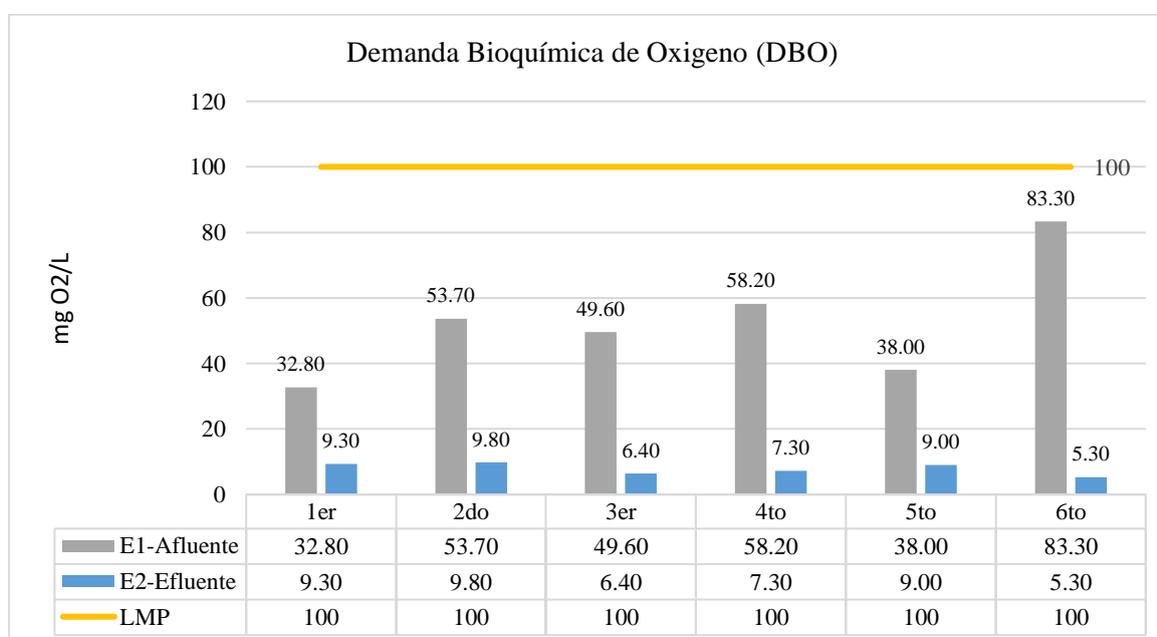


Figura 3. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) en la PTAR Sorochuco.

Como se observa en la figura anterior, los valores de la DBO de la PTAR de Sorochuco están por debajo de los LMP, mostrando un descenso significativo con relación a los datos obtenidos del efluente y afluente, llegando a tener un porcentaje de remoción del 85.08%. Este descenso se debe básicamente a la infraestructura y sistemas de tratamiento que posee la planta de tratamiento de aguas residuales de Sorochuco, como menciona Rodríguez *et al* (2015), la eficiencia de remoción de DBO del Tanque Imhoff es 40 % y el sedimentador primario posee una remoción de 25 a 40 %.

Al respecto diversos autores mencionan que, cuando se trata de aguas residuales domésticas, debe tener valores que fluctúen entre los 200 a 300 mg/L; mientras que Gill (2005) reporta que la DBO₅, de un agua residual doméstica debe de estar entre el rango de 100 – 400 mg/L, por otro lado, Satalaya (2015) quien cita a Findlater *et al.* y Rivera *et al.*, indican que el rango de 20 a 100 mg/L de DBO₅, es clasificada como agua levemente contaminada. Frente a lo expuesto por los diversos autores y según los datos encontrados del parámetro de la DBO₅, que no supera los 100mg/L.

4.3. Demanda Química de Oxígeno (DQO)

A continuación, se presenta los promedios obtenidos de los valores de las mediciones correspondientes a la Demanda Química de Oxígeno (DQO) en el afluente y efluente, y el porcentaje de eficiencia de la PTAR Sorochuco en este parámetro.

Tabla 16. Porcentaje de remoción de DQO logrado por la PTAR Sorochuco.

| Parámetro | Punto de muestreo | Promedio | Grado de eficiencia en % |
|----------------------------|-------------------|----------|--------------------------|
| DQO (mg O ₂ /L) | E1 - Afluente | 90.38 | 69.30% |
| | E2 - Efluente | 27.75 | |

Fuente: Elaboración propia.

El promedio de la DQO del afluente de la planta de tratamiento de aguas residuales de Sorochuco es 90.38 mg O₂/L y el efluente presenta una DQO promedio de 27.75 mg O₂/L, encontrando este valor por debajo de los límites máximos permisibles de efluentes para vertidos en cuerpos de agua, según el rango permisible requerido por D.S. N° 003-2010 DQO (200 mg/L). Lo que permite tener una eficiencia de tratamiento para este parámetro del 69.30%.

La figura siguiente, muestra los datos obtenidos en cada muestra analizada y una comparación con los LMP:

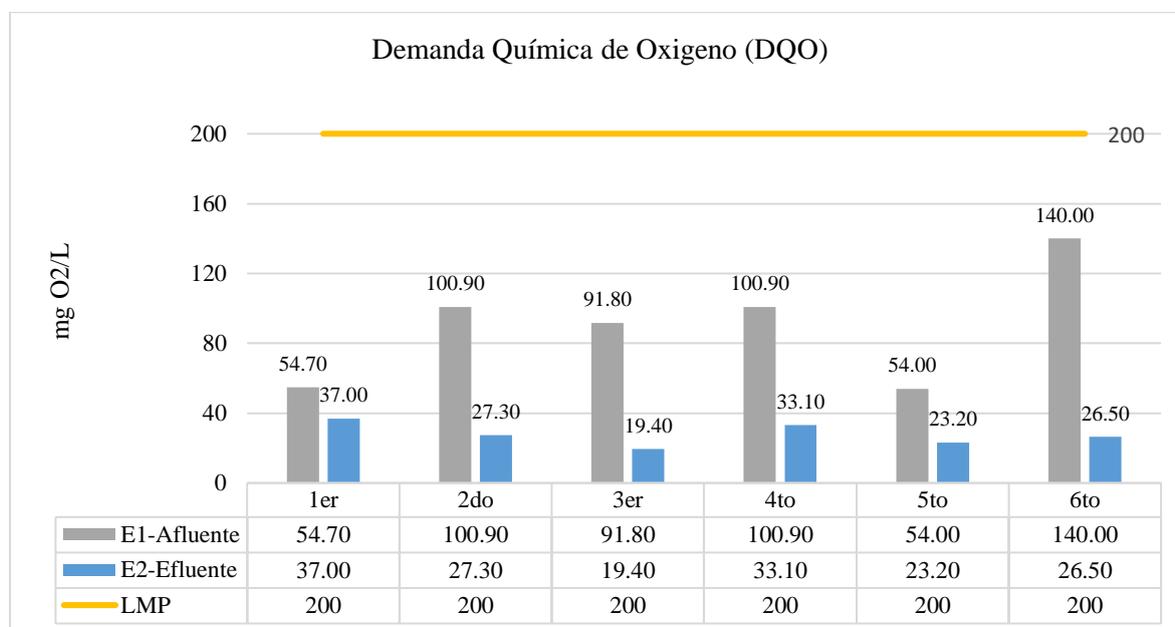


Figura 4. Demanda Química de Oxígeno (DQO) en la PTAR Sorochuco.

Como se observa en la figura anterior, los valores obtenidos de la DQO en cada una de las muestras de la PTAR de Sorochuco, están por debajo de los LMP, tanto el afluente como el efluente; se muestra un descenso significativo con relación a los datos obtenidos, llegando a tener un porcentaje de remoción del 69.30%.

Para los parámetros de la Demanda Química de Oxígeno (DQO) y Demanda Biológica de Oxígeno a los 5 días (DBO₅) no existen valores máximos permisibles en la normativa nacional solo habla de un modelo de reducción progresiva al cual se debe aplicar la planta, pero no exige un valor estándar de cumplimiento como sucede con los otros parámetros. Estos parámetros determinan la calidad de las aguas y son de gran utilidad en el análisis y depuración de aguas residuales, primero por la información que ofrecen en cuanto al estado de las aguas y segundo porque informan directamente sobre el estado de las aguas durante su tratamiento (Satalaya 2015). El valor de la DQO es siempre superior al de la DBO₅, a consecuencias de muchas sustancias orgánicas que pueden oxidarse químicamente, pero no biológicamente.

4.4. Sólidos Suspendidos Totales (SST)

A continuación, se presenta los promedios obtenidos de los valores de las mediciones correspondientes a los Sólidos Suspendidos Totales (SST) en el afluente y efluente, y el porcentaje de eficiencia de la PTAR Sorochuco en este parámetro.

Tabla 17. Porcentaje de remoción de SST logrado por la PTAR Sorochuco.

| Parámetro | Punto de muestreo | Promedio | Grado de eficiencia en % |
|------------|-------------------|------------|--------------------------|
| SST (mg/L) | E1 - Afluente | 40.37 mg/L | 55.28% |
| | E2 - Efluente | 18.05 mg/L | |

Fuente: Elaboración propia.

El promedio de los SST del afluente de la planta de tratamiento de aguas residuales de Sorochuco es 40.37 mg/L y el efluente, presenta SST un promedio de 18.05 mg/L, encontrando este valor por debajo de los límites máximos permisibles de efluentes para vertidos en cuerpos de agua. Lo que nos da una eficiencia de tratamiento para este parámetro del 55.28%.

La figura siguiente, nos muestra los datos obtenidos en cada muestra analizada de los sólidos suspendidos totales (mg/L) y una comparación con los LMP:

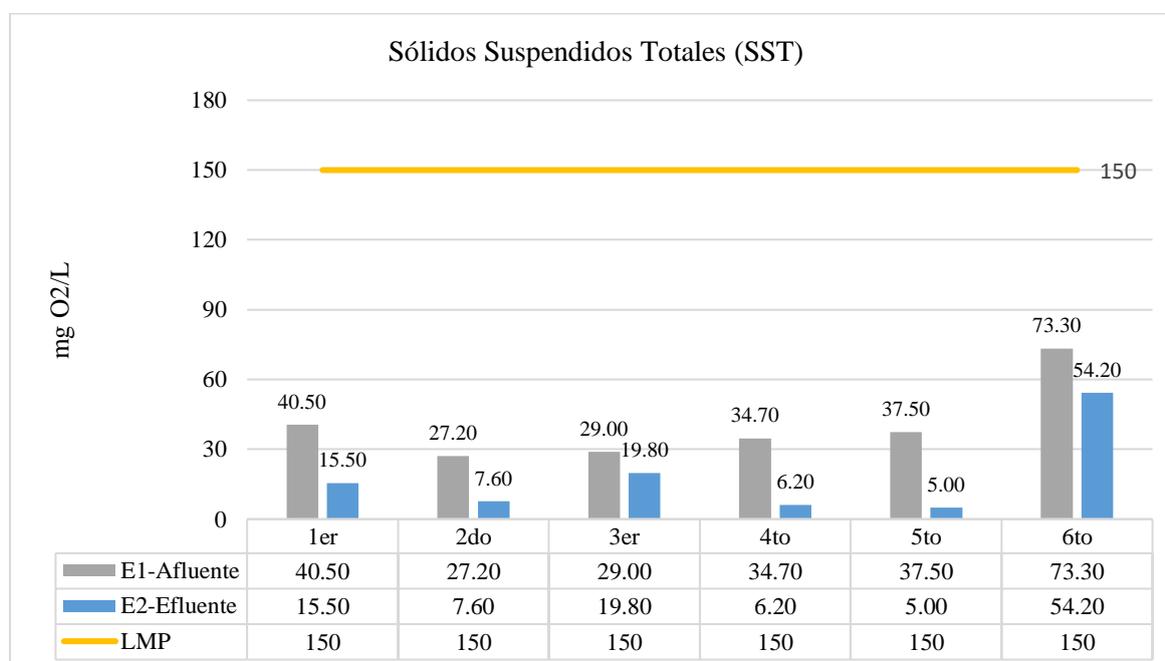


Figura 5. Sólidos Suspendidos Totales (SST) en la PTAR de Sorochuco.

Como se muestra en la figura anterior, los valores de SST del efluente de la PTAR de Sorochuco presentan un descenso de 55.28% con relación al ingreso. Este descenso se debe básicamente a que el tanque imhoff elimina del 40 al 50% de sólidos suspendidos (OPS 2005) y la remoción SST de los filtros biológicos es de 80 – 95% (Romero 2000).

4.5. Aceites y grasas

A continuación, presenta los promedios obtenidos de los valores de las mediciones del parámetro aceites y grasas en el afluente y efluente, y el porcentaje de eficiencia de la PTAR de Sorochuco.

Tabla 18. Porcentaje de remoción de aceites y grasas logrado por la PTAR Sorochuco.

| Parámetro | Punto de muestreo | Promedio | Grado de eficiencia en % |
|----------------------------|--------------------------|-----------------|---------------------------------|
| Aceites y Grasas (mg/L) | E1 - Afluente | 7.83 | 73.40% |
| | E2 - Efluente | 2.08 | |

Fuente: Elaboración propia.

El promedio de aceites y grasas del afluente de la planta de tratamiento de aguas residuales de Sorochuco es 7.83 mg/L y el efluente presenta aceites y grasas un promedio de 2.08 mg/L, encontrando este valor por debajo de los Límites Máximos Permisibles de efluentes para vertidos en cuerpos de agua. Lo que nos da una eficiencia de tratamiento para este parámetro del 73.40%.

La figura siguiente, muestra los datos obtenidos en cada muestra analizada y una comparación con los LMP:

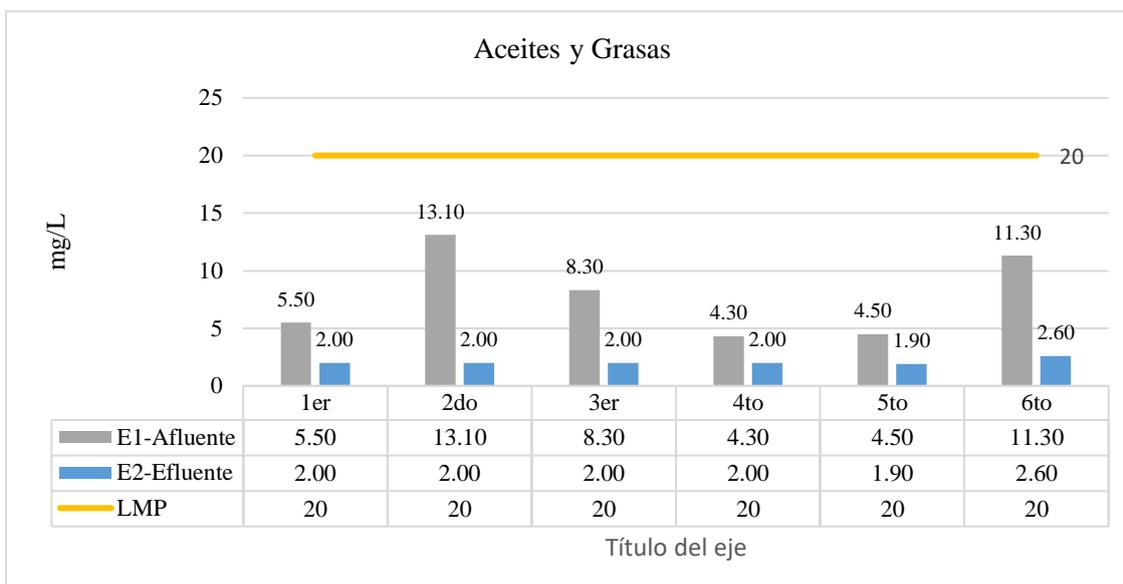


Figura 6. Registro de los Aceites y Grasas en la PTAR Sorochuco.

Como se muestra en la figura anterior, los valores de aceites y grasas que salen de la PTAR de Sorochuco presentan un descenso de 73.40% con relación al ingreso. La eliminación de los aceites y grasas, previene impactos negativos en el cuerpo receptor del efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales, teniendo en cuenta que los aceites y grasas provenientes de la basura producida por el hombre, estas grasas pueden causar daños en los procesos de limpieza por su viscosidad, obstruyendo las rejillas, ductos o impidiendo la correcta aireación en los sistemas (Molina y Trigreros 2005:46).

4.6. Potencial de hidrogeno (pH)

A continuación, se presenta los promedios obtenidos de los valores de las mediciones correspondientes al Potencial de Hidrogeno (pH) en el afluyente y efluente, de la planta de tratamiento de aguas residuales de Sorochuco.

Tabla 19. Registro de pH en la PTAR Sorochuco.

| Parámetro | Punto de muestreo | Promedio |
|-----------|-------------------|----------|
| pH | E1 - Afluyente | 7.71 |
| | E2 - Efluente | 7.30 |

Fuente: Elaboración propia.

La figura siguiente, se muestra los valores del pH en el afluente y efluente de la PTAR de Sorochuco, presentando una ligera disminución de este parámetro en el efluente con relación al afluente.

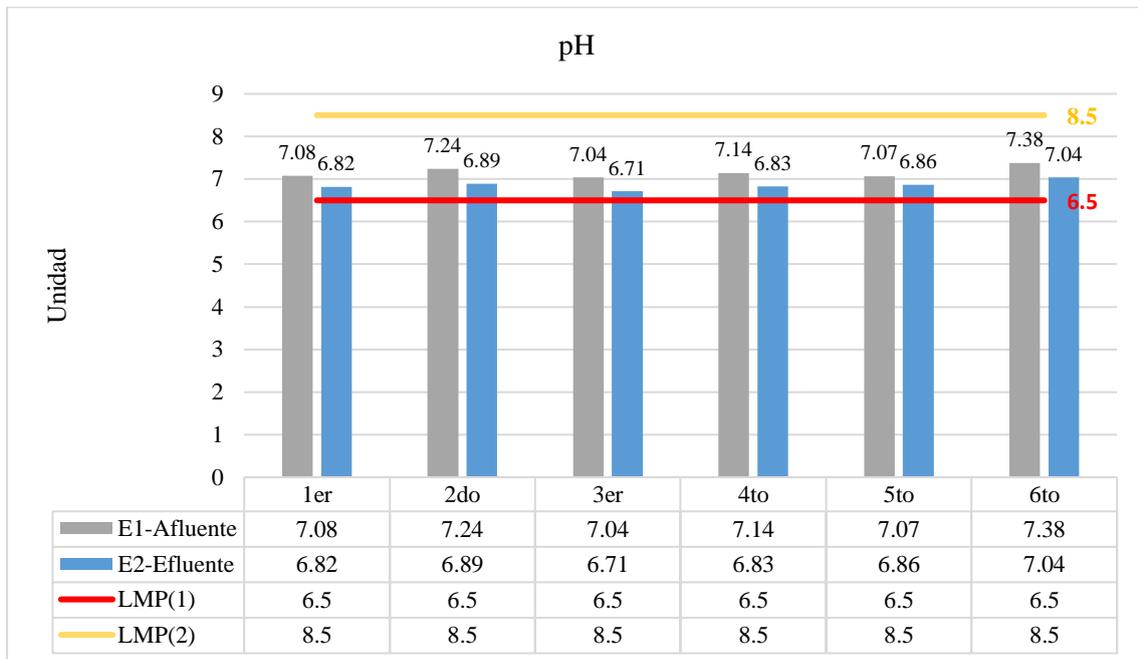


Figura 7. Registro del pH en la PTAR Sorochuco.

La figura anterior, muestra los valores del pH del afluente de la PTAR de Sorochuco que tienden a disminuir con relación al efluente. Así mismo, comparando el valor promedio del pH 7.30 del con los LMP para efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas y municipales, este se encuentra dentro de los LMP según D.S. 003 – 2010 – MINAM. Montenegro (2016), sustenta que el pH del efluente en las PTAR se mantiene en el rango de 7.3 y 7.8. En la planta de tratamiento de aguas residuales de Parco en Bagua, disminuye de 7.617 que es valor de pH en el afluente a 7.48 valor obtenido en el efluente. Según lo analizado el pH del afluente tiende a disminuir, debido a los procesos que se llevan a cabo en las plantas de tratamiento de aguas residuales, lo que favorece para mantener a los valores de este parámetro dentro del rango permitido por la normativa.

4.7. Temperatura (T°)

A continuación, se muestra los promedios obtenidos de las mediciones realizadas al parámetro temperatura (T°) en el afluente y efluente de la PTAR Sorochuco, mostrando que la temperatura aumenta parcialmente en el efluente.

Tabla 20. Registro de Temperatura en la PTAR Sorochuco.

| Parámetro | Punto de muestreo | Promedio |
|------------------|-------------------|----------|
| Temperatura (°C) | E1 - Afluente | 16.40 |
| | E2 - Efluente | 17.58 |

Fuente: Elaboración propia.

El promedio de la temperatura del afluente de la planta de tratamiento de aguas residuales de Sorochuco es 16.40 °C y el efluente presenta una T° promedio de 17.58 °C, encontrando este valor por debajo de los Límites Máximos Permisibles de efluentes para vertidos en cuerpos de agua.

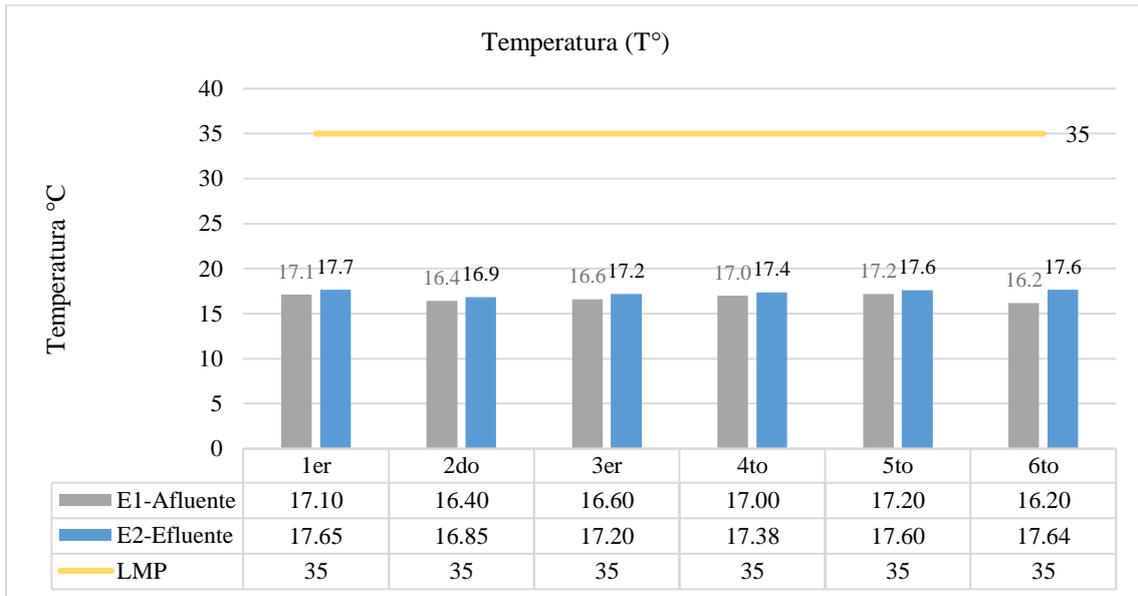


Figura 8. Temperatura (°C) en la PTAR Sorochuco.

La figura anterior, muestra la variación existente en la temperatura, tanto en el afluente como en el efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales, determinando un aumento parcial en la temperatura del efluente.

La medición de la temperatura es importante, muchos sistemas de tratamientos de agua residuales incluyen procesos biológicos que dependen de este parámetro. Este parámetro varía según la estación y la posición geográfica. En regiones frías, la temperatura del agua residual, varía entre 7 a 18 °C, mientras que en regiones cálidas la variación será de 13 a 30 °C (Satalaya 2015).

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domesticas del distrito de Sorochuco es eficiente en la remoción de materia orgánica, 69.30% DBO, un 85.08% en DQO, el 55.28% en SST y el 73.40% en aceites y grasas; el potencial de Hidrógeno tiene un valor de 7.30 y la Temperatura promedio es de 17.58°C. No obstante, se asume que los porcentajes de la eficiencia encontrada, se deben a las bajas concentraciones de los parámetros analizados en las aguas residuales que ingresan a la PTAR.

Los valores promedio del afluente obtenidos son: DBO 52.60 mg O₂/L, DQO 90.38 mg O₂/L, SST 40.37 mg/L, aceites y grasas de 7.83 mg/L, el potencial de Hidrógeno 7.71 y la temperatura es de 16.40 °C.

Los valores promedio obtenidos del efluente es de: DBO son de 7.85 mg O₂/L, DQO 27.75 mg O₂/L, SST 18.05 mg/L, aceites y grasas de 2.08 mg/L, el potencial de Hidrógeno 7.30 y la temperatura es de 17.58 °C.

Al comparar los resultados obtenidos con los límites máximos permisibles para efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales domesticas o municipales aprobados mediante Decreto Supremo N.º 003-2010-MINAM, éstos se encuentran dentro de los rangos establecidos para cada parámetro.

4.2. Recomendaciones

Se recomienda elaborar estudios referidos a la eficiencia de la planta de tratamiento de aguas residuales, teniendo en cuenta el crecimiento demográfico de la ciudad de Sorochuco.

Realizar similares trabajos de investigación que permitan determinar porque las concentraciones del agua residual que ingresa a la PTAR es baja en los parámetros estudiados, lo que permitirá una mejor evaluación de su eficiencia.

CAPÍTULO VI

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arocutipa Lorenzo, JL. 2013. Evaluación y propuesta técnica de una planta de tratamiento de aguas residuales en Massiapo del distrito de Alto Inambari - Sandia. Tesis. Ing. Agrícola. Puno, Perú, UNA. 26 p.
- Bermeo Garay, M. (2016). Tratamiento de aguas residuales: técnicas convencionales. En M. A. Flórez Góngora (Ed.), Ecuador: Renovación Urbana, Renovacion Humana (pp. 80-100). Empresa de Renovación Urbana.
- Tchobanoglous, G. 1996. Tratamiento de aguas residuales en pequeñas poblaciones. Bogotá, Colombia, McGraW-Hill Interamericana, S.A. p. 687, 688.
- Crites, R, Tchobanoglous G. 2000, Tratamiento de Aguas Residuales. (en línea). En Pequeñas Poblaciones. Primera edición. Editorial McGraw-Hill. Bogotá Colombia. 776p. Consultado 12 mar. 2021. Disponible en: <http://bookparadise.cloud/pdf?title=Tratamiento+de+aguas+residuales+enpeque%C3%B1as+poblaciones&geo=es&i=OTc4LTk1ODQxMDA0Mjk%3D&src=blogspot>.
- Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM, 2010. Límites Máximos Permisibles (LMP) para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales. Diario Oficial El Peruano. Perú. 17 mar.
- Decreto Supremo N° 011-2006-VIVIENDA, 2006. Reglamento nacional de edificaciones. Norma OS.090. Plantas de tratamiento de aguas residuales. Diario Oficial El Peruano.

- García Ruesta, C. 2008. Evaluación, optimización y rediseño de las lagunas de estabilización el Cucho, Sullana. Tesis. Mag. Gestión y Auditorías Ambientales. Piura, Perú, Universidad de Piura. 4-6 p.
- Gil, M. 2005. Proceso de descontaminación de aguas. Cálculos avanzados informatizados. Internacional Thomson Editores Spain Paraninfo, S.A. España. 560 p.
- Hillbeboe, HE. 2005. Manual de Tratamiento de Aguas Negras. En H. E. Hillbeboe, Manual de Tratamiento de Aguas Negras. México. Editorial Limusa. p 34-38.
- Jimeno, E. 1998. Análisis de Aguas y Desagües, 2da. Edición, Lima, Perú.
- Martínez Bardales, MD. 2016. Eficiencia en la remoción de la demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno y sólidos suspendidos totales en la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Celendín. Tesis. Ing. Ambiental. Cajamarca, Perú, UNC. 68 p.
- Mejía Arias, FP. 2016. Eficiencia del tratamiento de aguas residuales domésticas mediante un biodigestor prefabricado en la subestación eléctrica Cotaruse – Apurímac. Tesis. Ing. Agro. Lima, Perú, Universidad Nacional Agraria La Molina. Consultado 27 mar. 2021. Disponible en http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/2591/P10_M43-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- Merchán Peñafiel, JF. 2018. Evaluación y propuesta de mejora de la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas de la urbanización fuentes del río. Cantón Daule. Tesis Ing. Civil, Sanitaria. Guayaquil, Ecuador, UG. 107 p.
- Metcalf y Eddy .1991. Wastewater Engineering- Treatment, disposal and reuse, 3rd. Edition, New York, USA.
- Metcalf, & Eddy. 1995. Ingeniería de las aguas residuales, volumen I Tratamiento, Vertido y Reutilización. Tercera edición, McGraw-Hill. Madrid. 1507p. Consultado 26 mar. 2021. Disponible en: https://drive.google.com/file/d/1pSeZ6x_nfxCeOApWKPHik1RFo0YISMMp/view.

- Metcalf y Eddy. 2003. tratamiento, vertido y reutilización. McGraW-Hill España.
- Molina MA; Tigreros Gutiérrez, JL. 2005. Evaluación preliminar de la remoción de sólidos suspendidos en el sistema de tratamiento de aguas residuales del Municipio de Arauca. Tesis Ing. Amb. Colombia, UNC-Arauca. 112p. Consultado 27 mar. 2021. Disponible en <https://core.ac.uk/download/pdf/11054819.pdf>.
- Montenegro Juárez, JC. 2016. Eficiencia de la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas del distrito el parco, Bagua, Amazonas, abril – octubre 2013. Tesis, MSc. Lambayeque, Perú, UNPRG. 60 p.
- Noyola, A; Morgan, JM; Patricia, L. 2013. Selección de Tecnologías para el Tratamiento de Aguas Residuales Municipales (en línea). Guía de apoyo para ciudades pequeñas y medianas. Primera edición. Pérez, RE (dis.). México, 140p. Consultado 14 mar. 2021. Disponible en: http://www.pronaturasur.org/web/docs/Tecnologia_Aguas_Residuales.pdf.
- Raccbumí Linares, KCG. 2016. Determinación del grado de eficiencia de la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas en la localidad de Segunda Jerusalén- Rioja 2014. Tesis. Ing. Ambiental. San Martín, Perú, UNSM. 56 p.
- Resolución Ministerial N° 273-2013-VIVIENDA, 2013. Aprueban el Protocolo de Monitoreo de la Calidad de los Efluentes de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales-PTAR. Diario Oficial El Peruano. Perú. 30 oct.
- Rigola, Peña. M. 1999. Tratamiento de aguas Industriales (en línea). Alfa omega grupo editor S.A. Marcombo. México. 160p. Consultado 20 mar. 2021. Disponible en: <https://www.casadellibro.com/libro-tratamiento-de-aguas-industrialesaguas-de-proceso-y-residuales/9788426707406/14480>.
- Rojas, R. 2002. Gestión integral de tratamiento de aguas residuales. CEPIS/OPS-OMS.
- Romero Rojas, J. 2000. Tratamiento de aguas residuales. Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería. Bogotá.

- Romero Rojas, J. 2004. Tratamiento de aguas residuales: Teoría y principios de diseño. 3ed. Bogotá, Colombia, Escuela Colombiana de Ingeniería. 1254p.
- Romero Rojas, J. 2009. Calidad del agua. 3 ed. Colombia, Escuela Colombiana de Ingeniería. p.175, 186,197.
- Rossi L.2010. Oportunidades de Mejoras Ambientales por el Tratamiento de Aguas Residuales en el Perú (en línea). Fondo Nacional del Ambiente – Perú. Primera edición. 37p. Consultado 26 mar. 2021. Disponible en: <http://repositorio.unp.edu.pe/bitstream/handle/UNP/1768/INDRAMANC19.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Sánchez, J. 2003. Evaluación y monitoreo microbiológica y fisicoquímico de una planta de tratamiento de agua residual por rizofiltración, en una empresa productora de discos compactados. Tesis Microbiología Industrial. Colombia, PUJ.
- Satalaya Vicente, K. 2015. Evaluación de la eficiencia del tratamiento de aguas residuales domésticas en las lagunas de estabilización de la ciudad de Uchiza (en línea). Tesis Ing. Recursos Naturales Renovables, UNAS. 110p. Consultado 27 mar. 2021. Disponible en <http://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/1042/CSA2015003.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Sorrequieta, A. 2004. Aguas residuales: Reuso y tratamiento. Lagunas de estabilización: Una opción para Latinoamérica (en línea). 30 p. consultado 10 sep. 2018. Disponible en: www.fbioyf.unr.edu.arenvirtualpluginfile.php2784mod_resourcecontent02_Aguas_residuales_protegido_.pdf.
- Vela Ríos, IM. 2018. Eficiencia de un Tanque Imhoff-HA a escala, para mejorar la calidad de las aguas servidas municipales del distrito de Habana, Moyobamba. Tesis. Ing. Sanitario. Moyobamba, Perú, UNSM. 12 p.

CAPÍTULO VII

ANEXOS

Anexo 01: Solicitud de información de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Sorochuco.

Anexo 02: Autorización para la toma de muestras en las instalaciones de la PTAR - Sorochuco

Anexo 03: Solicitud de Toma de Muestras a la Municipalidad Distrital de Sorochuco.

Anexo 04: Autorización de Toma de Muestras por parte de la Municipalidad.

Anexo 05: Resultados de laboratorio.

Anexo 06: Planos del sistema de diseño de la Tratamiento de Aguas Residuales.

Anexo 07: Panel fotográfico.

Anexo 01: Solicitud de información de la planta de tratamiento de aguas residuales de Sorochuco.

Sorochuco, 06 de mayo del 2019
Carta-KAC-02/2019

Señor,
Jorge Becerra Chávez
ALCALDE DISTRITAL DE SOROCHUCO
Jr. Amazonas N° 213 – Sorochuco – Celendín - Cajamarca



Presente.

Atención: **Área de Saneamiento y Medio Ambiente**

Asunto: **Solicitud de información referente a la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales – Sorochuco.**

De mi mayor consideración:

Me dirijo a usted para saludarlo cordialmente, y a la vez comunicarle que mediante resolución de consejo de facultad (N° 652-2018-FCA-UNC) de la universidad nacional de Cajamarca, se aprobó el proyecto de tesis denominado "Eficiencia de la planta de tratamiento de aguas residuales domesticas en los parámetros de DBO, DQO, SST, PH, T°, aceites y grasas en Sorochuco, Celendin, Cajamarca" para la obtención del título profesional de ingeniero ambiental. Y en tal sentido, solicito a usted, me brinde la siguiente información:

- Período y fechas de mantenimiento de la planta de tratamiento de aguas residuales.
- Planos en formato DWG de la planta de tratamiento de aguas residuales.
- Copia del expediente técnico de la planta de tratamiento de aguas residuales.

Sin otro particular y agradeciéndole de ante mano su gentil colaboración, me despido.

Atentamente.



Kenny Alalaya Campos
DNI: 46185006
Tesisista

Anexo 02: Solicitud de toma de muestras a la municipalidad distrital de Sorochuco.

Lima, 26 de noviembre del 2021



Carta N.º 001-2021/KAC

Señor:

Jorge Becerra Chávez

ALCALDE DISTRITAL DE SOROCHUCO

Jr. Amazonas n.º 213 – Sorochuco – Celendín – Cajamarca

Presente.-



Atención: Área de Saneamiento y Medio Ambiente

Asunto: **Autorización para la toma de muestras en las instalaciones de la planta de tratamiento de aguas residuales de los parámetros de (DBO, DQO, SST, Tº, pH, Aceites y grasas)**

De nuestra consideración:

Me dirijo a usted para saludarle, y a la vez comunicarle que me encuentro desarrollando mi tesis titulada **"Eficiencia de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas en los Parámetros DBO, DQO, SST, PH, Tº, aceites y grasas, en Sorochuco, Celendín, Cajamarca"**; para obtener el título profesional de ingeniero ambiental; mismo que se desarrollara en las instalaciones anteriormente mencionadas.

Para tal finalidad, solicito a usted, me autorice para la toma de muestras en los parámetros de (DBO, DQO, SST, T, pH, Aceites y grasas) en las instalaciones de la planta de tratamiento de aguas residuales y así poder continuar con el desarrollo de mi tesis de investigación, cuyos resultados serán de gran aporte para nuestra localidad.


Kenny Atalaya Campos
DNI N.º 46185006



Municipalidad Distrital de Sorochuco
Dr. Amayusa K. Elz Plaza de Armas



Sorochuco, 29 de noviembre de 2021.

Sr:

Kenny Atalaya Campos

Asunto: **Respuesta a autorización**

Cordial Saludo,

El motivo de la presente es brindar respuesta a su petición, mediante el cual requiere la autorización para la toma de muestras en las instalaciones de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), que esta administrada por la Municipalidad Distrital de Sorochuco, a cargo de la Sub Gerencia de Desarrollo Económico Y gestión Ambiental. En relación con ello, debemos proceder. **Que, si será atendida la solicitud**, ya que la planta de tratamiento de la localidad de Sorochuco, se encuentra en Óptimas condiciones y funcionamiento continuo. Esperando de los resultados sean óptimos para sus intereses personales y así mismo para que nuestra entidad demuestre la eficiencia de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la Localidad de Sorochuco.

No siendo más, quedamos a su disposición y esperamos su pronta visita.

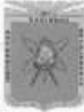
Atentamente,

MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE
SOROCHUCO

Por Cuidado requerido
SE DEPARTAMENTO DE DESARROLLO Y GESTIÓN AMBIENTAL

Anexo 04: Autorización de Toma de Muestras por parte de la Municipalidad.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental



ACTA DE TOMA DE MUESTRAS

Proyecto "Eficiencia de la planta de tratamiento de aguas residuales domesticas en los parámetros de DBO, DQO, SST, PH, T°, aceites y grasas en Sorochuco, Celendin, Cajamarca"

| CÓDIGO DE MUESTRA | LUGAR | FECHA | RESPONSABLE |
|-------------------|------------------|------------|----------------------|
| H-01 | PTAR - Sorochuco | 10/12/2018 | NOE CHACON IZQUIERDO |

MUNICIPALIDAD DISTRITAL
SOROCHUCO
Noe Chacón Izquierdo
SUB GERENTE DE DES. SIDA. Y GESTIÓN

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental



ACTA DE TOMA DE MUESTRAS

Proyecto "Eficiencia de la planta de tratamiento de aguas residuales domesticas en los parámetros de DBO, DQO, SST, PH, T°, aceites y grasas en Sorochuco, Celendin, Cajamarca"

| CÓDIGO DE MUESTRA | LUGAR | FECHA | RESPONSABLE |
|-------------------|------------------|------------|----------------------|
| H-02 | PTAR - Sorochuco | 27/12/2018 | NOE CHACON IZQUIERDO |

MUNICIPALIDAD DISTRITAL
SOROCHUCO
Noe Chacón Izquierdo
SUB GERENTE DE DES. SIDA. Y GESTIÓN



ACTA DE TOMA DE MUESTRAS

Proyecto "Eficiencia de la planta de tratamiento de aguas residuales domesticas en los parámetros de DBO, DQO, SST, PH, T°, aceites y grasas en Sorochuco, Celendín, Cajamarca"

| CÓDIGO DE MUESTRA | LUGAR | FECHA | RESPONSABLE |
|-------------------|-----------------|------------|----------------------|
| H-03 | PTAR- Sorochuco | 14/01/2019 | NOE CHACON IZQUIERDO |

MUNICIPALIDAD DISTRITAL
SOROCHUCO
Noe Chacón Izquierdo
ALCALDE DE S.O. LOCAL Y SECCIÓN

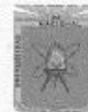


ACTA DE TOMA DE MUESTRAS

Proyecto "Eficiencia de la planta de tratamiento de aguas residuales domesticas en los parámetros de DBO, DQO, SST, PH, T°, aceites y grasas en Sorochuco, Celendín, Cajamarca"

| CÓDIGO DE MUESTRA | LUGAR | FECHA | RESPONSABLE |
|-------------------|-----------------|------------|----------------------|
| H-04 | PTAR- Sorochuco | 31/01/2019 | NOE CHACON IZQUIERDO |

MUNICIPALIDAD DISTRITAL
SOROCHUCO
Noe Chacón Izquierdo
ALCALDE DE S.O. LOCAL Y SECCIÓN

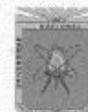


ACTA DE TOMA DE MUESTRAS

Proyecto "Eficiencia de la planta de tratamiento de aguas residuales domesticas en los parámetros de DBO, DQO, SST, PH, T°, aceites y grasas en Sorochocho, Celendín, Cajamarca"

| CÓDIGO DE MUESTRA | LUGAR | FECHA | RESPONSABLE |
|-------------------|-------------------|------------|----------------------|
| M-05 | PTAR - Sorochocho | 19/02/2019 | NOE CHACON IZQUIERDO |

MUNICIPALIDAD DISTRITAL
SOROCHUCHO
Noe Chacon Izquierdo
SUO GERENTE DE REG. COG. Y GESTION



ACTA DE TOMA DE MUESTRAS

Proyecto "Eficiencia de la planta de tratamiento de aguas residuales domesticas en los parámetros de DBO, DQO, SST, PH, T°, aceites y grasas en Sorochocho, Celendín, Cajamarca"

| CÓDIGO DE MUESTRA | LUGAR | FECHA | RESPONSABLE |
|-------------------|-------------------|------------|----------------------|
| M-06 | PTAR - Sorochocho | 07/02/2019 | NOE CHACON IZQUIERDO |

MUNICIPALIDAD DISTRITAL
SOROCHUCHO
Noe Chacon Izquierdo
SUO GERENTE DE REG. COG. Y GESTION

Anexo 05: Resultados de laboratorio.



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 1221849

| ENSAYOS | | | QUÍMICOS | | | | | |
|---|----------------------|--------|------------------------|-----------------------|---|---|---|---|
| Código de la Muestra | | | E1-DQO-KAC | E2-DQO-KAC | - | - | - | - |
| Código Laboratorio | | | 1221849-01 | 1221849-02 | - | - | - | - |
| Matriz | | | Residual | Residual | - | - | - | - |
| Descripción | | | Municipal | Municipal | - | - | - | - |
| Localización de la Muestra | | | Ingreso PTAR Sorochuco | Salida PTAR Sorochuco | - | - | - | - |
| Parámetro | Unidad | LCM | Resultados | | | | | |
| Sólidos Suspendidos Totales | mg/L | 2.5000 | 40.5 | 15.5 | - | - | - | - |
| Aceites y Grasas | mg/L | 1.7000 | 5.5 | <LCM | - | - | - | - |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅) | mg O ₂ /L | 2.6000 | 32.8 | 9.3 | - | - | - | - |
| Demanda Química de Oxígeno (DQO) | mg O ₂ /L | 8.3000 | 54.7 | 37.0 | - | - | - | - |

Legenda: LCM: Límite de Cuantificación del Método, valor <LCM significa que la concentración del analito es mínima (trazas)

| Ensayo | Unidad | Método de Ensayo Utilizado |
|---|----------------------|--|
| Sólidos Suspendidos Totales | mg/L | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 A.D, 23rd Ed. 2017: Solids. Total Suspended Solids Dried at 103 - 105°C |
| Aceites y Grasas | mg/L | EPA Method 1664 Rev. B. 2010: n-Hexane Extractable Material (HEM; Oil and Grease) and Silica Gel Treated n-Hexane Extractable Material (SGT-HEM; Non-polar Material) by Extraction and Gravimetry. |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅) | mg O ₂ /L | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed. 2017: Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test |
| Demanda Química de Oxígeno (DQO) | mg O ₂ /L | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23rd Ed. 2017: Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method |

NOTAS FINALES

- (*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos y/o matriz que no han sido acreditados por el INACAL - DA.
- (*) Los Resultados son referenciales, no cumplen los requisitos de volumen, tiempo, preservación o conservación estipulado por el método, por lo tanto no se encuentra dentro del alcance de acreditación.
- ✓ Los resultados indicados en este informe concierne única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo o realizadas en campo por el Laboratorio Regional del Agua. Cuando la toma de muestra lo realiza el cliente los resultados aplican a las muestras como son recibidas.
- ✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional del Agua. Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas.
- ✓ Las muestras sobre los que se realicen los ensayos se conservaran en Laboratorio Regional del Agua de acuerdo al tiempo de perecibilidad que indica el método de ensayo y por un tiempo máximo de 10 días luego de la emisión de la informe de ensayo; luego serán eliminadas salvo pedido expreso del cliente.
- ✓ Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA.
- ✓ Se prohíbe el uso del símbolo de acreditación o la declaración de condición de acreditado emitida en este informe, por parte del cliente.

"Fin del documento"

Código del Formato: P-23-F01 Rev: N°02 Fecha : 03/07/2020

Cajamarca, 13 de diciembre de 2021



INFORME DE ENSAYO N° IE 1221878

| ENSAYOS | | | Fisicoquímicos | | | | | |
|--------------------------------------|---------|--------|----------------|-------------|---|---|---|---|
| Código de la Muestra | | | E1 - KAC | E2 - KAC | - | - | - | - |
| Código Laboratorio | | | 1221878-01 | 1221878-02 | - | - | - | - |
| Matriz | | | Residual | Residual | - | - | - | - |
| Descripción | | | Municipal | Municipal | - | - | - | - |
| Localización de la Muestra | | | Ingreso PTAR | Salida PTAR | - | - | - | - |
| Parámetro | Unidad | LCM | Resultados | | | | | |
| Sólidos Suspendidos Totales | mg/L | 2.5000 | 27.2 | 7.6 | - | - | - | - |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) | mg O2/L | 2.6000 | 53.7 | 9.8 | - | - | - | - |
| Demanda Química de Oxígeno (DQO) | mg O2/L | 8.3000 | 100.9 | 27.3 | - | - | - | - |
| Aceites y Grasas | mg/L | 1.7000 | 13.1 | <LCM | - | - | - | - |

Leyenda: LCM Límite de Cuantificación del Método, valor <LCM significa que la concentración del analito es mínima (trazas)

| Ensayo | Unidad | Método de Ensayo Utilizado |
|--------------------------------------|----------|---|
| Sólidos Suspendidos Totales | mg/L | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 A,D, 23rd Ed. 2017: Solids, Total Suspended Solids Dried at 103 - 105°C |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) | mg O2 /L | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed. 2017: Biochemical Oxygen Demand (BOD), 5-Day BOD Test |
| Demanda Química de Oxígeno (DQO) | mg O2 /L | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23rd Ed. 2017: Chemical Oxygen Demand (COD), Closed Reflux, Colorimetric Method |
| Aceites y Grasas | mg/L | EPA Method 1664 Rev. B, 2010: n-Hexane Extractable Material (HEM, Oil and Grease) and Silica Gel Treated n-Hexane Extractable Material (SGT-HEM; Non-polar Material) by Extraction and Gravimetry |

NOTAS FINALES

- (*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos y/o matriz que no han sido acreditados por el INACAL - DA.
- (**) Los Resultados son referenciales, no cumplen los requisitos de volumen, tiempo, preservación o conservación estipulado por el método, por lo tanto no se encuentra dentro del alcance de acreditación.
- ✓ Los resultados indicados en este informe concierne única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo o realizadas en campo por el Laboratorio Regional del Agua. Cuando la toma de muestra lo realiza el cliente los resultados aplican a las muestras como son recibidas.
- ✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional del Agua. Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas.
- ✓ Las muestras sobre los que se realicen los ensayos se conservaran en Laboratorio Regional del Agua de acuerdo al tiempo de perecibilidad que indica el método de ensayo y por un tiempo máximo de 10 días luego de la emisión de la Informe de ensayo; luego serán eliminadas salvo pedido expreso del cliente.
- ✓ Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA.
- ✓ Se prohíbe el uso del símbolo de acreditación o la declaración de condición de acreditado emitida en este informe, por parte del cliente.

"Fin del documento"

Código del Formato: P-23-F01 Rev: N°02 Fecha : 03/07/2020

Cajamarca, 21 de diciembre de 2021

INFORME DE ENSAYO N° IE 1221900

| ENSAYOS | | | Fisicoquímicos | | | | | |
|--------------------------------------|------------------------|--------|-----------------------|------|---|---|---|--|
| Código de la Muestra | E1 - IQO - KAC | | E2 - DQO - KAC | - | - | - | - | |
| Código Laboratorio | 1221900-01 | | 1221900-02 | - | - | - | - | |
| Matriz | Residual | | Residual | - | - | - | - | |
| Descripción | Municipal | | Municipal | - | - | - | - | |
| Localización de la Muestra | Ingreso PTAR Sorochuco | | Salida PTAR Sorochuco | - | - | - | - | |
| Parámetro | Unidad | LCM | Resultados | | | | | |
| Sólidos Suspendidos Totales | mg/L | 2.5000 | 29.0 | 19.8 | - | - | - | |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) | mg O2/L | 2.6000 | 49.6 | 6.4 | - | - | - | |
| Demanda Química de Oxígeno (DQO) | mg O2/L | 8.3000 | 91.8 | 19.4 | - | - | - | |
| Aceites y Grasas | mg/L | 1.7000 | 8.3 | <LCM | - | - | - | |

Leyenda: LCM: Límite de Cuantificación del Método, valor <LCM significa que la concentración del analito es mínima (trazas)

| Ensayo | Unidad | Método de Ensayo Utilizado |
|--------------------------------------|----------|---|
| Sólidos Suspendidos Totales | mg/L | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 A,D, 23rd Ed. 2017: Solids. Total Suspended Solids Dried at 103 - 105°C |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) | mg O2 /L | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed. 2017: Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test |
| Demanda Química de Oxígeno (DQO) | mg O2 /L | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23rd Ed. 2017: Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method |
| Aceites y Grasas | mg/L | EPA Method 1664 Rev. B, 2010: n-Hexane Extractable Material (HEM; Oil and Grease) and Silica Gel Treated n-Hexane Extractable Material (SGT-HEM; Non-polar Material) by Extraction and Gravimetry |

NOTAS FINALES

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

(*) Los Resultados son referenciales, no cumplen los requisitos de volumen, tiempo, preservación o conservación estipulado por el método, por lo tanto no se encuentra dentro del alcance de acreditación.

✓ Los resultados indicados en este Informe concierne única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo o realizadas en campo por el Laboratorio Regional del Agua. Cuando la toma de muestra lo realiza el cliente los resultados aplican a las muestras como son recibidas.

✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional del Agua. Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas.

✓ Las muestras sobre las que se realicen los ensayos se conservaran en Laboratorio Regional del Agua de acuerdo al tiempo de perecibilidad que indica el método de ensayo y por un tiempo máximo de 10 días luego de la emisión de la Informe de ensayo; luego serán eliminadas salvo pedido expreso del cliente.

✓ Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA.

✓ Se prohíbe el uso del símbolo de acreditación o la declaración de condición de acreditado emitida en este informe, por parte del cliente.

"Fin del documento"

Código del Formato: P-23-F01 Rev: N°02 Fecha : 03/07/2020

Cajamarca, 07 de Enero de 2022



Firmado digitalmente por NEYRA
JAIRO Edder Miguel PAU
20453744168 soft
Método: Doy V 1.0
Fecha: 07.01.2022 10:29:42 -05:00



Firmado digitalmente por LOPEZ
LEIZAOLA Freddy Humberto PAU
20453744168 soft
Método: Doy V 1.0
Fecha: 07.01.2022 09:24:08 -05:00

INFORME DE ENSAYO N° IE 1221918

| ENSAYOS | | | Fisicoquímicos | | | | | |
|--------------------------------------|--------------|-------------|----------------|------|---|---|---|---|
| Código de la Muestra | E1 - KAC | E2 - KAC | - | - | - | - | - | |
| Código Laboratorio | 1221918-01 | 1221918-02 | - | - | - | - | - | |
| Matriz | Residual | Residual | - | - | - | - | - | |
| Descripción | Municipal | Municipal | - | - | - | - | - | |
| Localización de la Muestra | Ingreso PTAR | Salida PTAR | - | - | - | - | - | |
| Parámetro | Unidad | LCM | Resultados | | | | | |
| Sólidos Suspendidos Totales | mg/L | 2.5000 | 34.7 | 6.2 | - | - | - | - |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) | mg O2/L | 2.6000 | 58.2 | 7.3 | - | - | - | - |
| Demanda Química de Oxígeno (DQO) | mg O2/L | 8.3000 | 100.9 | 33.1 | - | - | - | - |
| Aceites y Grasas | mg/L | 1.7000 | 4.3 | <LCM | - | - | - | - |

Leyenda: LCM: Límite de Cuantificación del Método, valor <LCM significa que la concentración del analito es mínima (trazas)

| Ensayo | Unidad | Método de Ensayo Utilizado |
|--------------------------------------|----------|---|
| Sólidos Suspendidos Totales | mg/L | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 A,D, 23rd Ed. 2017: Solids. Total Suspended Solids Dried at 103 - 105°C |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) | mg O2 /L | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed. 2017: Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test |
| Demanda Química de Oxígeno (DQO) | mg O2 /L | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23rd Ed. 2017: Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method |
| Aceites y Grasas | mg/L | EPA Method 1664 Rev. B. 2010: n-Hexane Extractable Material (HEM; Oil and Grease) and Silica Gel Treated n-Hexane Extractable Material (SGT-HEM; Non-polar Material) by Extraction and Gravimetry |

NOTAS FINALES

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

(*) Los Resultados son referenciales, no cumplen los requisitos de volumen, tiempo, preservación o conservación estipulado por el método, por lo tanto no se encuentra dentro del alcance de acreditación.

✓ Los resultados indicados en este informe concierne única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo o realizadas en campo por el Laboratorio Regional del Agua. Cuando la toma de muestra lo realiza el cliente los resultados aplican a las muestras como son recibidas.

✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional del Agua. Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas.

✓ Las muestras sobre las que se realicen los ensayos se conservaran en Laboratorio Regional del Agua de acuerdo al tiempo de perecibilidad que indica el método de ensayo y por un tiempo máximo de 10 días luego de la emisión de la informe de ensayo; luego serán eliminadas salvo pedido expreso del cliente.

✓ Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA.

✓ Se prohíbe el uso del símbolo de acreditación o la declaración de condición de acreditado emitida en este informe, por parte del cliente.

"Fin del documento"

Código del Formato: P-23-F01 Rev:N°02 Fecha : 03/07/2020

Cajamarca, 12 de Enero de 2022



Firmado digitalmente por NEYRA
JACO Edder Miguel FAU
20453744108 soft
Motivo: Day V B¹
Fecha: 12.01.2022 18:59:00 -05:00



Firmado digitalmente por LOPEZ
LEON Freddy Humberto FAU
20453744108 soft
Motivo: Day V B¹
Fecha: 12.01.2022 17:49:19 -05:00

INFORME DE ENSAYO N°: IE-22-1087

IV. RESULTADOS

| ITEM | 1 | | 2 | | |
|-----------------------------------|-------------------------|--------|-------------------------|------------|------|
| CÓDIGO DE LABORATORIO: | M-22-03814 | | M-22-03815 | | |
| CÓDIGO DEL CLIENTE: | INGRESO | | SALIDA | | |
| COORDENADAS: | E:0803971.02 | | E:0804001 | | |
| UTM WGS 84: | N:9234860 | | N:9234891 | | |
| PRODUCTO: | Agua Residual | | Agua Residual | | |
| SUB PRODUCTO: | Agua Residual Municipal | | Agua Residual Municipal | | |
| INSTRUCTIVO DE MUESTREO: | NO APLICA | | | | |
| FECHA y HORA DE MUESTREO : | 26-01-2022 09:10 | | 26-01-2022 09:13 | | |
| ENSAYO | UNIDAD | L.D.M. | L.C.M. | RESULTADOS | |
| Aceltes y Grasas (*) | mg/L | 0,30 | 0,50 | 4,50 | 1,50 |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno (*) | mg BOD5/L | 0,4 | 2,0 | 38,0 | 9,0 |
| Demanda Química de Oxígeno (*) | (mg O2/L) | 2,0 | 5,0 | 54,0 | 23,2 |
| Sólidos Suspendidos Totales (*) | mg/L | 2,0 | 5,0 | 37,5 | <5,0 |

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

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 0222101

| ENSAYOS | | | Fisicoquimicos | | | | | |
|--------------------------------------|------------------------|-------------------------|----------------|-------|---|---|---|---|
| Código de la Muestra | Salida PTAR-Sorochouco | Ingreso PTAR-Sorochouco | - | - | - | - | - | - |
| Código Laboratorio | 0222101-01 | 0222101-02 | - | - | - | - | - | - |
| Matriz | Residual | Residual | - | - | - | - | - | - |
| Descripción | Municipal | Municipal | - | - | - | - | - | - |
| Localización de la Muestra | PTAR-Sorochouco | PTAR-Sorochouco | - | - | - | - | - | - |
| Parámetro | Unidad | LCM | Resultados | | | | | |
| Sólidos Suspendidos Totales | mg/L | 2.5000 | 54.2 | 73.3 | - | - | - | - |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) | mg O2/L | 2.6000 | 5.3 | 83.3 | - | - | - | - |
| Demanda Química de Oxígeno (DQO) | mg O2/L | 8.3000 | 26.5 | 140.0 | - | - | - | - |
| Aceites y Grasas | mg/L | 1.7000 | 2.6 | 11.3 | - | - | - | - |

Leyenda: LCM: Límite de Cuantificación del Método, valor <LCM significa que la concentración del analito es mínima (trazas)

| Ensayo | Unidad | Método de Ensayo Utilizado |
|--------------------------------------|----------|--|
| Sólidos Suspendidos Totales | mg/L | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 A.D, 23rd Ed. 2017: Solids. Total Suspended Solids Oried at 103 - 105°C |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) | mg O2 /L | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed. 2017: Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test |
| Demanda Química de Oxígeno (DQO) | mg O2 /L | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23rd Ed. 2017: Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method |
| Aceites y Grasas | mg/L | EPA Method 1654 Rev. B, 2010: n-Hexane Extractable Material (HEM; Oil and Grease) and Silica Gel Treated n-Hexane Extractable Material (SGT-HEM, Non-polar Material) by Extraction and Gravimetry. |

NOTAS FINALES

- (*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos y/o matriz que no han sido acreditados por el INACAL - DA.
- (**) Los Resultados son referenciales, no cumplen los requisitos de volumen, tiempo, preservación o conservación estipulado por el método, por lo tanto no se encuentra dentro del alcance de acreditación.
- ✓ Los resultados indicados en este informe concierne única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo o realizadas en campo por el Laboratorio Regional del Agua . Cuando la toma de muestra lo realiza el cliente los resultados aplican a las muestras como son recibidas.
 - ✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional del Agua. Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas.
 - ✓ Las muestras sobre las que se realicen los ensayos se conservaran en Laboratorio Regional del Agua de acuerdo al tiempo de perecibilidad que indica el método de ensayo y por un tiempo máximo de 10 días luego de la emisión de la informe de ensayo; luego serán eliminadas salvo pedido expreso del cliente.
 - ✓ Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA.
 - ✓ Se prohíbe el uso del símbolo de acreditación o la declaración de condición de acreditado emitida en este informe, por parte del cliente.

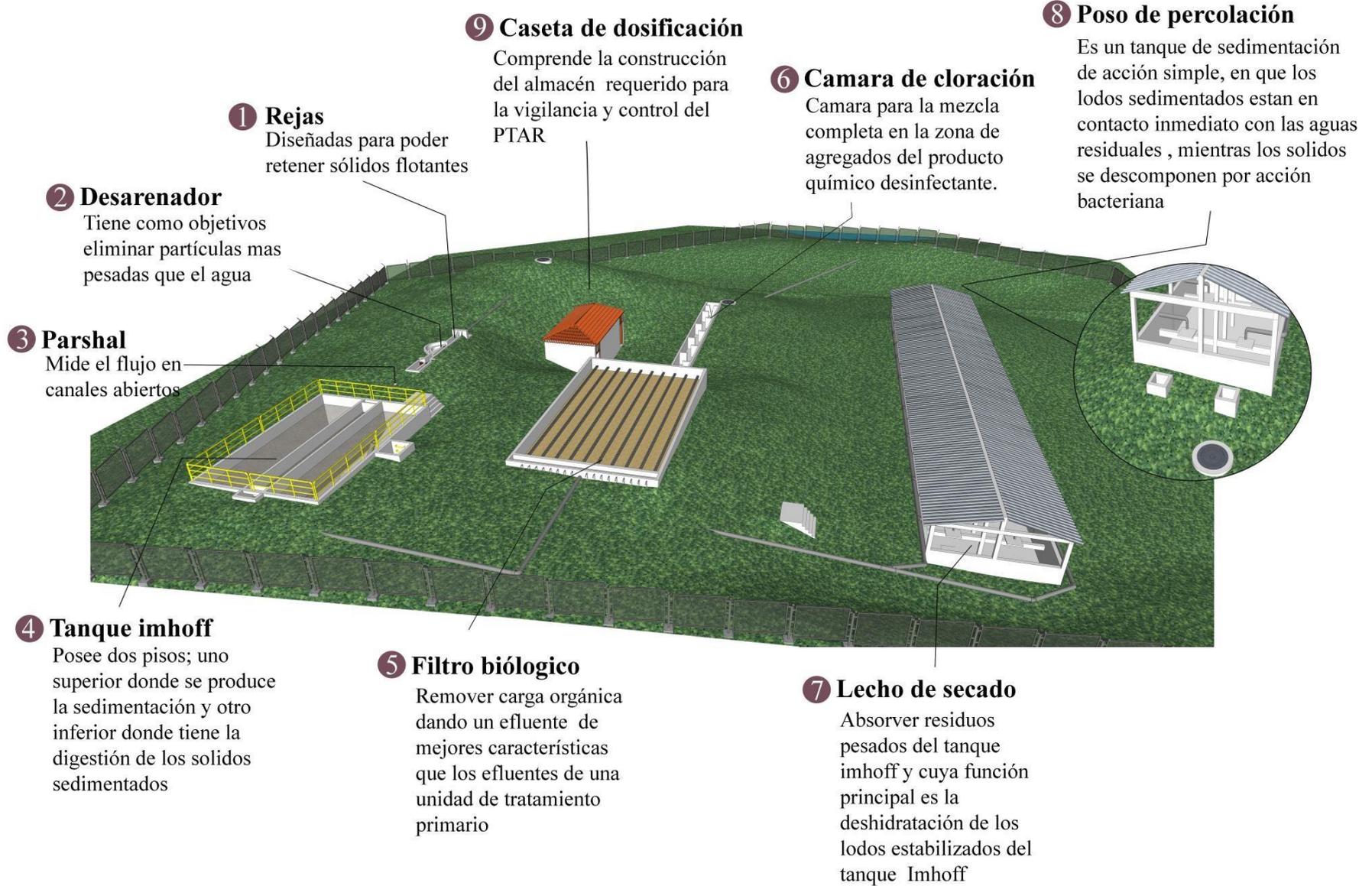
"Fin del documento"

Código del Formato: P-23-F01 Rev: N°02 Fecha : 03/07/2020

Cajamarca, 04 de Marzo de 2022

Las estaciones

Etapas del proceso de tratamiento de aguas residuales



Anexo 06: Panel fotográfico.



Fotografía N° 1: Capacitación al personal que opera la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de Sorochuco



Fotografía N° 2: Inspección de la operación y funcionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales de Sorochuco



Fotografía N° 3: Inspección del proceso de funcionamiento de la PTAR



Fotografía N° 4: Orientación en la toma de las muestras por parte del asesor.



Fotografía N° 5: Toma de muestras del efluente y afluente de la planta de tratamiento de aguas residuales.



Fotografía N° 6: Inspección del desarenador del sistema de tratamientos de agua residual.

