



Universidad Nacional
SAN LUIS GONZAGA



[Atribución 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0)

Esta licencia permite que otros distribuyan, mezclen, adapten y construyan sobre su trabajo, incluso comercialmente, siempre que le reconozcan la creación original. Esta es la licencia más complaciente que se ofrece. Recomendado para la máxima difusión y uso de materiales con licencia.

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>



UNIVERSIDAD NACIONAL SAN LUIS GONZAGA

EVALUACION DE ORIGINALIDAD

CONSTANCIA

El que suscribe, deja constancia que se ha realizado el análisis con el software de verificación de similitud al documento cuyo título es:

“EVALUACIÓN DE LOS PARAMETROS AMBIENTALES DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES (PTAR) DEL DISTRITO DE SAN CLEMENTE-PISCO-ICA”

Presentado por:

SANCHEZ MEDINA, BRIAN RAUL

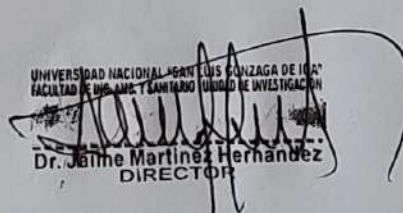
ROL DEL AUTOR del nivel PREGRADO de la Facultad de Ingeniería Ambiental y Sanitaria El resultado obtenido es PORCENTAJE DE SIMILITUD del 10% por el cual se otorga el calificativo de:

APROBADO,

Según Reglamento de Evaluación de la Originalidad

Se adjunta al presente el reporte de evaluación con el software de verificación de originalidad.

Ica, 14 julio de 2022

UNIVERSIDAD NACIONAL SAN LUIS GONZAGA DE ICA
FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL Y SANITARIA UNIDAD DE INVESTIGACION

Dr. Jaime Martínez Hernández
DIRECTOR

UNIVERSIDAD NACIONAL “SAN LUIS GONZAGA”
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

Facultad de Ingeniería Ambiental y Sanitaria



**EVALUACIÓN DE LOS PARAMETROS AMBIENTALES DE LA
PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES (PTAR)
DEL DISTRITO DE SAN CLEMENTE-PISCO-ICA**

Línea de investigación: Ciencias Naturales, Ingeniería y Tecnologías Sostenibles

AUTOR

BACH. SANCHEZ MEDINA, BRIAN RAUL

Ica, Perú

2022

ÍNDICE

	Pág.
Índice General	ii
Resumen	iv
Abstract	v
I. INTRODUCCIÓN	06
1.1. SITUACIÓN PROBLEMÁTICA	07
1.1.1. Formulación del problema	08
1.2. ANTECEDENTES	09
1.2.1. Antecedentes a nivel internacional	09
1.2.2. Antecedentes a nivel nacional	11
1.2.3. Antecedentes a nivel local	12
1.2.4. Justificación e importancia de la investigación	13
1.2.5. Bases teóricas	15
1.2.6. Marco conceptual	29
1.2.7. Bases legales	31
II. ESTRATEGIA METODOLOGICA	33
2.1. TIPO, NIVEL Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	33
2.2. POBLACIÓN Y MUESTRA	33
2.2.1. Población	33
2.2.2. Tamaño de la muestra	33
2.3. VARIABLES DE INVESTIGACIÓN	34
2.3.1. Variable independiente	34
2.3.2. Variable Dependiente	34
2.3.3. Operacionalización de variables	35
2.4. HIPOTESIS DE INVESTIGACIÓN	36
2.4.1. Hipótesis principal	36
2.4.2. Hipótesis específicas	36
2.5. TECNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	36

2.5.1.	Técnicas de procesamiento de datos	36
2.5.2.	Instrumentos	37
2.5.3.	Análisis de datos	37
III.	RESULTADOS	38
3.1.	Planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de san clemente	38
3.2.	Características Actuales del Sistema de Tratamiento	43
3.3.	Caracterización de OM en aguas residuales y muestras de agua	47
IV.	DISCUSIÓN	56
4.1.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	56
V.	CONCLUSIONES	61
VI.	RECOMENDACIONES	62
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	63

RESUMEN

La evaluación de los parámetros ambientales es considerada como un instrumento que permite estudiar y evaluar los problemas ambientales, en la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de san clemente-pisco.

El objetivo general de la investigación fue la evaluación de los parámetros de contaminación ambiental del efluente de la PTAR del distrito de san clemente. La evaluación de los parámetros de contaminación ambiental se realizó tomando en cuenta la Guía para la evaluación de la calidad de agua, el método empleado en la investigación fue el aplicado, basado en los conocimientos existentes para aplicar soluciones viables.

Hoy en día el tratamiento de las aguas residuales, para su correcta disposición, se presenta como un problema de salud inherente a la actividad humana y su proceso de tratamiento implica una gran inversión de capital y altos costos operativos que la mayoría de la población no pueden pagar o financiar. Por lo que este estudio de investigación titulado: Evaluación de los parámetros ambientales de la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) del distrito de san clemente-pisco-Ica, plantea el problema de investigación: ¿Cuáles son indicadores de contaminación ambiental del efluente de la PTARD del Distrito de San clemente? Se partió de la hipótesis general: La evaluación de los parámetros de contaminación ambiental del efluente de la PTAR del distrito de San clemente, La investigación es de tipo aplicada, de nivel descriptivo-explicativo y de diseño cuasi experimental.

Palabras claves: Parámetro ambiental, agua residual, planta de tratamiento, salubridad, contaminación, parámetros fisicoquímicos y microbiológicos.

ABSTRACT

The evaluation of environmental parameters is considered as a tool to study and evaluate environmental problems in the wastewater treatment plant of the san clemente-pisco district.

The general objective of the research was to evaluate the environmental pollution parameters of the effluent of the san clemente district WWTP. The evaluation of the environmental pollution parameters was carried out taking into account the Guide for the evaluation of water quality, the method used in the research was the applied one, based on existing knowledge to apply viable solutions.

Nowadays, the treatment of wastewater, for its correct disposal, is presented as a health problem inherent to human activity and its treatment process involves a large capital investment and high operating costs that most of the population cannot afford or finance. Therefore, this research study entitled: Evaluation of the environmental parameters of the wastewater treatment plant (WWTP) of the district of San Clemente-Pisco-Ica, poses the research problem: What are the indicators of environmental contamination of the effluent of the WWTP of the District of San Clemente? The general hypothesis was based on the following general hypothesis: The evaluation of the environmental pollution parameters of the effluent of the WWTP of the district of San clemente, The research is of applied type, descriptive-explanatory level and quasi-experimental design.

Key words: Environmental parameter, wastewater, treatment plant, sanitation, contamination, physicochemical and microbiological parameters.

INTRODUCCIÓN

Los problemas ambientales en todo el mundo cada vez son más, y el Perú no es ajeno a esto, pero también se han incrementado las herramientas para controlar o eliminar estos problemas, uno de ellos es la evaluación de parámetros ambientales.

Uno de los principales problemas de enfermedades infecciosas asociadas al agua hoy en día según la Organización Panamericana de Salud / Organización Mundial de la Salud “señala menos del 14 % de los 600 m³/s de aguas residuales domésticas colectadas en América Latina recibían algún tratamiento antes de ser dispuestas en ríos y mares, solo el 6 % tenía un tratamiento aceptable. A esto se agrega que un 40 % de la población urbana de la Región contrae enfermedades infecciosas por lo que este problema demanda urgente atención”[1].

“Una preocupación de la contaminación del agua que proviene de la presencia de las aguas residuales, son las enfermedades que estas pueden generar de manera indirecta tales como: cáncer, diabetes, y enfermedades cardiovasculares. La situación del tratamiento de aguas residuales en el Perú, según la Superintendencia Nacional de Servicio de Saneamiento (SUNASS), menciona que el 70 % de las aguas residuales en el Perú no tienen tratamiento de agua alguno; asimismo, que de las 143 plantas de tratamiento de aguas residuales que existe en el Perú, solo el 14 % cumple con la normatividad vigente para el funcionamiento de las mismas”[2].

El tratamiento de aguas residuales “es un proceso necesario que se realiza para evitar que los vertimientos sean perjudiciales para el ambiente, existiendo distintos métodos que se pueden aplicar de acuerdo a las necesidades y contexto”[3]. En el Perú una de las técnicas más utilizadas para el tratamiento de las aguas residuales, debido a su bajo costo y alta eficiencia, son las pozas de estabilización, las mismas que pueden ser: aerobias, anaerobias, facultativas y/o de maduración. El distrito de San Clemente, Pisco, tiene pozas de estabilización para realizar el tratamiento de las aguas residuales, pero lejos de evitar daños al ambiente, dichos espacios se han convertido en fuente de riesgo para la salud, ambiente y economía de la población.

Por lo que la investigación “Evaluación de los parámetros ambientales de la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de San Clemente-Pisco, Ica.”, tiene como aporte demostrar que la evaluación de los parámetros ambientales, permitiría su cumplimiento normativo y sus efluentes puedan ser utilización para el riego de áreas de verdes o de cultivos del distrito.

1.1. SITUACIÓN PROBLEMÁTICA

En la Tierra, hay un estimado de 1.351 millones de km³; pero solamente el 0,003% es agua dulce, es decir, agua apta para consumo humano, saneamiento, agricultura e industria, gran parte de esta agua no está accesible para su uso.

En el Perú hay un déficit de la cobertura por parte de las Entidades Prestadoras de Saneamiento (EPS) a nivel nacional: de las 50 (EPS) que brindan el servicio de alcantarillado, solo el 69.65 % alcanza a la población urbana. La población no cubierta vierte directamente sus aguas residuales sin tratamiento al mar, ríos, lagos, quebradas o las emplean para el riego de cultivos. De igual manera, en el Perú se generan aproximadamente 2 217 946 m³ por día de aguas residuales descargadas a la red de alcantarillado de las (EPS), donde solo el 32 % de estas recibe tratamiento”[2].

En América Latina, “el vertimiento de las aguas residuales urbanas se ha ido incrementando debido a dos puntos importantes: el incremento de la población, que pasó de 314 millones en 1990 a casi 496 millones al 2017 y se espera que la cifra llegue a 674 millones en el 2050 y, por otro lado, se debe al aumento de los servicios de abastecimiento de agua y de saneamiento No obstante, este incremento no es equivalente a las mejoras de los procesos en el tratamiento de las aguas residuales, convirtiéndose en un importante problema en la región”[4].

“El reúso de las aguas servidas domesticas en diferentes actividades antrópicas, como el riego de ecosistemas urbanos y áreas verdes, tiene implicancias en la salud ambiental y la salud de los humanos que ingieren estos alimentos y utilizan los parques con fines recreativos, además surge la necesidad de identificar alternativas que sean eficaces y eficientes en la depuración, remoción de organismos patógenos, coliformes fecales que es la principal causa de las enfermedades gastrointestinales”[5].

La actividad industrial y comercial en el distrito de san clemente, provincia de Pisco, viene originando problemas de polución y contaminación en este escenario ambiental característico de nuestra región donde cada vez más importante específicamente por el crecimiento de la actividad comercial y poblacional últimamente y agudizándose por el arrojado de grandes volúmenes de vertimientos de las ARD como de la población demográfica, que origina diversos problemas ambientales debido a la ineficiente disposición final de las aguas residuales colindantes y de residuos sólidos orgánicos que son vertidos directamente a las fuentes de agua superficial, como humedales y suelo.

1.1.1. Formulación del problema

Este trabajo de investigación se llevará a cabo con el fin de mejorar la calidad de vida de la localidad de San Clemente, provincia de pisco-Ica., mediante este estudio se ofrecerá calidad a la población y junto con ello se acabará con las enfermedades de origen hídrico. El tratamiento de las aguas residuales es un problema en todo el mundo, ya que la disposición final de éstas, en muchos casos, se da en estructuras que, si bien son preparadas para su tratamiento, contextos como la falta de mantenimiento o su inadecuado uso llegan a generar problemas ambientales, generando riesgos que pueden afectar a la salud de las personas, las actividades que se realizan en el entorno y al ambiente.

En el marco del evento: “Perú, ¿un reflejo de la región? Tratamiento y reúso de las aguas residuales - 2017, el Banco Mundial concluyó que en el Perú existen serias deficiencias en el proceso de selección de tecnologías para el tratamiento de aguas residuales, y también se evidenció que en el Perú aún no se entiende que el principal objetivo en la gestión de aguas residuales no es el tratamiento, sino la disposición final segura del efluente, para evitar la exposición de la población a riesgos de salud”[6].

Según Ramón Espinoza, “en virtud de la deficiente investigación sobre la presencia de organismos patógenos en aguas residuales de países en desarrollo, como en el Perú, las consideraciones que se toman para el diseño y construcción de lagunas para el tratamiento de aguas residuales son tomadas de las experiencias de otros países industrializados, los cuales tienen como prioridad reducir los compuestos orgánicos, sin brindar mayor atención a la salud de la población”[7].

En el Perú se observan constantemente fallas o la inoperancia de las distintas plantas de tratamiento de aguas residuales, lo cual se atribuye a que en su construcción no se tomaron en cuenta aspectos claves para su buen funcionamiento como la ubicación de la planta, las características del espacio donde se desarrollara el tratamiento, el costo de mantenimiento, la adecuada selección de tecnologías y el aspecto social, todo esto provoca que el proceso de tratamiento de las aguas residuales se convierta en un riesgo para la salud y el ambiente”[8].

El gobierno local del distrito, en conjunto con la población, desconocen en gran medida la gravedad de esta problemática, ya que la población solo ve a estas pozas como un elemento que da mal aspecto a su entorno o como una fuente de malos olores, sin embargo, existen otros riesgos que no han sido tomados en cuenta, como lo es la afectación a la salud de la población cercan, la contaminación de los alimentos que se cultivan haciendo uso contaminada y la degradación de ecosistemas acuáticos.

Problema principal

¿Cuáles son los indicadores de contaminación ambiental del efluente final de la PTARD del Distrito de San Clemente?

Problemas específicos

PE1: ¿Cómo determinar los indicadores fisicoquímicos de contaminación ambiental del efluente final de la PTARD del Distrito de San Clemente.?

PE2: ¿Cómo determinar los indicadores microbiológicos de contaminación ambiental del efluente final de la PTARD del Distrito de San Clemente??

1.2. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

1.2.1 Antecedentes internacionales

Jiménez En su estudio de investigación “Evaluación de la planta de tratamiento de aguas residuales del Aya en la urbanización las lomas de buenos aires, Puntarenas, tuvo como conclusión. La conformación actual de una sola laguna facultativa no cumple con los parámetros de diseño, principalmente: relación L/A, tiempo de retención y tasa de aplicación superficial, por lo tanto, es un sistema totalmente ineficiente en lo que respecta a cumplimiento de la legislación, principalmente DBO, DQO y SST. Al evaluar algunas de todas las posibles remodelaciones a la planta, la propuesta que mejor resultados en términos técnicos, ambientales y económicos es la propuesta, de construir dos lagunas en serie, una facultativa y la otra de maduración”[9].

Beltrán En su estudio “Diagnostico y evaluación de la planta de tratamiento de aguas residuales del municipio de miranda, cauca tuvo como conclusión. Nos dice que la investigación tiene como objetivo diagnosticar y evaluar la operación de la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) del municipio de Miranda, Cauca. De acuerdo a la investigación, se informa que las estructuras del tratamiento físico, se encuentran en un buen estado, sin embargo, este debe contar con su respectivo mantenimiento preventivo y correctivo, según su prioridad y periodicidad, Por otro lado, en cuanto a los resultados obtenidos en la eficiencia de remoción, se observa que se cumplen con los parámetros establecidos por Resolución 0631 de 2015”[10].

Obregón et al., En su estudio de investigación “Evaluación de la eficiencia de los parámetros de vertido de la planta de tratamiento de aguas residuales de la urbanización sierra dorada, según la norma nacional NTON 05-027-05 con énfasis en carga orgánica, tuvo como conclusión. La alta tasa de concentración de Coliformes fecales en el agua tratada se debe a la mala práctica acostumbrada en la planta de no clorar el agua cuando transita en la cámara de cloración, ya que este proceso se encarga de reducir la contaminación del agua eliminando microorganismos como bacterias y otros similares entre ellos los Coliformes, se concluye que el agua que entra a la planta de tratamiento es una agua residual de baja concentración contaminante, y que además los habitantes de este residencial aportan muy poca carga contaminante es decir contaminan muy poco el agua”[11].

Aguilar En su estudio de investigación “Determinaron el impacto de la descarga de aguas residuales domésticas en afluentes Caño Grade, establecieron tres estaciones de muestreo y 4 monitoreos en precipitación alta, obteniendo valores promedio del índice ICOMO 4.8, lo que indicaba una contaminación media del agua”[12].

Quiroz et al., En su estudio de investigación “Determinaron el impacto ambiental originado por los vertimientos de aguas residuales en la cuenca del río Portoviejo, a través de su capacidad de autodepuración, además identificar cuál tiene mayor impacto, finalmente concluyeron que los puntos de vertimientos impactaban en la calidad del agua, resolviendo así la parte más crítica de la zona del estudio, mostrando así bajas concentraciones de oxígeno disuelto”[13].

“La disposición final del agua residual representa un problema que va en aumento debido al crecimiento demográfico, a nuevas prácticas de consumo y al crecimiento industrial. En Colombia menos del 50% de los municipios cuenta con una PTAR y muchas de ellas no cumplen con las condiciones normativas que garanticen la calidad del agua para su reusó, especialmente en actividades de tipo agrícola. También sigue siendo común que la disposición final de las aguas residuales se haga de manera directa y sin tratamiento en los cuerpos de aguas superficiales, generando problemas de contaminación ambiental y en la salud pública; a razón de lo anterior, este proyecto tuvo como objetivo realizar una propuesta de mejora en la PTAR del municipio de Arbeláez con base en el sistema de Deer island WasteWater treatment plant, ya que desde el año 2002 esta planta no funciona adecuadamente por falta de mantenimiento y porque la descontaminación en la descarga solo llegaba al 50%”[14].

1.2.2. Antecedentes nacionales

Oblitas En su estudio “Evaluación de la calidad de efluente del sistema de tratamiento de aguas residuales municipales de la localidad de Awajún, Rioja – San Martín, concluyo que se ha logrado realizar la evaluación de los parámetros físicos químicos y microbiológicos del efluente del sistema de tratamiento de aguas residuales municipales de la localidad de Awajún, las cuales se concluyó que los resultados de los parámetros evaluados sí cumplieron con los límites máximos permisibles regido por el D.S. 003-2010-MINAM por lo cual certifica que la calidad del efluente de las lagunas facultativas del sistema de tratamiento fue buena; posteriormente se evaluó en el cuerpo receptor de agua superficial teniendo como resultado, según el D.S.004-2017-MINAM que la calidad del agua superficial tuvo altas concentraciones de coliformes termotolerantes y DBO5 superando los estándares de calidad ambiental”[15].

Torres En su estudio de investigación “Evaluación y análisis de riesgos ambientales en las pozas de estabilización de aguas residuales San pablo - Sapallanga 2020 tuvo como conclusión, Evaluados los tres entornos (humano, natural y socioeconómico) y los escenarios de riesgo generados por las pozas de estabilización de aguas residuales San Pablo, de acuerdo con la Guía De Evaluación De Riesgos Ambientales del Ministerio del Ambiente, se determinó que el nivel de riesgo ambiental en el entorno natural es significativo (76 %), en el entorno socioeconómico también es significativo (72 %) y en el entorno humano igual, pero con menor porcentaje (68 %). Finalmente, el promedio del riesgo ambiental de los tres entornos, respecto de la evaluación de las pozas de estabilización “San Pablo”, es 72 %, lo que representa riesgo significativo”[16].

Núñez En su estudio “Eficiencia del sistema de tratamiento de aguas residuales en la ciudad de Cajabamba - Cajamarca. alternativas para mejorar su tratamiento, concluyo que la planta de tratamiento de aguas residuales mediante filtros percoladores no es eficiente en la remoción de materia orgánica mediante los indicadores de DBO5 y DQO dichos valores fueron de 23,20% y 27,63% respectivamente, valores que se encuentran muy por debajo de los aceptables para este tipo de tratamiento, así mismo es eficiente en cuanto a la remoción de Sólidos Suspendidos Totales, ésta fue del 50%;Implementar el modelo propuesto para la planta de tratamiento de aguas residuales a través del método de lodos activados”[17].

“Las plantas de Tratamiento de aguas residuales (PTAR) han ido incrementando en número en los últimos tiempos, sin embargo, estas aún son insuficientes tanto en número como en capacidad, llegando a cubrir solo un pequeño porcentaje de la población nacional; existiendo incluso ciudades que no cuentan con una PTAR y otras que, contando con estas, están en muy mal estado. El presente trabajo consiste en la evaluación de las percepciones que tiene la población del distrito de Poroto del departamento de La Libertad; de esta forma, entrevistar a la población aledaña durante los meses de marzo del 2019 a noviembre del 2019, determinando así la percepción e influencia de la presencia de las anteriormente mencionadas sobre ellos”[18].

1.2.3. Antecedentes locales

Se ha revisado la bibliografía en relación al tema de investigación y no se ha encontrado investigación al respecto.

1.2.4. Justificación e importancia de la investigación

En el Perú, solamente se ha ejecutado el 30 % de la inversión pública en tratamiento de agua, de acuerdo al Plan Nacional de Saneamiento Urbano y Rural 2006 - 2015. La contaminación del agua ocurre a niveles primarios, secundarios y terciario de las fuentes de agua. Las sustancias que contaminan el agua son orgánicas e inorgánicas. En todos los casos, la contaminación del agua pone a la salud pública en peligro, de acuerdo a la Organización Mundial de la Salud (OMS)". Por lo tanto, la justificación de la investigación se fundamenta en la posibilidad técnica de la determinación de los indicadores de contaminación ambiental del efluente de la PTARD san clemente, para contribuir en la propuesta futura de la remediación y control de aguas como solución a una actual problemática ambiental en el ecosistema de los humedales de Pisco.

Hoy en día la población se ha incrementado y las actividades económicas, por lo tanto, la demanda Se justifica porque se va determinar el nivel de contaminación del rio pisco por el vertimiento de aguas residuales, esto le permite diagnosticar la situación actual y a partir de ello se explicará la naturaleza del fluido del rio Pisco, con ello plantear alternativas para mejorar su calidad y preservar el medio ambiente. Los pobladores han manifestado en reuniones sostenidas con representantes de la municipalidad la urgencia de implementar una red de alcantarillado y una laguna de oxidación.

Importancia

La importancia radica que en nuestra región existen escasos estudios de la contaminación ambiental, "de los cuerpos de agua sometidos por el vertimiento de las aguas residuales sin ningún estudio de acondicionamiento, por lo que representa una línea de interés científico y socio-económico por los bienes y servicios ambientales que proporcionan las zonas costeras

El estudio es relevante por los aspectos ambientales de vigilancia y conservación de los ecosistemas, por las normas legales y la importancia de cumplir con la nueva ley de los recursos hídricos que tácitamente indican que toda actividad comercial e industrial debe considerar el impacto sobre el medio ambiente, debiendo en lo posible evitar los riesgos de ruptura del equilibrio de la zona en la parte adyacente a la actual PTARD.

Objetivo principal

Evaluar los indicadores de contaminación ambiental del efluente de la PTAR del Distrito de San Clemente

Objetivos específicos

OE1: Determinar los indicadores fisicoquímicos de contaminación ambiental del efluente de la PTAR del distrito de San Clemente.

OE2: Determinar los indicadores microbiológicos de contaminación ambiental del efluente de la PTAR del distrito de San Clemente.

1.2.5. Bases teóricas

1.2.5.1. Sistema de tratamiento de aguas residuales

“Es un proceso de depuración, este sistema es utilizado para remover contaminantes del agua. Eventualmente el agua usada es descontaminada mediante procesos o medios naturales, sin embargo, esto requiere mucho tiempo, es así que una planta de tratamiento acelera este proceso y es por ello que se puede reutilizar el agua en diversas actividades. Existen varios niveles de tratamiento para las aguas residuales los cuales son, pre tratamiento, tratamiento primario, secundario, avanzado y otros tipos de tratamiento que se pueden utilizar después de lo anteriormente mencionados, Varios de los procesos físicos, químicos y biológicos que suceden en las practicas nativas acuáticos que ocurren integrados a los sistemas de tratamiento de agua residual elaboradas por la ingeniería; en éstos se inspecciona las volubles del sistema y se aumenta con eficacia y rapidez los avances disminuyendo el tiempo requerido para la purificación”[19].

A continuación, se detalla los niveles de tratamiento:

PRE TRATAMIENTO

Este tratamiento es netamente físico; esta primera etapa “consiste en la descontaminación, es decir, esta fase se realiza la remoción de sólidos presentes en las aguas residuales, mediante rejillas y desarenadores”[20].

A continuación, se mencionan algunos procedimientos consistentes en el pre tratamiento de las aguas residuales:

Cribado: Este procedimiento “consiste es mantener los sólidos gruesos que sobrenaden o que se encuentren pendidos en el agua”[20].

Tamices estáticos: “Este es un filtro el cual se utiliza para la división o separación de un sólido y un líquido”[20].

Homogenización o tanques de igualación: “Este es un proceso que consiste en la regulación o disminución de efectos de la concentración de las aguas residuales”[20].

Desarenadores: “Esta herramienta permite remover arenas presentes en las aguas residuales. Su función principal, es la prevención del desgaste de equipos mecánicos, además evita la sedimentación de arenas en tuberías, canales y tanques ubicados aguas abajo”[20].

Tratamiento primario: “Este tratamiento es físico o químico, este se ejecuta mediante cisternas de precipitación para eliminar contaminantes y retíralos como lodo en el lecho de los tanques”[21].

A continuación, se explica las fases o procedimientos en el tratamiento primario:

Sedimentación: “Este es un proceso físico en el cual consiste en aprovechar la diferencia de densidad, peso entre el líquido y las partículas suspendidas”[21].

Flotación: “Consiste en la separación de las partículas sólidas o líquidas en un medio líquido”[21].

Coagulación: “Este proceso consiste que por medio de coagulantes químicos los componentes que existan en el agua sean desestabilizados por suspensión, para ser removidos”[21].

Tratamiento secundario

Este tratamiento “es estrictamente biológico, es decir que en esta etapa se interactúa con las bacterias con el fin de que se emplean intencionalmente para que estas consuman la fracción de los contaminantes que no se logró remover en el tratamiento primario”[21].

Los procesos biológicos que más se utilizan son:

Lodos activados: “Este proceso consiste en la depuración de origen natural del agua residual mediante presencia de microorganismos, este es un proceso aerobio, es decir que mediante aireación y recirculación del lodo se elimina las sustancias que se encuentran en el agua residual”[21].

Filtros percoladores: “Es un depósito que implica un lecho de material grueso, mesurado en la mayor de las veces con materiales artificial o piedras”[21].

Alrededor de este lecho se encuentra adherida una población bacteriana que descompone las aguas residuales a medida que éstas percolan hacia el fondo del tanque.

1.2.5.2. Aguas residuales

“Las aguas residuales son aquellas que tienen características naturales modificadas debido a las actividades del hombre, éstas son vertidas a un cuerpo natural de agua, pero debido a sus características originales alteradas, deben recibir un tratamiento previo para evitar la contaminación del ambiente. Además, el vertimiento de aguas residuales en un cuerpo natural tiene que ser autorizado por la Autoridad Nacional del Agua”[22].

“Aquellas aguas que han sido modificadas por actividades humanas o industrias y que contiene material orgánico o inorgánico disuelto o en suspensión y que por su calidad requieren un tratamiento previo, antes de ser reusadas, vertidas a un cuerpo natural de agua o descargadas al sistema de alcantarillado”[23]. (OEFA-Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental, 2015).

“Las aguas residuales son aquellas que han sido usadas por el hombre, y deben ser desechadas, por contener en su composición gran cantidad de sustancias extrañas y/o microorganismos”[18].

“La teoría de tratamiento de aguas residuales corresponde a procesos físicos, químicos y microbiológicos que tiene como objetivo eliminar los contaminantes físicos, químicos y microbiológicos presentes en los efluentes de agua. Este tratamiento tiene como finalidad producir agua limpia o también conocido como efluente tratado”[24].

1.2.5.3. Tratamiento de aguas residuales

“Serie de procesos físicos, químicos y biológicos que tienen como fin eliminar agentes patógenos presentes en el agua, la principal función es producir agua limpia (o efluente tratado) o reutilizable en el ambiente y un residuo sólido o fango (también llamado biosólido o lodo) convenientes para la disposición o reúso”[25].

“El objetivo de cualquier tratamiento es eliminar los componentes definidos como contaminantes, molestos o con efectos nocivos para el medio ambiente, ajustar la calidad del agua vertida a las especificaciones legales, proteger la salud y promover el bienestar de una sociedad en general”[26].

El grado de tratamiento “requerido para un agua residual depende fundamentalmente de los límites de vertido para el efluente, el objetivo

básico del tratamiento de aguas es proteger la salud y promover el bienestar de los individuos miembros de la sociedad Asimismo, el tratamiento de aguas residuales incluye: tratamiento preliminar, destinado a la eliminación de residuos fácilmente separables y en algunos casos un proceso de pre-aireación; tratamiento primario, que comprende procesos de sedimentación y tamizado, utilizando metodologías físico-químicas para sacarle la parte más gruesa de sus contaminantes; tratamiento secundario, que comprende procesos biológicos aerobios y anaerobios y físico-químicos (floculación) para reducir la mayor parte de la DBO₅ y el tratamiento terciario o avanzado que está dirigido a la reducción final de la DBO₅, metales pesados y/o contaminantes químicos específicos y la eliminación de patógenos, parásitos y nutrientes que no se eliminan con los tratamientos convencionales”[27].

1.2.5.4. Tratamientos de aguas residuales domesticas

El tratamiento de las aguas residuales “se realiza a través de mecanismos y procesos químicos, biológicos, y físicos, los cuales tienen como principal objetivo limpiar el agua residual hasta llegar a un nivel de calidad aceptable por las normas vigentes, para que posteriormente se pueda realizar su disposición final o reaprovechamiento”[28].

El sistema de tratamiento de aguas residuales “se debe elegir teniendo en cuenta la calidad del efluente que se quiere lograr, inversión económica, disponibilidad de área, cantidad de población, entre otros aspectos que dependerán de la situación de cada lugar”[28].

1.2.5.5. Composición de aguas residuales domesticas

De acuerdo a la forma de abastecimiento se consideran tres tipos principales de fuentes de agua: aguas meteóricas, aguas superficiales y aguas subterráneas. La composición de las aguas residuales es muy variable en razón de los diversos factores que lo afectan. Entre estos se tiene el consumo promedio de agua por habitante y por día que afecta su concentración (cantidad) y los hábitos alimenticios de la población que caracteriza su composición química (calidad). En general, las aguas residuales contienen aproximadamente un 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. La materia orgánica proviene exclusivamente de la actividad humana y está compuesta por materia carbonacea, proteínas y grasas”[29].

1.2.5.6. Calidad de agua residual

La calidad del agua “es el grupo de concentraciones, especificaciones, sustancias orgánicas e inorgánicas y la composición y estado de la biota encontrada en el cuerpo de agua y a ello se aporta y se toma en consideración las variaciones espaciales y temporales, siendo factores internos y externos del cuerpo de agua, El agua posee unas características variables que la hacen diferente de acuerdo al sitio y al proceso de donde provenga, estas características se pueden medir y clasificar de acuerdo a características físicas, químicas y biológicas del agua”[30].

“La calidad del agua debe medirse mediante indicadores basados en el total de sus propiedades de los cuerpos de aguas, incluidos los parámetros físicos, biológicos, químicos y ecológicos. La selección de indicadores para análisis-evaluación de la calidad del agua residual debe ser de acuerdo con: a) El objetivo del estudio y b) Posibles riesgos de contaminación; de acuerdo con los Estándares de Calidad: Normas y Valores Guía. La evaluación es la determinación de las características biológicas y químicas naturales del agua mediante parámetros relacionados con la vida acuática, efectos en la salud de los humanos, en la salud de los ambientes acuáticos y de los ecosistemas. Puede tomar datos del monitoreo para definir la condición del agua, proveer las bases para identificar patrones y proporcionar datos Causa- Efecto (Aspectos e Impactos ambientales)”[5].

1.2.5.7. Efecto del agua residual en la salud poblacional

“Las aguas servidas domestica indudablemente contienen organismos, patógenos especialmente y bacterias que causan enfermedades intestinales, como paratifoidea, tifoidea, enteritis, y disentería; también virus tales como la ictericia infecciosa y los de la polio. También, las aguas servidas y muchas comerciales, contienen huevos de parásitos de origen animal y humano (diferentes tipos de helmintos)”[5].

1.2.5.8. Pozo de estabilización

Las pozas de estabilización “son estructuras diseñadas para mejorar las características sanitarias de las aguas residuales; este mecanismo es recomendado por su fácil operación y alta eficiencia, ya que utiliza el proceso llamado estabilización natural o auto depuración”[31].

“Estas pozas generalmente sólo tienen una profundidad de dos a cuatro metros, existiendo dos tipos: las facultativas, que se diseñan cuando existe baja carga orgánica y favorece al crecimiento de algas microscópicas y a la producción de oxígeno, y las pozas anaeróbicas, las cuales se diseñan cuando hay presencia de alta carga orgánica que provoca que la demanda bioquímica de oxígeno supere la producción de oxígeno de las algas, haciendo que la poza sea totalmente anaeróbica”[31].

“Para evaluar la eficiencia de las pozas de estabilización se recomienda evaluar los parámetros asociados a la DBO, lo que ayudará a caracterizar la carga orgánica, el número más probable de coliformes fecales, lo cual evidenciará la presencia de contaminación microbiológica, además de los sólidos totales, entre otros”[31].

1.2.5.9. Parámetros asociados a las aguas residuales

✓ Aceites y grasas:

Son materiales compuestos por ácidos grasos “de origen animal y vegetal que se han recuperado de forma soluble, también incluyen los materiales extraídos de muestras acidificadas como los tintes orgánicos, compuestos de azufre y clorofila”[32].

Algunos compuestos de los aceites y grasas “pueden tener influencia en el tratamiento de las aguas residuales, si existe un exceso de estos elementos interferirán en los procesos biológicos aeróbicos y anaeróbicos, y afectará la eficiencia del tratamiento de las aguas residuales. Cuando se realicen descargas de aceites y grasas en aguas residuales o tratadas, se formarán películas superficiales y otros depósitos a las orillas que contribuyen a la degradación ambiental”[32].

✓ Coliformes termotolerantes

Las bacterias coliformes “han sido usadas como indicadores de la calidad de agua, ya que provienen de los intestinos de los animales de sangre caliente, por lo tanto, también es un indicador

de contaminación fecal. Los coliformes termotolerantes también llamados coliformes fecales, son aquellos que son capaces de fermentar lactosa a una temperatura aproximada de 45°C para producir gas. Por lo usual, se encuentran en aguas ricas en materia orgánica y climas tropicales, Si se busca evidencia de contaminación fecal reciente lo recomendable es realizar una prueba para identificar E. coli”[32].

✓ **Demanda bioquímica de oxígeno**

La Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), “se aplica como indicador de la cantidad de oxígeno que se requiere en las aguas residuales, aguas contaminadas y otros efluentes, para degradar material orgánico”[32]. Las pruebas de DBO miden el oxígeno molecular en el periodo de incubación, específicamente para

- Materia orgánica degradada bioquímicamente.
- Oxidar materia inorgánica (hierro ferroso y sulfuros).
- Medir la cantidad de oxígeno que se ha usado para oxidar formas reducidas de nitrógeno

✓ **Demanda química de oxígeno**

La Demanda Química de Oxígeno (DQO) “es definido como la cantidad de un oxidante con la capacidad de reaccionar con la muestra. El oxidante consumido es expresado en términos de su equivalente de oxígeno”[32].

“La DQO es una prueba bien definida y puede alterarse por algunos factores; el grado de oxidación de la muestra puede afectarse por la concentración del reactivo, tiempo de la digestión y la concentración de DQO presente en la muestra”[32].

“La DQO es utilizada para medir los contaminantes de aguas residuales y otros cuerpos de agua. Ésta también se puede relacionar con otros parámetros, alguno de ellos son la DBO (Demanda Bioquímica de Oxígeno), la DTO (Demanda Total de Oxígeno) y el COT (Carbono Orgánico Total). La DBO es un parámetro que mide el consumo de oxígeno de los microorganismos en condiciones específicas, mientras que el parámetro COT mide la cantidad de carbono orgánico concentrado en una muestra y la DTO es un parámetro que mide la dosis de oxígeno que consumen los componentes de la muestra al lograr la oxidación completa (total)”[32].

✓ **pH**

El pH (potencial de hidrógeno) “es un parámetro fundamental y por ende bastante usado en el estudio de la química del agua. Durante distintos procesos para el abastecimiento de agua potable para el consumo humano y en el tratamiento de las aguas residuales ocurren distintas reacciones y procesos (control de corrosión, precipitación, neutralización, desinfección, entre otros) donde interviene este parámetro. El pH es un parámetro que se aplica en la medición de alcalinidad, CO₂ y para equilibrios ácido base. Si se busca obtener la neutralidad de una muestra de agua, es necesario utilizar las capacidades acidez y alcalinidad”[32].

✓ **Sólidos suspendidos totales**

Los Sólidos Suspendidos Totales (SST) “hacen referencia a la materia suspendida o disuelta en el agua superficial, potable, o aguas residuales domésticas e industriales”[32].

“Los SST pueden causar efectos negativos en la calidad del agua o del efluente. Las aguas con presencia de alto contenido de sólidos suspendidos generalmente no pueden ser usados para ninguna actividad y pueden causar reacciones fisiológicas negativas en el consumidor o usuario. Las aguas con alta concentración de minerales tampoco son adecuadas para las aplicaciones industriales o de consumo”[32].

“Las aguas con presencia de alto contenido de sólidos suspendidos también pueden ser estéticamente insatisfactorias para cualquier tipo de uso. El análisis de sólidos en suspensión es importante porque permite controlar los procesos del tratamiento de las aguas residuales y así dar cumplimiento a las normativas relacionadas a los recursos hídricos”[32].

✓ **Nitrato**

Los iones de nitrato “están conformados por nitrógeno y oxígeno, y son compuestos solubles. El nitrato es un elemento importante para el crecimiento de las plantas y debido a su solubilidad es muy frecuente en el agua, las principales fuentes de contaminantes nitrogenados de aguas naturales son las actividades ganaderas, industriales, agronómicas y las aguas residuales domésticas. La consecuencia de la ingesta de nitrato en el ser humano es que

causa metahemoglobinemia, enfermedad que ataca a los niños menores de seis meses y causa que los glóbulos rojos bajen su capacidad de transportar oxígeno”[32].

✓ **Fosfato**

El ion fosfato “proviene del fósforo inorgánico y se puede encontrar como fragmentos sueltos y partículas en algunos organismos acuáticos. El agua de lluvia que contiene distintas concentraciones de fosfato y la presencia de detergentes en las aguas residuales son los principales aportantes de fosfato a las aguas naturales. El ion fosfato es un nutriente para el crecimiento desmedido de algas en las aguas, lo que afecta a la cantidad de oxígeno y provoca mayor descomposición, lo cual finalmente termina en un escenario de eutrofización”[32].

✓ **Temperatura**

La temperatura “es un parámetro importante para el estudio de los ecosistemas acuáticos. Las temperaturas altas que son producidas por las descargas de agua caliente generalmente tienen un impacto negativo significativo en el ambiente. Las fuentes de suministro de agua, como aguas subterráneas de pozos profundos, pueden ser identificados solo mediante las mediciones de temperatura. Algunas plantas industriales en ocasiones requieren datos sobre la temperatura del agua para ser usadas en distintos procesos o para calcular la transmisión de calor”[32].

1.2.5.10. Calidad de agua

Las fuentes de abastecimiento de agua “se evalúan principalmente en función de su calidad, dándose preferencia a las fuentes subterráneas, pues son estas las que se encuentran menos contaminadas”[33].

En general el agua “debe estar libre de organismos patógenos, sustancias tóxicas y de un exceso de minerales y materia orgánica; para que sea agradable debe estar libre de color, turbiedad, sabor y olor; el contenido de oxígeno debe ser suficientemente alto y debe tener una temperatura adecuada”[33].

En el Perú existen normas de calidad de agua potable “publicadas mediante el Reglamento de Calidad de Consumo Humano, las que incluyen criterios de calidad de agua en sus aspectos físicos, químicos y bacteriológicos”[33].

1.2.5.11. Planta de tratamiento (PTAR)

“La planta de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales (PTAR) es una infraestructura y procesos que permiten la depuración de las aguas residuales Domésticas o Municipales, para disminuir los contaminantes y obtener la calidad del agua vertida” Artículo 2º D.S. N° 003-2010-MINAM”[34].

1.2.5.12. Grado de eficiencia de la PTAR

Las obras de captación el nivel de eficiencia de una PTAR, “se define como la reducción porcentual de indicadores acumulativos o de determinadas sustancias. En general, la eficiencia nos permite evaluar la capacidad de desempeño de un proceso o parte de un proceso, permitiéndonos comparar los resultados de la capacidad de procesamiento real, con la capacidad teórica estimada o con la capacidad de servicio”[34].

1.2.5.13. Principales indicadores para el control del efluente del PTAR

“El parámetro físico olor se encuentra asociados con materia orgánica en descomposición, algas y otros organismos microscópicos vivos que contienen aceites esenciales y otros compuestos olorosos; sales inorgánicas y productos metálicos de la corrosión; residuos industriales, particularmente sustancias fenólicas; cloro y sus compuestos de sustitución, que actúan como desinfectantes; compuestos orgánicos sintéticos no biodegradables”[27].

1.2.5.14. Valores admisibles

“La finalidad de los Valores Máximos Admisibles (VMA) es regular las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario. Aquello se asocia con los Usuarios No Domésticos (UND), que son personas naturales y jurídicas que realizan descargas de aguas residuales no doméstica (ARND) al sistema de alcantarillado. Estas aguas residuales son producidas por alguna actividad económica, ya sea comercial o industrial, distinta a la generada en preparación de alimentos, así como: 1. industrias. 2.- laboratorios, 3.- hospitales. 4.- lavanderías. 5.- camales, entre otros. Las sustancias que están prohibidas en las descargas son compuestos de hidrocarburos y sus derivados, disolventes orgánicos y pinturas, residuos sólidos o viscosos

capaces de obstruir el libre flujo en los colectores, mezclas inflamables, radioactivas, explosivas, corrosivas, tóxicas o venenosas”[2].

1.2.5.15. Planta de tratamiento de agua potable (PTAP)

Las plantas diseñadas para el tratamiento de agua, “son fáciles de construir, operar y mantener con recursos locales. Sus estructuras son obras civiles simples, de fácil mantenimiento y larga duración; lo que permite una reducción del 40 al 50% del costo en relación a otras tecnologías. Las plantas se pueden construir por módulos, de acuerdo a la disponibilidad de recursos económicos y materiales locales. Como condición previa a la construcción de una PTAP, se deben conocer las características físico-químicas y microbiológicas de la fuente, para seleccionar el grado de tratamiento necesario y poder garantizar la calidad del producto fin a continuación se describen los principales componentes de una PTAP”[35].

- **Pretratamiento**

La primera operación de pretratamiento “consiste en la eliminación de los sólidos de gran tamaño que pueda contener el agua en punto de captación, por ejemplo, hojas o ramas de árbol, piedras, etc. Para ello, se utilizan rejas y/o tamices que retienen los sólidos. Cuando el contenido en arenas y sólidos similares en suspensión es elevado, se emplean canales desarenadores en los que los sólidos sedimentan por gravedad”[35].

- **Coagulación- floculación**

Antes entrar a la etapa de decantación, “se ajusta el pH mediante la adición de ácidos (clorhídrico, sulfúrico) o de álcalis (hidróxido sódico, hidróxido cálcico) y se añaden al agua agentes coagulantes (sales de hierro o aluminio), que dan lugar a cationes multivalentes con cargas positivas que compensan la carga negativa de las partículas coloidales y por lo tanto eliminan las fuerzas de repulsión entre ellas, facilitando su coalescencia para dar lugar a partículas de mayor tamaño. Asimismo, se añaden agentes floculantes (polielectrolitos) con el fin de aglutinar las partículas formadas en la coagulación para dar lugar a la formación de flóculos de mayor tamaño que se separan más

fácilmente por decantación en la etapa posterior de decantación, al descender a mayor velocidad”[35].

- **Decantación**

En esta etapa “los flóculos formados por la acción de los agentes coagulantes y floculantes sedimentan en tanques de forma circular o rectangular, obteniéndose por la parte superior el agua clarificada y extrayéndose por el fondo una corriente de lodos que contienen los flóculos sólidos”[35].

1.2.5.16. Reservorios

“Son unidades de almacenamiento de agua potable que garantizan el suministro de la red de distribución en horas de máximo consumo y mantener una presión adecuada de servicio”[36].

1.2.5.17. Funciones del reservorio

El reservorio cumple las siguientes funciones, como nos indica[36].

- Compensar las variaciones durante el día (*Vregulación*)
- En caso de emergencias como el caso de fallas de bombas, incendios u otros casos se debe tener almacenado cierta cantidad de agua.
- Mantener las presiones de servicio de la red, para que cumpla con los límites permisibles en cada punto de la red.

1.2.5.18. Volumen de reservorio

Para determinar la capacidad del reservorio, “es necesario considerar la compensación de las variaciones horarias, emergencia para incendios, previsión de reservas para cubrir daños e interrupciones en la línea de conducción y que el reservorio funcione como parte del sistema. Para el cálculo de la capacidad del reservorio, se considera la compensación de variaciones horarias de consumo y los eventuales desperfectos en la línea de conducción. El reservorio debe permitir que la demanda máxima que se produce en el consumo sea satisfecha a cabalidad, al igual que cualquier variación en el consumo registrado en las 24 horas del día. Ante la eventualidad que en la línea de conducción pueda ocurrir daños que mantengan una situación de déficit en el suministro de agua, mientras se hagan las reparaciones pertinentes, es aconsejable un volumen adicional

para dar oportunidad de restablecer la conducción de agua hasta el reservorio”[37].

1.2.5.19. Tipos de reservorio

“Los reservorios de almacenamiento pueden ser elevados, apoyados y enterrados. Los elevados, que pueden tomar la forma esférica, cilíndrica, y de paralelepípedo, son construidos sobre torres, columnas, pilotes, etc; los apoyados, que principalmente tienen forma rectangular y circular, son construidos directamente sobre la superficie del suelo y los enterrados, de forma rectangular y circular, son construidos por debajo de la superficie del suelo (cisternas). Para capacidades medianas y pequeñas, como es el caso de los proyectos de abastecimiento de agua potable en poblaciones rurales, resulta tradicional y económica la construcción de un reservorio apoyado de forma cuadrada o circular”[37].

1.2.5.20. Red de distribución

La red de distribución de agua potable, “es el conjunto de tuberías que tienen como finalidad proporcionar agua al usuario, ya sea mediante un hidrante de toma pública o mediante conexión domiciliaria. La distribución se inicia en el tanque reservorio y recorren todas las calles de la localidad beneficiaria; las tuberías que la integran son de diferentes diámetros, que van enterrados en la vía pública es decir en terrenos propiedad del Municipio, a los que se conectan tuberías de pequeños diámetros para introducir el agua a las edificaciones”[38].

1.2.5.21. Tipos de redes

Hay dos tipos de sistemas de distribución, de acuerdo a la forma de los circuitos: el sistema puede ser ramificado o abierto y de circuito cerrado, denominado como malla, parrilla, etc.

- **Sistema abierto o ramificado**

“Son redes de distribución, compuestas por un ramal matriz y una serie de ramificaciones. Se emplea dicho sistema, cuando la topografía no permite o se dificulta la interconexión entre ramales y cuando el desarrollo de las poblaciones es en forma lineal, por lo general a lo largo de un camino o un río”[39].

Las tuberías principales se calcularán con el gasto acumulado que les corresponda a partir del gasto máximo horario. Este tipo de red tiene los inconvenientes que cuando se presenta una descompostura en la tubería principal, se corre el riesgo de tener que suspender el servicio en toda la población, de la misma manera que como el escurrimiento es prácticamente en una sola dirección, no hay oportunidad de sobrealimentar tramos que demanden mayor gasto además de tener en ocasiones un alto número de puntos muertos, sin embargo, su construcción resulta generalmente económica.

- **Sistema cerrado**

“Este sistema está formado por tuberías interconectadas que forman mallas. Se considera más conveniente este tipo de sistema puesto que al utilizar un circuito cerrado, se logra un servicio más permanente y eficiente”[39].

“Es el conjunto de tuberías que se instalan subterráneamente en las calles de una población y de las que se derivan las tomas domiciliarias que entregan el agua en la puerta de la casa del usuario. Está formada por tuberías principales, llamadas también de circuitos y por tuberías secundarias o de relleno que son las que se derivan de las primeras”[39].

1.2.5.22. Tensión Tractiva

Se define a la fuerza de arrastre o tensión tractiva “como la fuerza tangencial por unidad de área mojada ejercida por el flujo de aguas residuales sobre un colector y en consecuencia sobre el material depositado”[40].

1.2.5.23. Población y demanda de agua

“nos dice que todo proyecto de agua se diseña para satisfacer una necesidad previendo el crecimiento poblacional en un periodo variable entre 10 y 20 años, siendo necesario estimar la población futura con el fin de determinar la demanda de agua teniendo en consideración el periodo de diseño”[41].

1.2.6. Marco conceptual

1.2.6.1. El agua

“El agua es una sustancia cuya molécula está compuesta por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno (H₂O). La expresión agua generalmente se refiere a la sustancia en su estado líquido, aunque la misma puede encontrar en su forma sólida llamada hielo y en su forma gaseosa denominada vapor. Es una sustancia bastante común en la tierra y el sistema solar, donde se encuentra principalmente en forma de vapor o de hielo. Es fundamental e imprescindible para el origen y la supervivencia de la gran totalidad de todas las formas conocidas de vida”[42].

1.2.6.2. Calidad de vida

“Es un concepto complejo y cuenta con definiciones desde ciencia políticas, medicina, sociología que hace alusión a varios niveles de generalización pasando por la sociedad, la comunidad, en el aspecto físico hasta en el aspecto mental. Existen 5 áreas para evaluar la calidad de vida. Bienestar físico, bienestar material, bienestar social, desarrollo y bienestar emocional”[43].

1.2.6.3. Calidad de agua

“La calidad de agua se especifica dependiendo del uso para el cual va a ser utilizada, ya sea para uso doméstico, uso recreativo, uso agrícola y ganadero. Sin embargo, se debe tener en cuenta que inmediatamente después de utilizar el recurso, este suele retornar al sistema hidrológico, de manera que si no se realiza el tratamiento apropiado puede acabar afectando arduamente a la fuente, este recurso define la capacidad que posee el agua para responder a los usos que se podrían obtener de ella, incurre de manera directa en la salud del ser humano. De la calidad de este recurso depende tanto la biodiversidad como la calidad de los alimentos, la salud y las actividades humanas”[44].

1.2.6.4. Importancia del agua

“El agua es el elemento de la naturaleza fundamental para el sostenimiento y la reproducción de la vida en el planeta, ya que constituye un factor necesario para el desarrollo de los procesos biológicos que la hacen posible.

Asimismo, el agua ayuda a la estabilidad del funcionamiento del entorno, de los seres vivos y organismos que en el habitan, es por eso que el agua es un elemento indispensable, es decir, es un bien de primera necesidad para los seres vivos”[45].

1.2.6.5. El saneamiento de agua

“Según el Diccionario de arquitectura y construcción. El abastecimiento de agua es el suministro de agua potable a una comunidad, que incluye las instalaciones de depósitos, válvulas y tuberías”[46].

Se entiende por abastecimiento de agua “al conjunto de obras e instalaciones que tiene por finalidad satisfacer las necesidades de agua de una comunidad, tanto desde un punto de vista cuantitativo como cualitativo. Para el cumplimiento de ese objetivo, un sistema de abastecimiento de agua se compone, en general de las siguientes fases o etapas”[46].

1.2.6.6. Eficiencia de tratamiento

“Concentración removida y la concentración aplicada, en un proceso o una planta de tratamiento para un parámetro específico, se expresa en decimales o porcentaje”[47].

1.2.6.7. Límite máximo permisible (LMP)

“Miden la concentración de elementos, sustancias, parámetros físicos, químicos y biológicos, se encuentran presentes en las emisiones, efluentes o descargas generadas por una actividad productiva (industria, minería, electricidad, pesquería etc.), que al exceder causa daño a la salud humana y al ambiente”[48].

1.2.6.8. Recurso hídrico

La gestión integrada de los recursos hídricos (GIRH) se definió “como un proceso que apoya el desarrollo coordinado y la gestión de la matriz del agua, la tierra y los recursos relacionados, con el objetivo de “promover el desarrollo económico y social al tiempo que se reducen las presiones ambientales sobre la cantidad de agua y calidad”[49].

1.2.7. Marco legal

El marco legal peruano define los siguientes parámetros y valores relevantes para la construcción y operación de PTAR:

1.2.7.1. Decreto N° 003-2010-MINAM D.S. N° 003-MINAM

1.2.7.2. Artículo 32 numeral 32.1-límite máximo permisible-LMP

1.2.7.3. Ley General de aguas. Decreto ley N° 17752 y sus modificaciones según el decreto supremo N° 007-83-SA.

1.2.7.4. Ley N° 28611, Ley General del Ambiente

Ley General del Ambiente, “toda persona tiene el derecho irrenunciable a vivir en un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el pleno desarrollo de la vida, y el deber de contribuir a una efectiva gestión ambiental y de proteger el ambiente, así como sus componentes, asegurando particularmente la salud de las personas en forma individual y colectiva, la conservación de la diversidad biológica, el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales y el desarrollo sostenible del país”[50].

1.2.7.5. Plan Nacional de Educación Ambiental 2017 - 2022 (PLANEA)

El plan nacional de educación ambiental “es un instrumento de gestión pública impulsado por el ministerio de educación (MINEDU) y el ministerio del medio ambiente (MINAN) a fin de establecer acciones específicas, responsabilidades y metas para la implementación de la política nacional de educación ambiental (PANEA) aprobada por Decreto Supremo N° 017- 2012-ED y que cuenta con un marco legal que lo sustenta. El PLANEA ha sido elaborado mediante un amplio proceso de análisis, participación y consulta pública liderado por el MINEDU y el MINAM, con la activa participación de entidad pública y sociedad civil”[51].

1.2.7.6. Ley del sistema nacional de evaluación del impacto ambiental N° 27446

1.2.7.7. Ley de los recursos hídricos ley N° 29338

1.2.7.8. Ley del marco del sistema nacional de gestión ambiental ley N° 28245

1.2.7.9. Estándares de calidad de agua (ECA) establecidos en el D.S. N° 002-2008-MINAM

- 1.2.7.10. Resolución de consejo directivo N° 021-2018-SUNASS-CD-
resolucion de C.D. que aprueba la modificación del reglamento
general de supervisión, fiscalización y sanción de las EPS.**
- 1.2.7.11. Reglamento de la ley general de Servicios de saneamiento, D.S. N°
09-95-PRES**
- 1.2.7.12. Ley orgánica de municipalidades**
- 1.2.7.13. El numeral 22 del artículo 2 de la constitución política del Perú**

II. ESTRATEGIA METODOLÓGICA

2.1. TIPO, NIVEL Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

- **TIPO**

El presente trabajo de investigación es aplicativo, puesto que se aplicó conocimientos previos adquiridos de un aprendizaje teórico, además resolver problemas reales[52].

NIVEL

Es una investigación de nivel descriptivo, porque se va describir los variables de estudio y el fenómeno en general, pero además buscaremos explicar la relación que existe entre dos variables.

- **DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN**

El diseño de investigación que se realizara es Cuasi experimental, porque se realizara un pre y post evaluación de las muestras de agua. “El diseño constituye el área, el contexto, el entorno, la dimensión espacio-temporal que se convierte en fuente de información para el investigador”[53].

2.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

2.2.1. Población

La población estará conformada por la totalidad del área de influencia directa, constituida por la población del distrito de san clemente.

2.2.2. Tamaño de la muestra

Muestra:

Una muestra en general es toda parte representativa de la población, cuyas características debe reproducir en pequeño lo más exactamente posible”. Por lo tanto,

para determinar la muestra se ha utilizado la fórmula de aleatorio simple, teniendo en cuenta:

Posición de muestreo

- ✓ **“Posición uno:** Aguas arriba de la desembocadura del vertimiento de las aguas residuales del distrito de San Clemente,
- ✓ **Posición dos:** Aguas abajo de la desembocadura del vertimiento de las aguas residuales del distrito de San Clemente”

2.3 VARIABLES DE INVESTIGACIÓN

2.3.1. Variable Independiente:

VI = Parámetros de contaminación ambiental

2.3.2. Variable dependiente:

VD = Efluentes de la PTAR del distrito de san clemente

2.3.3. Operacionalización de las variables

Variable Independiente	Conceptualización	Dimensiones	Indicadores	Unidad de medida
VI: Parámetros de contaminación ambiental	“Atributos que posee el cuerpo de agua, de tal modo que dentro de las parámetros fisicoquímicos y microbiológicos reúna aquellas características para su aceptabilidad para el uso determinado” [54]. “Para la determinación de la calidad un índice de calidad ambiental, se puede emplear el método NFS” [54].	D_{L,1}: “Concentración de elementos físicos” [55]. D_{L,2}: “Concentración de elementos químicos” [55]. D_{L,3}: “Concentración de elementos microbiológicos” [55].	“pH, Color, Fosforo Total Nitratos Nitrógeno amoniacal Nitrógeno total Oxígeno disuelto”[55]. “DBQ DQO”[55]. “Coliformes Termotolerantes” [55].	“pH, UC, mg/L, mg/L, mg/L, mg/L, mg/L” [55]. “mg/L, mg O ₂ /L” [55]. “NMP/100 mL” [55].
Variable Dependiente	Conceptualización	Dimensiones	Indicadores	Unidad de medida
VD: Efluentes de la PTAR del Distrito de San Clemente	“Son aquellas aguas procedentes de origen residencial y comercial que contienen desechos fisiológicos (heces y orinas), restos de cocina, del aseo personal, de la limpieza de la casa, entre otros” [54], y “dentro de sus características suelen contenedor una mayor de concentración de materia orgánica y microorganismos” [54].	D_{2,1}: “Estándares de Calidad de agua” [55].	“pH Color Fosforo Total Nitratos Nitrógeno amoniacal Nitrógeno total” [55].	“Ph, UC, mg/L, mg/L, mg/L, mg/L” [55].

2.4. HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN

2.4.1. Hipótesis principal

Ha: La evaluación de los parámetros de contaminación ambiental del efluente de la PTAR del distrito de san clemente.

2.4.2. Hipótesis específicas

H2: La determinación de los parámetros fisicoquímicos de contaminación ambiental del efluente final de la PTAR del distrito de san clemente.

H3: La determinación de los parámetros microbiológicos de contaminación ambiental del efluente final de la PTAR del distrito de san clemente

2.5. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

2.5.1. Técnicas de procesamiento de datos

La técnica que se utilizaran para cumplir con los objetivos es:

- Para el procesamiento de datos se empleará el MS Excel que se registraran en tablas y gráficos ilustrativos.
- Protocolos de monitoreo, ensayos de calidad del agua en base a normas técnicas peruanas

Identificación del área de investigación:

- Reconocimiento del lugar o el área de estudio.
- Especificaciones del proceso a seguir.
- Identificación de los puntos a tomar los datos.

Monitoreo de agua de consumo humano:

Toma de muestras en el lugar o puntos seleccionados.

Análisis del vertimiento de las aguas residuales:

Se efectuará con un laboratorio reputado, a fin de tener resultados fidedigno

2.5.2. Instrumentos

Los instrumentos que se utilizaran para cumplir con los objetivos son:

- a. Las fichas bibliográficas** para el desarrollo del marco teórico y la teoría básica, que permitió realizar diferentes anotaciones de los autores consultados. Incluyo la búsqueda, recopilación y ordenamiento de la información en relación a la evaluación de los parámetros ambientales de la planta de tratamiento de aguas residuales[56].
- b. Fichas de laboratorio**
- c. Equipo multiparametro portátil (análisis físico-químicos in situ: temperatura, pH)**
- d. GPS**

2.5.3. Análisis de datos

Para este trabajo de investigación que se realizara será encausada mediante el software Excel, del mismo modo se analizara cuantitativamente mediante la hipótesis estadística, para su subsiguiente explicación.

III. RESULTADOS

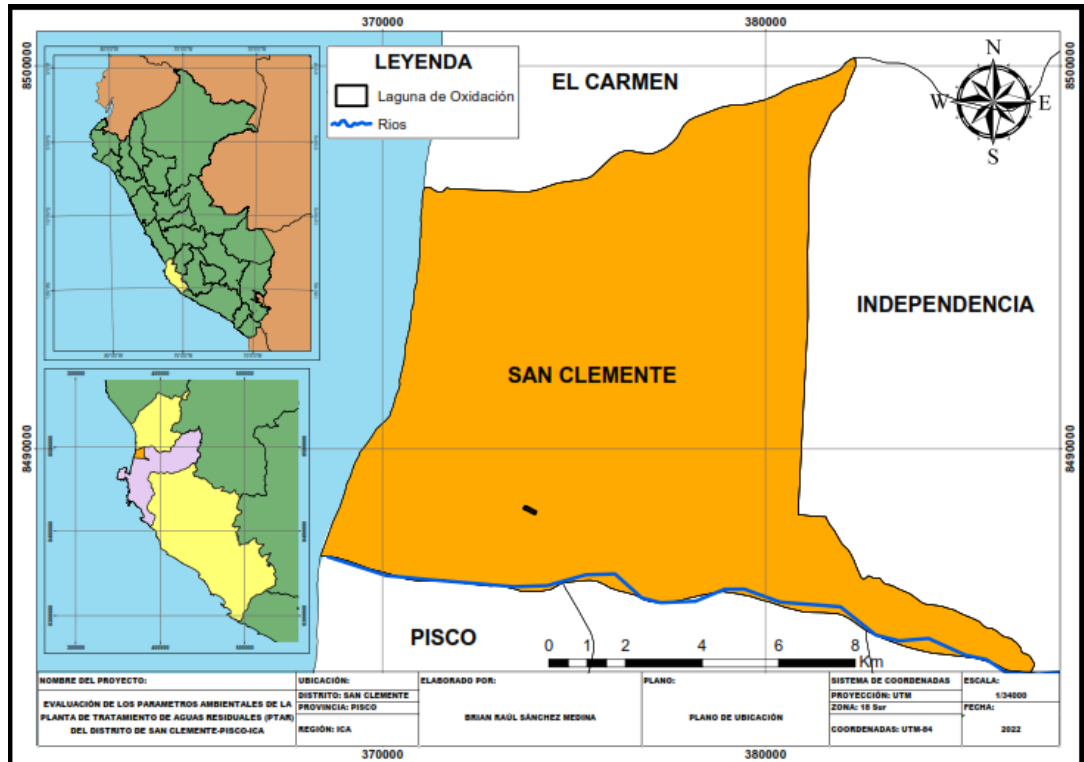
3.1. Planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de san clemente

La ubicación de la zona de estudio de investigación se localiza en el departamento Ica, Provincia de Pisco en el Distrito de San Clemente es la principal fuente de agua superficial en la cuenca. Su longitud de unos 472 km. El río Pisco es uno de los cuatro ríos de Ica, naciente, con una gran cuenca (500 km²) y con un recorrido más largo que los otros tres (170 km), a su vez el distrito de San Clemente cuenta con:

- Superficie: **13 400 hectáreas**
- Altitud: 93 metros
- Coordenadas geográficas:
- Latitud: - 13.6808
- Longitud: - 76.1575
- Latitud: 13° 40' 51'' Sur
- Longitud: 76° 9' 27'' Oeste
- Caudal 26 Qmd (l/s)
- Coordenadas UTM(WGS 84)18L: 0374022 mE – 8488360 Mn
- Población 210796 habitantes
- Densidad poblacional 162.7 hab/km²



El agua residual proviene de los centros Poblados de:



CENTROS POBLADOS DEL DISTRITO DE SAN CLEMENTE

- BOTIJA
- AGUA SANTA
- CUCUCHI
- CAMACHO
- CAUCATO
- DADELSON
- TORRE MOLINO
- PUENTE PIEDRA
- PAMPA BANDINI
- CAVERO
- SAN PABLO

MELCHORITA

OASIS

AGUA SANTA EL PORVENIR

SANTA CLARA

EL BUEN PASTOR SANTA CLARA

NUEVA JERUSALEN

NUEVO CAUCATO



Accesibilidad

La localidad de San Clemente de la provincia de Pisco se conecta con la ciudad de Ica a través de una carretera asfaltada, y gran parte de ella corresponde a la Panamericana Sur.

Para llegar al sector desde el centro de la ciudad de Pisco se inicia con una carretera asfaltada de la cual forma parte un tramo de la carretera panamericana.

Los medios de transportes más comunes están constituidos por vehículos de pasajeros de tipo auto y combis siendo el transporte público con servicio particular para el transporte.

ESTRATIGRAFÍA

“En el área de la cuenca del río Pisco, se exponen diferentes unidades litológicas, como ígneas y sedimentarias, así como depósitos inconsolidados, con una edad que varía desde el Mesozoico hasta el Cuaternario reciente”[57].

“Caracterización química de la cuenca baja El agua del río Pisco resulta caracterizada como sulfatada clorurada cálcica sódica en el segmento superior y como sulfatada clorurada sódica cálcica en el inferior, debiéndose el cambio a una mayor actividad antrópica en el sector más bajo, así como al cambio litológica que se produce; en el sector superior predominan los intrusivos y sedimentarios en menor medida, en tanto que en la parte más baja se emplazan depósitos aluviales”[57].

El Distrito cuenta con dos lagunas de estabilización



- Lagunas de estabilización, conformadas por estanques, en las que se vierten las aguas residuales provocando la estabilización de la materia orgánica y la reducción bacteriana.
- Lagunas facultativas, que se caracterizan porque el aporte de oxígeno varía según la hora del día y la profundidad.

La planta de tratamiento de aguas residuales esta diseñada de la siguiente forma:

- Dimensiones: 90 m ancho x 90 m de largo x 2,5 m de profundidad.
- Diques y fondos de las lagunas, construidos con suelo compactado.
- Área: 2,5 ha

3.2. Características Actuales del Sistema de Tratamiento.

La PTARD contempla específicamente el diseño de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales mediante 02 Lagunas de Estabilización, que se detalla en lo siguiente:

Caseta de Vigilancia y de Operación

Dispone de una caseta de vigilancia de hormigón armado para almacenar los materiales, equipos y herramientas que se utilizarán para el correcto funcionamiento y mantenimiento de la depuradora.

Buzón de Inspección de Llegada

Al llegar a la depuradora a lo largo de un pequeño emisor final que funciona por gravedad, las aguas residuales se descargan desde la última balsa y directamente en la laguna primaria sin impermeabilizar, que se halla en mal estado.

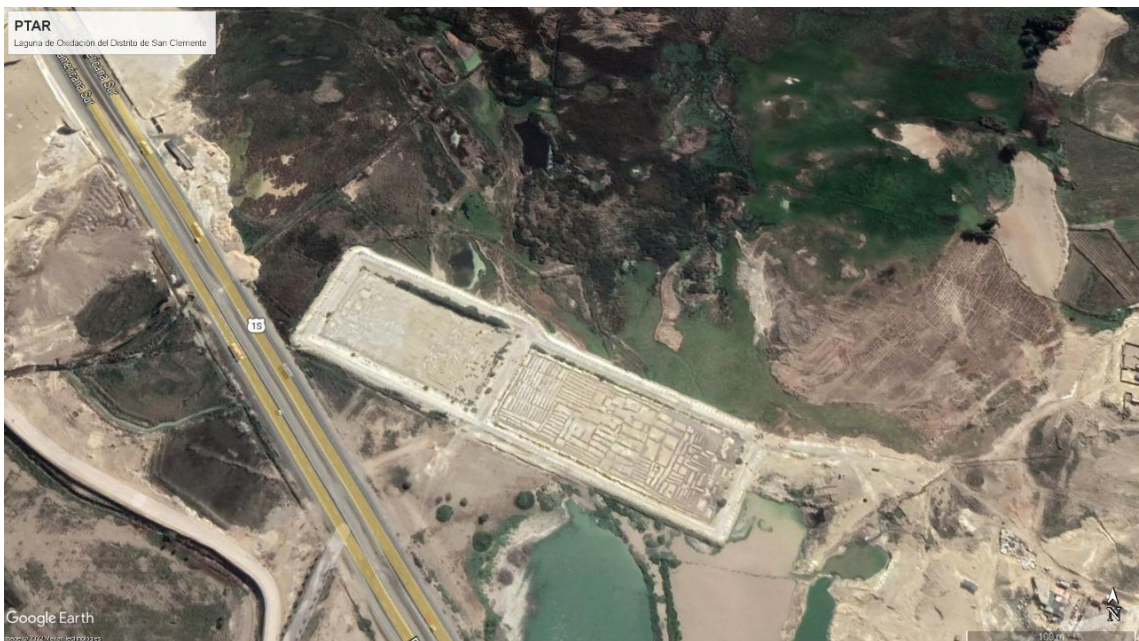
Medidor de Caudal

No cuenta con un medidor de los caudales para los procesos de operación y mantenimiento.

Lagunas de Estabilización

Se evidencia la construcción (01) Lagunas Primarias de tipo facultativas, (01) Lagunas Secundarias del tipo Facultativas, impermeabilizadas con geomembrana, así mismo los taludes se encuentran con maleza y eutrofizándose.

Las lagunas de estabilización tienen un tirante de agua de aproximado de 2.50 m en la laguna primaria y la secundaria se encuentra sin nivel de líquido por estar obstruida.



Laguna Primaria 01	2100.00 m ²
Laguna Secundaria 01	2400.00 m ²
Área total	25000 m ² aprox.

Materiales y equipos para la determinación de los parámetros ambientales

Materiales de vidrio

- Matraces de Vidrio
- Tubos de Ensayo
- Erlenmeyer
- Vasos de precipitado
- Probeta graduada
- Frascos de vidrio
- Lunas de reloj y baguetas
- Dispositivo de Titulación
- Digestores
- Destilador de vidrio
- Fiolas
- Equipo Sofley
- Filtros de porcelana

Equipos

- Cooler
- Balanza Analítica
- Campana Extractora
- Estufa
- Ph metro
- Equipo de Análisis Físicoquímico
- Equipo de Análisis Bacteriológico
- Equipo de Filtración al Vacío
- Equipo Multiparámetro
- Comparador de Cloro
- Conductímetro

Reactivos y/o insumos químicos

- Agua destilada
- Hidróxido de sodio
- Hexano
- Detergentes
- Almidón
- DPD
- Ácido Nítrico
- Ácido Clorhídrico
- Ácido fosfórico.

Preparación y Preservación de Muestras de Agua Potable

La preparación y preservación de las muestras deberán tener los siguientes cuidados:

- Cationes metálicos pueden precipitarse como hidróxidos o formar complejos.
- Cationes metálicos puede ser absorbidos por la superficie de vidrio, cuarzo o recipiente plástico.
- Las características de las muestras pueden ser modificadas también por la actividad microbiológica.
- Las células pueden aumentar el DBO y el DQO.
- La productividad de células puede modificar el DBO y el DQO.
- El contenido de nitrógeno y fósforo puede ser alterado.

La tabla que se da a continuación nos presenta más información para el almacenamiento de muestras.

TABLA N° 3.1. ALMACENAMIENTO Y REFRIGERACIÓN DE MUESTRAS

PARÁMETRO	FRASCO *	MÉTODO DE PRESERVACIÓN	TIEMPO MÁXIMO ENTRE COLECTA Y ANÁLISIS
Alcalinidad	P ó V	Refrigeración a 4° C	24 horas
DBO	V	Refrigeración a 4° C	6 horas
Borato	P	No necesita	7 días
Calcio	P o V	No necesita	7 días
DQO	V	1 a 2 ml. De H ₂ SO ₄ / litro de muestra	1 a 7 días

Cloruro	P ó V	No necesita	7 días
Cloro	V	-	analizar inmediatamente
Color	P ó V	Refrigeración a 4° C	24 horas
Conductividad	P ó V	No necesita	1 a 7 días
	P	Adicionar NaOH hasta pH = 11	24 horas
Cianuro	V	20 mg. HgCl ₂ / litro de muestra	1 día
	V	2 ml. Sulfato manganoso + 2 ml iodato alcalino azida	24 horas
Fluoruro	P	No necesita	7 días
Dureza	P ó V	No necesita	7 días
Nitrogeno Amoniacal	P ó V	1 ml H ₂ SO ₄ / litro de muestra, refrigeración a 4° C	1 a 7 días
Nitrato	P ó V	1 ml H ₂ SO ₄ / litro de muestra, refrigeración a 4° C	1 a 7 días
Nitrito	P ó V	1 ml H ₂ SO ₄ / litro de muestra, refrigeración a 4° C	24 horas
Orgánico	V	1 ml H ₂ SO ₄ / litro de muestra, refrigeración a 4° C	24 horas
Olor	V	refrigeración a 4° C	6 a 24 horas
Aceites y grasas	V	1 a 2 ml HCl / litro de muestra	24 horas
Carbono orgánico	V	1 ml H ₂ SO ₄ / litro de muestra	1 a 7 días
pH	P ó V	-	analizar en cuanto antes, de preferencia en el lugar
Sólidos Disueltos	P ó V	-	24 horas
Sólidos Totales	P ó V	-	7 días
Sulfato	P ó V	no necesita	7 días
Sulfuro	V	2 ml 1M Zn(OQc) ₂ / litro de muestra, después 2 ml. NaOH 1 N	24 horas
Turbidez	P ó V	-	4 a 24 horas

Fuente: Química Analítica.

* Frasco de tipo plástico (P) ó vidrio (V)

3.3. Caracterización de OM en aguas residuales y muestras de agua

“La problemática de la calidad del agua para consumo humano es cada día mayor, debido principalmente al crecimiento poblacional y las actividades antropogénicas que aportan contaminantes a los cuerpos de aguas naturales. Latinoamérica no escapa a esta realidad, el crecimiento no planificado de las ciudades, produce escasez en el suministro de agua potable que alcanza niveles de 80% en las zonas rurales”[58].

En general, las aguas residuales contienen una variedad de componentes orgánicos e inorgánicos con diferentes características fisicoquímicas. Los contaminantes o tipos de contaminantes presentes en las aguas residuales dependen de las fuentes de contaminación. Por ejemplo, se ha demostrado que a menudo se detectan altas concentraciones de DQO, aceite, grasa, sulfuro, amoníaco, solventes orgánicos e hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) en las muestras de aguas residuales derivadas de las refinerías petroquímicas y las industrias de procesamiento químico (Botalova et al., 2009), mientras que se observa una alta concentración de metales pesados y un bajo valor de DQO en muestras de aguas residuales de industrias de galvanoplastia/electricidad (Kurniawan et al., 2006). Además, el diseño de sistemas de línea de alcantarillado (es decir, sistemas de alcantarillado separados o combinados) también afecta directamente la composición de las aguas residuales.

Control Analítico de Muestras de agua Residual

“La recolección de las muestras depende de los procedimientos analíticos empleados y los objetivos del estudio. El objetivo del muestreo es obtener una parte representativa del material bajo estudio (agua, efluente industrial, agua residual, etc), para lo cual se analizarán las variables fisicoquímicas de interés. El volumen de material captado se transporta hasta el lugar de almacenamiento (cuarto frío, refrigerador, nevera...), para luego ser transferido al laboratorio para el respectivo análisis, momento en el cual la muestra debe conservar las características del material original. Para lograr este objetivo se requiere que la muestra conserve las concentraciones relativas de todos los componentes presentes en el material original y que no hayan ocurrido cambios significativos en su composición antes del análisis”[61].

Se efectuará en parámetros que determinen los indicadores ambientales de contaminación:

- Parámetros Físicos
- Parámetros Químicos
- Parámetros Microbiológicos

Para medir la presencia de los contaminantes descritos, se utilizan los siguientes parámetros:

DBO5:

“Respecto a la toma de muestra para Demanda Bioquímica de Oxígeno, utilizar frascos de plástico de boca ancha de un litro de capacidad, limpios, al tomar la muestra llenar completamente el frasco e inmediatamente tapar, mantener la muestra en cajas protectoras de plástico a 4 °C aproximadamente (no se debe de congelar la muestra), no requiere de preservantes”[62].

Es la demanda bioquímica de oxígeno a los 5 días y a 20°C, indica el contenido de materia orgánica en unas aguas servidas. La DBO5 tiene una componente particulada y una componente disuelta. Este parámetro indica la presencia de materia orgánica en el agua.

Sólidos Suspendidos Totales (SST):

“Las aguas crudas naturales contienen tres tipos de sólidos no sedimentables: suspendidos, coloidales y disueltos. Los sólidos suspendidos son transportados gracias a la acción de arrastre y soporte del movimiento del agua; los más pequeños (menos de 0.01 mm) no sedimentan rápidamente y se consideran sólidos no sedimentables, y los más grandes (mayores de 0.01 mm) son generalmente sedimentables “[63]. Indican el contenido de materia en suspensión en las aguas servidas, se consideran sólidos suspendidos aquellos que no pasan a través de un filtro membrana de porosidad de 0,8 [µm] o menor. Los sólidos suspendidos se dividen en sólidos volátiles y sólidos fijos.

Nitrógeno Kjeldahl (NKT):

“De acuerdo con el ciclo del Nitrógeno, una concentración alta de Nitrógeno orgánico es característica de una contaminación fresca o reciente, y por consiguiente de gran peligro potencial. Todo el Nitrógeno presente en compuestos orgánicos puede considerarse Nitrógeno orgánico. El contenido de Nitrógeno orgánico en un agua incluye el Nitrógeno de aminoácidos, aminas, polipéptidos, proteínas y otros compuestos orgánicos del Nitrógeno. El Nitrógeno amino de la mayoría de materiales orgánicos y el amoníaco libre son convertidos a amonio en presencia de H₂SO₄, sulfato de potasio (K₂SO₄), y sulfato de Cobre II (CuSO₄) como catalizador”[64]. Es la suma del nitrógeno orgánico y el nitrógeno amoniacal. En aguas servidas domésticas aproximadamente un 25% es nitrógeno orgánico y un 75% es nitrógeno amoniacal.

Fósforo total:

“El empleo de detergentes, los cuales contienen grandes cantidades de fósforo, ha aumentado el contenido de fosfato en las aguas residuales domésticas y ha contribuido al

problema de incremento del mismo en las fuentes receptoras, se usan poli fosfatos como medio de control de corrosión “[65]. Incluye todas las formas del fósforo, tiene una componente orgánica y una inorgánica, la primera representa un 35% del fósforo total y la segunda un 65% del fósforo total.

Determinación Analítica de Parámetros Físicos

Desinfección y Purificación

El término desinfección, el resultado deseado del tratamiento de agua en el campo, se usa aquí para indicar la eliminación o destrucción de microorganismos dañinos, reduciendo así el riesgo de enfermedad. Aunque a veces se usa indistintamente con la purificación, este término indica con mayor precisión la eliminación de productos químicos orgánicos o inorgánicos y partículas para mejorar el color, el sabor y el olor, [66].

Color

El color de un agua generalmente se expresa en unidades Hazen, que son las mismas que las TCU (unidades de color verdadero) o mg/l en la escala de platino cobalto (Pt-Co). El agua a menudo puede aparecer coloreada debido al material coloidal u otro material presente en la suspensión, lo que significa que el color verdadero debe determinarse solo después de la filtración, generalmente a través de un filtro de 0,45 μm . El color en las aguas superficiales no contaminadas es causado por la presencia de ácidos húmicos y fúlvicos, que se derivan de la turba y el humus del suelo, (Brandt et al., 2017) . Estos productos químicos, conocidos como cromóforos, absorben la luz de longitudes de onda particulares, dando un color amarillo / marrón característico. En algunas aguas, el color se ve reforzado por la presencia de manganeso con extremo de hierro, que a menudo se une orgánicamente. Las aguas sujetas a contaminación industrial también pueden contener una amplia variedad de materiales coloreados. El nivel en el que el color se vuelve inaceptable depende en gran medida de la percepción del consumidor, y la mayoría de los consumidores notan un color de 15 TCU en un vaso de agua.

Turbidez

La medición de la turbidez, aunque no es cuantitativamente precisa, es un indicador simple y útil de la condición de un agua. La turbidez se define como la propiedad óptica que hace que la luz se disperse y se absorba en lugar de transmitirse en línea recta a través de una muestra. Aunque la turbidez es causada por el material en suspensión, es difícil correlacionarlo con la medición cuantitativa de suspensión sólidos en una muestra, ya que la forma, el tamaño y los índices de refracción de las partículas en suspensión afectan todas sus propiedades de dispersión de la luz, (Brandt et al., 2017).

Determinación Analítica de Parámetros Químicos

Ph

“La medición del pH es uno de las actividades más importantes y de mayor frecuencia en las pruebas químicas del agua. El rango de pH para aguas naturales oscila entre 4 y 9 y la mayoría son ligeramente básicas debido a la presencia de bicarbonatos y carbonatos de metales alcalinos y alcalinotérreos. El pH del agua pura a 25°C es de 7, neutro”[68]. El valor de pH, o concentración de iones de hidrógeno, determina la acidez de un agua. Es una de las determinaciones más importantes en la química del agua, ya que muchos de los procesos involucrados en el tratamiento del agua dependen del pH. El agua pura se ioniza muy ligeramente en iones positivos de hidrógeno (H^{+1}) e iones negativos de hidroxilo (OH^{-1}). En términos muy generales, se dice que una solución es neutra cuando el número de iones de hidrógeno e iones de hidroxilo es igual, cada uno correspondiente a una aproximación concentración de 10^{-7} moles/l. Este punto neutro depende de la temperatura y ocurre a pH 7.0 a 25 C. Cuando la concentración de iones de hidrógeno excede la de los iones de hidroxilo (es decir, a valores de pH menos de 7.0) el agua tiene características ácidas. Por el contrario, cuando hay un exceso de hidroxilo iones (es decir, el valor de pH es mayor a 7.0) el agua tiene características básicas y se describe como estar en el lado alcalino de la neutralidad.

Sólidos Suspendidos

“El método se aplica en este laboratorio para la matriz agua. Está validado para el intervalo de 4,5 a 20000 mg/L. Es un método gravimétrico que se basa en la retención de las partículas sólidas en un filtro de fibra de vidrio a través del cual se hace pasar una muestra homogénea; el residuo que queda retenido se seca a 103-105°C. El incremento en el peso del filtro representa la cantidad de sólidos suspendidos totales”[63]. El contenido de sólidos suspendidos o el residuo de filtro de un agua cuantifica la cantidad de material particulado presente e incluye tanto materia orgánica como inorgánica, como plancton, arcilla y limo. El contenido de sólidos suspendidos de un agua superficial puede variar ampliamente dependiendo del flujo y la estación, con algunos ríos en condiciones de inundación que tienen varios miles de mg/l de material en suspensión (Brandt et al., 2017).

La medición de los sólidos en suspensión se realiza generalmente sobre una base de peso-volumen seco y no proporciona ninguna indicación sobre el tipo de material en suspensión, la distribución del tamaño de partícula o las características de sedimentación.

Por lo tanto, no existe una correlación directa entre los sólidos en suspensión y la turbidez. Sin embargo, en términos de calidad del agua potable, es importante que los sólidos en

suspensión se eliminen adecuadamente del agua cruda antes de la desinfección final para que la eficacia del proceso de desinfección no se vea afectada.

Cloruros

“metal (ion positivo). El cloro (Cl_2) es altamente tóxico y es usualmente utilizado como desinfectante, sin embargo, en combinación con un metal, como el sodio (Na), es esencial para la vida, dado que, pequeñas cantidades de cloruros son requeridas para la función celular en los seres vivos. En la naturaleza las sales de cloruro de sodio, cloruro de potasio, y cloruro de calcio están ampliamente distribuidas, su solubilidad en agua fría es: 357, 344, 745 g/L, respectivamente. El cloruro, en forma de ion Cl^- , es uno de los aniones inorgánicos principales en el agua, su contenido procede de fuentes naturales, aguas residuales y vertidos industriales”[69]. El cloruro se encuentra en casi todas las aguas y se deriva de varias fuentes, incluidos los depósitos minerales naturales; intrusión de agua de mar o rocío de mar en el aire; descargas agrícolas o de riego; escorrentía urbana debido al uso de sales de deshielo; o de aguas residuales y efluentes industriales. Por lo general, se combina con sodio y, en menor medida, con potasio, calcio y magnesio, lo que hace que el cloruro sea uno de los componentes más estables en el agua.

Fosfatos

“Los compuestos del fósforo son nutrientes de las plantas y conducen al crecimiento de algas en las aguas superficiales. Dependiendo de la concentración de fosfato existente en el agua, puede producirse la eutrofización. Tan sólo 1 g de fosfato-fósforo (PO_4-P) provoca el crecimiento de hasta 100 g de algas. Cuando estas algas mueren, los procesos de descomposición dan como resultado una demanda de oxígeno de alrededor de 150 g. Las concentraciones críticas para una eutrofización incipiente se encuentran entre 0,1-0,2 mg/l PO_4-P en el agua corriente y entre 0,005-0,01 mg/l PO_4-P en aguas tranquilas”[69]. Los fosfatos en las aguas superficiales se originan principalmente de efluentes de aguas residuales que contienen detergentes sintéticos a base de fosfato, de efluentes industriales o de la escorrentía agrícola después del uso de fertilizantes inorgánicos. Las aguas subterráneas generalmente contienen concentraciones insignificantes de fosfatos, a menos que se contaminen. El fósforo es uno de los nutrientes esenciales para el crecimiento de algas y puede contribuir significativamente a la eutrofización de lagos y embalses, (Brandt et al., 2017).

Se pueden agregar ortofosfatos durante el tratamiento del agua para el control de la plumbosolencia.

La dosis empleada es al principio de aproximadamente 1 mg/l como P, descendiendo gradualmente hasta alrededor de 0,7 mg/l como P, en el desarrollo del tratamiento y la

Optimización del sistema. A lo largo del tratamiento de fosfatos, a lo largo de la optimización del sistema, la dosificación de fosfatos en aguas de alta alcalinidad y bajo pH puede incrementar ligeramente la cuprosolvencia. Los ortofosfatos, al equivalente de los polifosfatos, también se pueden usar para inhibir la corrosión y disminuir el riesgo de abastecer de "agua roja" a las tuberías de hierro corroídas.

Nitrato

“Se han desarrollado una gran cantidad de métodos para la cuantificación de estos analitos en aguas y en otro tipo de muestras como alimentos y fluidos biológicos. Muchos de los métodos están basados en cromatografía iónica [1-6], de hecho, la EPA recomienda la determinación de nitratos y nitritos por este método”[69]. El nitrato es la fase final de la oxidación del amoníaco y de la mineralización del nitrógeno a través de la materia orgánica. La principal parte de esta oxidación en el suelo y el agua la efectúan las bacterias nitrificantes y sólo puede ocurrir en un ambiente bien oxigenado. Las propias bacterias están activas en los filtros de filtración de las plantas de tratamiento de aguas residuales, lo que se traduce en el vertido de importantes cantidades de nitrato en los efluentes de dichas plantas. El empleo de fertilizantes nitrogenados en la tierra puede provocar también un incremento de las concentraciones de nitratos para las aguas superficiales y subterráneas. Los índices de nitrato en las aguas superficiales a menudo muestran marcadas fluctuaciones estacionales, con concentraciones más importantes en invierno, cuando aumenta la escorrentía a causa de las lluvias invernales en un momento de reducida actividad biológica. Sin embargo, durante el verano, es probable que los niveles de nitrato se disminuyan por mecanismos bioquímicos y por la asimilación de las algas en los embalses. La desnitrificación bacteriana y la reducción anaeróbica a nitrógeno en la interfaz de los lodos también pueden disminuir sustancialmente los niveles de nitrato en los embalses (Brandt et al., 2017).

Nitrito

“Los nitratos no se consideran en sí tóxicos, pero la ingesta de grandes cantidades produce un efecto diurético. Por otra parte, los nitritos pueden producir compuestos cancerígenos, las nitrosaminas, por su reacción con aminas secundarias o terciarias, además de interactuar con los glóbulos rojos de la sangre produciendo metahemoglobinemia que impide el transporte de oxígeno al cuerpo”[69]. El nitrito es el nivel de oxidación intermedio entre el amoníaco y el nitrato y que puede formarse mediante la disminución del nitrato en situaciones de falta de oxígeno. Las aguas superficiales, a no que estén muy contaminadas con efluentes de alcantarillado, raramente contienen más de 0,1 mg/l de nitrito

como N. Por lo tanto, la existencia de nitrito en las aguas superficiales acompañada de altos niveles de amoníaco señala la contaminación por aguas residuales o efluentes de alcantarillado. La existencia de nitritos en las aguas subterráneas puede ser también un signo de contaminación por aguas residuales. Por el contrario, puede no ser importante desde el punto de vista higiénico, ya que los nitratos de las aguas subterráneas de alta calidad se pueden reducir a nitritos en situaciones anaeróbicas, sobre todo en zonas de arenas ferruginosas. Se conoce que el ladrillo de los pozos tiene un resultado similar. Las concentraciones de nitritos podrían aumentar en los sistemas de la distribución que reciben agua clorada, (Brandt et al., 2017).

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)

“La DBO es la demanda bioquímica de oxígeno que tiene un agua. Es **la cantidad de oxígeno que los microorganismos**, especialmente bacterias (aeróbicas o anaeróbicas), hongos y plancton, **consumen durante la degradación de las sustancias orgánicas** contenidas en la muestra. Se utiliza para medir el grado de contaminación y se expresa en mgO₂/l. La DBO es un proceso biológico y por lo tanto es delicado y requiere mucho tiempo. Como el proceso de descomposición depende de la temperatura, se realiza a 20°C durante 5 días de manera estándar, denominándose DBO₅”[70]. La DBO es el método usado con mayor frecuencia en el campo de tratamiento de las aguas residuales. Si existe suficiente oxígeno disponible, la descomposición biológica aerobia de un desecho orgánico continuará hasta que el desecho se haya consumido. El período de incubación estándar es de 5 días a 20 °C.

Demanda Química de Oxígeno (DQO)

“DQO es la demanda química de oxígeno del agua. Es **la cantidad de oxígeno necesaria para oxidar la materia orgánica por medios químicos** y convertirla en CO₂ y H₂O. Se expresa también en mgO₂/l. Cuanto mayor es la DQO, más contaminada está el agua. La DQO es una prueba que solo toma alrededor de tres horas, por lo que los resultados se pueden tener en mucho menor tiempo que lo que requiere una prueba de DBO”[70]. En muchos tipos de aguas residuales es posible establecer una relación entre DBO y DQO. Ello puede ser de gran utilidad puesto que la primera necesita 5 días para ser determinado frente a las tres horas que necesita la DQO para ser determinada. Una vez establecida la correlación entre ambos parámetros, pueden emplearse las medidas de la DQO para el funcionamiento y control de las plantas de tratamiento.

Determinación Analítica de Parámetros Biológicos

Determinación Experimental de Carga Bacteriana

“La carga microbiana se refiere al número y tipo de microorganismos que contaminan un objeto u organismo. Las cargas microbianas se expresan típicamente en unidades tales como bacterias por unidad de alimento, unidades formadoras de colonias (UFC)”[71].

Lugar de análisis: Laboratorio Acreditado

Método: NMP

Procedimiento:

Para la determinación de Coliformes Totales se utilizó volúmenes decrecientes de la muestra, es decir, disoluciones en Prueba Presuntiva y Prueba Confirmativa.

- ***Prueba Presuntiva:*** - Se realizó en tubos que contiene caldo lauril triptosa con campana de Durham, inoculados con volúmenes de muestra e incubados a 37°C por 18 a 24 horas. Se realizó la lectura de los tubos de gas negativos se reincubaron por 24 horas más.
- ***Prueba Confirmativa.*** - Se realizó transfiriendo inóculos de los tubos gas positivos (Caldo Lauril Triptosa), a tubos que contienen caldo verde brillante al 2% e incubados a 37°C por 24 horas. Contabilizándose los tubos gases positivos y reincubándose los tubos gas negativos por 24 horas, y de éste considerándose los gases positivos y descargándose los tubos de gas negativo.

TOMA DE MUESTRAS

1. Procedimientos de cadena de vigilancia

“Es esencial asegurar la integridad de la muestra desde su toma hasta la emisión del informe. Ello implica hacer una relación del proceso de posesión y manipulación de la muestra desde el momento en que fue tomada hasta el de su análisis y eliminación final. Este proceso se denomina cadena de vigilancia, y es importante en el caso de que los resultados deban presentarse en un litigio. Si no es éste el caso, el procedimiento de cadena de vigilancia resulta útil como control rutinario de la trayectoria de la muestra”[72]. “Se considera que una muestra está bajo vigilancia personal si se encuentra en posesión física de una persona, que es la que se encarga de custodiarla y de protegerla de posibles falsificaciones, o si se encuentra en una zona de acceso limitado al personal autorizado. A continuación, se resumen los principales aspectos de la cadena de vigilancia. Existen descripciones más detalladas”[72].

a) Etiquetado de la muestra: “Utilícense etiquetas para evitar falsas identificaciones de la muestra. Suelen resultar adecuadas las etiquetas adhesivas o las chapas. En ella debe constar al menos la siguiente información: número de la muestra, nombre del que ha hecho la toma, fecha y momento de la toma y lugar de la misma”[72]..



Cerco Perimétrico

El cerco perimétrico es de alambre de púas en condiciones de deterioro en la mayor parte de la PTARD

IV. DISCUSIÓN

4.1. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Estaciones de control analítico de Parámetros

En el cuadro N° 4.1 se muestra las estaciones de control de la determinación analítica de los Parámetros Físicos de Campo en las estaciones indicadas muestras tomadas de agua residual de la PTARD del Distrito de San Clemente.

CUADRO N. 4.1

PUNTOS DE CONTROL ANALITICO DEL AGUA RESIDUAL

PARAMETRO FISICO	VALOR DETERMINADO	
	AFLUENTE	EFLUENTE
	ARD-01	ARD-02
TURBIDEZ (U.N.T).	SI	SI
COLOR (U.C.)Pt/Co	SI	SI
CONDUCTIVIDAD(uS/Cm)	SI	SI
TEMPERATURA (°C)	SI	SI

RESULTADOS ANALITICOS DEL AGUA RESIDUAL PARAMETROS FISICOS.

Análisis de Indicadores Físicos

En el cuadro N° 4.2 se muestra los resultados de la determinación analítica de los Parámetros Físicos de Campo en los puntos de muestreo tomadas de agua residual de la PTARD SAN CELEMENTE

CUADRO N. 4.2

PARAMETROS FISICOS DEL AGUA RESIDUAL

PARAMETRO FISICO	VALOR DETERMINADO	
	AFLUENTE	EFLUENTE
	ARD-01	ARD-02
TURBIDEZ (U.N.T).	36	20
COLOR (U.C.) Pt/Co	18	15
CONDUCTIVIDAD (uS/Cm)	1930	369
TEMPERATURA (°C)	21	22

Los valores de los parámetros físicos de campo en las muestras obtenidas a la llegada de la laguna primaria y a la salida de la laguna secundaria presentan los valores típicos de campo de las aguas residuales producidas para el sistema sanitario de San Clemente.

El efluente terminal muestra los valores de campo de las aguas tratadas que se desechan a los ecosistemas existentes en los campos adyacentes.

RESULTADOS ANALITICOS DEL AGUA RESIDUAL PARAMETROS QUIMICOS.

Los principales parámetros químicos analizados en 02 muestras de AGUA RESIDUAL, se presentan en el cuadro siguiente:

CUADRO N.-4.3

RESULTADOS DE INDICADORES PARAMETROS QUIMICOS DEL AGUA RESIDUAL AL INGRESO PTARD

Los valores analizados de los parámetros químicos a la llegada de la laguna primaria superan en gran medida los límites máximos admisibles para las aguas residuales.

PARÁMETRO QUIMICOS	AFLUENTE INGRESO LP-1	VALOR NORMA DS N° 03-2010-MINAM
Sólidos Disueltos Totales (ppm).	743	150
Dureza. (ppm)	520	-
Sodio. (ppm).	160	-
Cloruros (ppm)	380	-
pH	8.30	6.5 - 8.5
Sulfatos (ppm)	267	-
Nitratos(ppm)	39	-
Hierro total (ppm).	0.15	-
Oxígeno disuelto (mg/lt)	0,0	-
DBO(mg/lt)	265	100
GRASAS Y ACEITES(mg/lt)	73	20

CUADRO N. 4.5

RESULTADOS DE INDICADORES PARAMETROS QUIMICOS DEL AGUA RESIDUAL CON TRATAMIENTO SALIDA DE LA PTARD.

PARÁMETRO QUIMICOS	EFLUENTE FINAL	VALOR NORMA DS N° 03-2010-MINAM
Sólidos Disueltos Totales (ppm).	380	150
Dureza. (ppm)	310	-
Sodio. (ppm).	120	-
Cloruros (ppm)	122	-
pH	8.0	<u>6.5</u> - 8.5
Sulfatos (ppm)	226	-
Nitratos(ppm)	22	-
Hierro total (ppm).	0.12	-
Oxígeno disuelto (mg/lt)	1.5	-
DBO (mg/lt)	186	100
GRASAS Y ACEITES (mg/lt)	44	20

El Efluente final tratado en la PTARD excede el **DS N° 03-2010-MINAM** que son los LMPs, cuyos resultados de reporte químico no presenta valores dentro de los límites Máximos permisibles.

RESULTADOS ANALITICOS DEL AGUA RESIDUAL PARÁMETROS BIOLÓGICOS

La evaluación de las muestras de agua residual en la PTARD del Distrito de San Clemente en el efluente final se muestran en la Tabla siguiente:

CUADRO N.- 4.6

RESULTADOS DE ANALISIS MICROBIOLÓGICOS DEL AFLUENTE Y EFLUENTE FINAL

PARÁMETRO MICROBIOLÓGICO	RESULTADO.		NORMA VIGENTE DS N° 003-2010-MINAM
	AR-1(AF)	AR-2(EF)	
Bacterias Coliformes Totales NMP/100ML.	44000	32000	10000
Coliformes Termo Tolerantes NMP/100 ML.	14000	8200	No Especifica.

El análisis y debate de los aspectos de la valoración microbiológica señala que las muestras AR-01 y AR-02 muestran valores no recomendables para el vertido del efluente final a los cuerpos receptores, sobrepasando los límites que recomienda la norma vigente, D.S. N° 03-2010-MINAM.

V. CONCLUSIONES

De la cuantificación volumétrica del caudal que ingresa a la PTARD San Clemente, se establece que entra un caudal promedio de 16,50 lps.

De los valores de los parámetros físicos, los indicadores de contaminación ambiental no se ajustan a la normativa de los Límites Máximos Permisibles para las aguas residuales tratadas, que es el D.S.N° 03.2010-MINAM.

Los indicadores sanitarios ambientales en los parámetros químicos analizados muestran valores por sobre las normas permitidas, teniendo una calidad química inaceptable del efluente final tratado.

El parámetro químico Ph está dentro de los estándares para medios acuosos.

La PTARD San Clemente cuenta con una laguna primaria y otra secundaria en operación y funcionamiento.

El reporte del análisis bacteriológico señala que la PTARD San Clemente-Pisco está operando de manera deficiente en la remoción de microorganismos tanto en coliformes totales como en bacterias termotolerantes, llegando a valores de 32.000 y 4.200 bacterias / 100 ml. Respectivamente para el efluente depurado

La eficiencia del sistema de tratamiento de aguas servidas asciende a 27,27% y 41,42% para coliformes totales y fecales.

De los valores del análisis microbiológico se puede deducir que el PTARD no está operando eficientemente en la remoción de patógenos, en especial en los valores que autoriza la norma de descarga.

De las pruebas presentadas se puede deducir que los líquidos residuales tratados se están drenando hacia los humedales adyacentes sin que exista ningún tipo de control.

VI. RECOMENDACIONES

Se aconseja el mantenimiento y la limpieza urgentemente de la planta de depuración de aguas residuales domésticas de San Clemente.

Se aconseja el mejoramiento de las condiciones de impermeabilización de las lagunas.

Se debe aplicar un programa de monitoreo y control del efluente final de aguas residuales ya que está impactando el ecosistema de humedales de San Clemente y Pisco.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] S. C. de La Palma, “Formalización del concepto de salud a través de la lógica: impacto del lenguaje formal en las ciencias de la salud,” *Scielo*, 2016. .
- [2] J. Salazar, “Evaluación del impacto de las aguas residuales sobre la calidad del agua del río Tarma en el periodo 2015 - 2019,” Universidad Continental, 2020.
- [3] INEI, “Perú: formas de acceso al agua y saneamiento básico,” *Boletín Agua y Saneam.*, vol. 9, p. 68, 2020.
- [4] “Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos,” *UNESCO*. .
- [5] F. Vásquez Perdomo, “Tratamiento de aguas residuales por sistema compacto de aireación extendida para el riego de áreas verdes en el distrito de Comas,” Universidad Nacional Federico Villarreal, 2020.
- [6] E. PERUANO, “INACAL PROMUEVE LA CORRECTA SEGREGACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS PARA EL CUIDADO DEL MEDIO AMBIENTE - Gobierno del Perú.” .
- [7] M. Filippini and L. C. Hunt, “US residential energy demand and energy efficiency: A stochastic demand frontier approach,” *Energy Econ.*, vol. 34, no. 5, pp. 1484–1491, 2012, doi: 10.1016/j.eneco.2012.06.013.
- [8] UNESCO, “El agua en un mundo en constante cambio. El 3er Informe sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo,” 2016.
- [9] S. Jiménez González, “EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL AyA EN LA URBANIZACIÓN LAS LOMAS DE BUENOS AIRES, PUNTARENAS,” INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA, 2014.
- [10] hermes andres Mina carabali and bleinner jose Banguero gonzales, “Diagnóstico y evaluación de la planta de tratamiento de aguas residuales del municipio de Miranda, Cauca,” Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD - CEAD Palmira, 2019.
- [11] julio cesar Carcache Téllez, emilio jose obregon mena, and ariel jose murillo barrios, “Evaluación de la Eficiencia de los Parámetros de Vertido de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la Urbanización Sierra Dorada, según la Norma Nacional NTON 05-027-05 con Énfasis en Carga Orgánica,” UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA, 2018.

- [12] S. Aguilar and G. Solano, “Evaluación Del Impacto Por Vertimientos De Aguas Residuales Domésticas, Mediante La Aplicación Del Índice De Contaminación (Icomo) En Caño Grande, Localizado En Villavicencio-Meta.,” Universidad Santo Tomás. Villavicencio. Facultad ed Ingenieria Ambiental, 2018.
- [13] L. Quiroz, E. Izaquierod, and C. Menéndez, “Estudio del impacto ambiental del vertimiento de aguas residuales sobre la capacidad de autodepuración del río Portoviejo, Ecuador,” *Cent. Azúcar*, vol. 45, no. 01, pp. 1–11, 2018.
- [14] G. Rodriguez Escobar, “Propuesta de mejora de la planta de tratamiento de aguas residuales de Arbelaez a partir del sistema de Deer Island Wastewater Treatment Plant,” Universidad Católica de Colombia, 2019.
- [15] K. Oblitas Díaz and jenifer kathiuska rengifo camacho, “Evaluación de la calidad de efluente del sistema de tratamiento de aguas residuales municipales de la localidad de Awajún, Rioja – San Martín,” UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN – TARAPOTO, 2019.
- [16] A. B. Torres guerrero, “Evaluación y análisis de riesgos ambientales en las pozas de estabilización de aguas residuales San pablo - Sapallanga 2020,” Universidad Continental, 2021.
- [17] M. NÚÑEZ FIGUEROA, “EFICIENCIA DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN LA CIUDAD DE CAJABAMBA - CAJAMARCA. ALTERNATIVAS PARA MEJORAR SU TRATAMIENTO,” Universidad Nacional De Cajamarca, 2019.
- [18] W. R. Revilla Romero and G. A. Valdivieso Chávez, “Evaluación De La Percepción De La Población Respecto Del Funcionamiento De La Planta De Tratamiento De Aguas Residuales (Ptar) Del Distrito De Poroto,” Universidad Privada Del Norte, 2019.
- [19] M. Moon Dance, “Ingeniería de los sistemas de tratamiento y disposición de aguas residuales,” *Academia.edu*. .
- [20] Á. Y. T. D. L. D. E. S. R. D. C. Lopera, “Diseño Y Tratamiento De Lagunas De Estabilización Santa Rosa De Cabal,” UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO, 2018.
- [21] VLEX, “reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico.” .
- [22] P. Aquino Espinoza, *Calidad Del Agua En El Perú*. 2017.
- [23] OEFA, “Fiscalización ambiental en aguas residuales.,” *Org. Eval. y Fisc. Ambient.*, p. 36, 2014.

- [24] M. Yahuara Suarez, “Análisis de la filtración natural de aguas residuales domésticas en el caserío de Shushungu 2018,” Universidad De Lambayeque, 2019.
- [25] M. ROMERO, A. COLIN, E. SANCHEZ, and L. ORTIZ, “Tratamiento De Aguas Residuales Por Un Sistema Piloto De Humedales Artificiales: Evaluación De La Remoción De La Carga Orgánica,” *Rev. Int. Contam. Ambient.*, vol. 25, pp. 157–167, 2009.
- [26] L. Bonilla Abarca, “Tratamiento de aguas residuales,” *camara ecuatoriana del Libr.*, p. 130, 2017.
- [27] V. Garza Almanza *et al.*, “Indicadores para la evaluación del impacto al ambiente y la salud de las aguas residuales municipales no tratadas,” *Repos. Inst. la Univ. Técnica Ambato*, p. 247, 2014.
- [28] Ministerio del Ambiente [MINAM], “Manual para municipios ecoeficientes,” *Enotria*, p. 179, 2009.
- [29] E. M. Gonzales Ccanto and R. C. Quispe Escobar, “Influencia de los microorganismos eficaces (EM) en el tratamiento de aguas residuales domésticas en el distrito de Huancavelica en el 2020,” Universidad Nacional de Huancavelica, 2020.
- [30] H. Atencio Santiago, “Análisis de la Calidad del Agua para consumo localidad de San Antonio De Rancas , del Distrito De Simon Bolívar. Provincia y Region de Pasco.2018,” Universidad Nacional Daniel Alcides Carrion, 2018.
- [31] V. Arana, “Guía para la toma de decisiones en la selección de sistemas de tratamiento de aguas residuales no convencionales,” *Academia.edu.* .
- [32] L. S. CLESCERI, E. W. RICE, and M. A. FRANSON, *Standard methods for the examination of water and wastewater* /. 2017.
- [33] P. rodriguez ruiz, “abastecimiento-de-agua-.” .
- [34] M. del Ambiente, “Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM |.” .
- [35] C. y saneamiento Ministerio de vivienda, “Plantas de tratamiento de agua para consumo humano,” p. 50, 2006.
- [36] C. Cabrera Dionicio, “Abastecimiento de Agua y Alcantarillado,” *VIERENDEL.* .
- [37] panamericana de la salud Organización, “Guía para el Diseño y Construcción De Reservorios Apoyados,” *Cent. Panam. Ing. Sanit. y Ciencias del Ambient.*, pp. 1–35, 2004.
- [38] SIAPA, “REDES DE DISTRIBUCIÓN,” pp. 36–47, 2014.

- [39] E. Gur, “Red de distribución comunitaria.” .
- [40] organizacion panamericana de Salud, “Guías para el diseño de tecnologías de alcantarillado,” 2015. .
- [41] ONU, “El agua, un recurso que se agota por el crecimiento de la población y el cambio climático.” .
- [42] I. geologico y minero de España, “La molecula de agua.”
- [43] R. Rivera, “Percepción de la calidad de vida en una muestra de individuos de la región de Cuyo,” vol. 13, no. 1, p. 18, 2013.
- [44] UNESCO and WWAP, *Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2019. No dejar a nadie atrás.* 2019.
- [45] instituto mexicano de Tecnologia, “El agua y su importancia para la vida.” .
- [46] “Sistemas de abastecimiento de agua para instalaciones sanitarias interiores - Noticias de Arquitectura - Buscador de Arquitectura.” .
- [47] Ministerio de Vivienda, “RESOLUCIÓN MINISTERIAL N° 269-2009-VIVIENDA QUE APRUEBA LOS LINEAMIENTOS PARA LA REGULACIÓN DE LOS SERVICIOS DE SANEAMIENTO EN LOS CENTROS POBLADOS DE PEQUEÑAS CIUDADES.” peru, p. 31, 2009.
- [48] Ministerio de Energía y Minas del Perú-MINEM, “Decreto Supremo N°010-2010-MINAM,” *El Peruano.* p. 4, 2010.
- [49] D. Gavrilesu, C. Teodosiu, and M. David, “Environmental assessment of wastewater discharges at river basin level by means of waste absorption footprint,” *Sustain. Prod. Consum.*, vol. 21, pp. 33–46, 2020, doi: 10.1016/j.spc.2019.10.006.
- [50] MINAM, “Ley General del Ambiente,” *Minist. Del Ambient.*, vol. 53, no. 9, pp. 45–45, 2005.
- [51] E. PERUANO, “Plan Nacional de Educación Ambiental 2017 - 2022 (PLANEA),” p. 101, 2016.
- [52] “Informe anual sobre el medio ambiente y los recursos naturales 1998 | Publications.” .
- [53] Babbie, “Diseño de la investigación,” 2014. .
- [54] L. Lima Huacho, “Efecto del vertimiento de aguas residuales domiciliarias en la calidad del agua en el río Sicra Lircay – Huancavelica 2018,” Universidad Continental, 2020.
- [55] ECA, “Aprueban Estandares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen disposiciones complementarias.” *El Diario el Peruano, Lima - Perú,* p. 10 Pag., 2017.

- [56] MINISTERIO DE SALUD, *NTS N°144-MINSA/2018/DIGESA*. 2018.
- [57] J. Chira F., L. Vargas R., L. Cangalaya V., C. Palomino C., R. Vásquez O., and H. Rodríguez, “Geoquímica Ambiental de la Cuenca del río Pisco,” Lima - Perú, 2010. [Online]. Available: https://repositorio.ingemmet.gob.pe/bitstream/20.500.12544/217/266/B024-Boletin-Geoquimica_ambiental_cuenca_rio_Pisco.pdf.
- [58] J. G. Prato-Moreno *et al.*, “Caracterización fisicoquímica y microbiológica de aguas subterráneas de un sector rural a baja altitud en Los Andes venezolanos | Kasma,” *Kasma*, 2020. https://produccioncientificaluz.org/index.php/kasma/article/view/31414/XML#citation_s (accessed Jul. 12, 2022).
- [59] O. Botalova, J. Schwarzbauer, T. Frauenrath, and L. Dsikowitzky, “Identification and chemical characterization of specific organic constituents of petrochemical effluents,” *Water Res.*, vol. 43, no. 15, pp. 3797–3812, 2009, doi: 10.1016/j.watres.2009.06.006.
- [60] T. A. Kurniawan, G. Y. S. Chan, W. H. Lo, and S. Babel, “Physico-chemical treatment techniques for wastewater laden with heavy metals,” *Chem. Eng. J.*, vol. 118, no. 1–2, pp. 83–98, 2006, doi: 10.1016/j.cej.2006.01.015.
- [61] Instituto de Toxicología de la Defensa, “Protocolo de Toma de Muestras de Agua Residual,” España, 2016. [Online]. Available: https://www.defensa.gob.es/itoxdef/Galerias/documentacion/protocolos/ficheros/PROTOCOLO_DE_TOMA_DE_MUESTRAS_DE_AGUA_RESIDUAL_ver_2.pdf.
- [62] A. Fernández Estela, F. de M. Huamaní Alfaro, J. Rojas Ramos, and I. Lavado Baldeón, *Protocolo de monitoreo de la calidad sanitaria de los recursos hídricos superficiales*, vol. 53, no. 9. LIMA, 2007, p. 14.
- [63] A. M. Hernández, “Sólidos Suspendidos Totales En Agua Secados a 103 – 105 °c.,” Colombia, 2007. [Online]. Available: <http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/Sólidos+Suspendidos+Totales+en+aguas.pdf/f02b4c7f-5b8b-4b0a-803a-1958aac1179c>.
- [64] C. Rodríguez, “Nitrogeno total en agua por el método Semi-Micro Kjeldahl – Electrodo De Amoniaco,” p. 9, 2007, [Online]. Available: <http://www.ideam.gov.co/>.
- [65] D. Suarez, M. Carpio, and M. Duque, “Fósforo Total En Agua Por Digestion Acida, Método Del Acido Ascorbico,” *Inst. Hidrol. Meteorol. Y Estud. Ambient.*, vol. 008, no. 32, pp. 1–10, 2007, [Online]. Available: http://www.fing.edu.uy/imfia/cursos/hidrometria/material/Guia_de_Monitoreo.pdf.

- [66] H. Backer, *Water Disinfection for International Travelers*, Fourth Edi. Elsevier Inc., 2019.
- [67] B. Malcolm J., M. Johnson K., E. Andrew J., and D. Ratnayaka D., “Chemistry, Microbiology and Biology of Water 7,” MA Publish., vol. 0, Alliance House, Ed. London, 2017, p. 87.
- [68] F. A. Arias Isaza, “MANUAL DE TÉCNICAS ANALÍTICAS PARA LA DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS Y CONTAMINANTES MARINOS (AGUAS, SEDIMENTOS Y ORGANISMOS),” Colombia, 2006.
- [69] A. García-vargas *et al.*, “Cloruros totales en el agua de abastecimiento,” *Cent. Interdiscip. Investig. para el Desarro. Integr. Reg.*, p. 3, 2009, [Online]. Available: <https://repositoriodigital.ipn.mx/bitstream/123456789/8825/1/clorurosno12.pdf>.
- [70] N. K. CO., “DBO y DQO para caracterizar aguas residuales – Nihon Kasetu Europe,” *Monitoring & Water Clarification*, 2019. <https://nihonkasetu.com/es/dbo-y-dqo-para-caracterizar-aguas-residuales/> (accessed Jul. 13, 2022).
- [71] EUROLAB, “Determinación de la carga microbiana,” 2019. <https://www.eurolab.net/es/testler/gida-testleri/mikrobiyal-yukun-belirlenmesi/> (accessed Jul. 13, 2022).
- [72] M. A. H. FRANSON, *MÉTODOS NORMALIZADOS Para el análisis de aguas potables y residuales*, FEDERATION. 1985.