



UNIVERSIDAD DE LAMBAYEQUE

FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERIA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL

TESIS

**Diseño convencional de una Planta de tratamiento de aguas residuales para el
Sector Cusupe - Distrito de Monsefú - Chiclayo, 2016**

PRESENTADA PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO AMBIENTAL

AUTOR

MARIA AURA CHAPILLIQUEN ALCANTARA

CHICLAYO, Febrero del 2018

FIRMA DEL ASESOR Y JURADO DE TESIS

Mg. James Jenner Guerrero Braco
ASESOR

MSc. Carlos Daniel Gonzales Hidalgo
PRESIDENTE

Dr. Juan Luis Rodríguez Vega
SECRETARIO

MSc. Marcos Guillermo García Paico
VOCAL

DEDICATORIA

A Dios, por estar siempre conmigo en los momentos difíciles, y permitir cumplir con mis objetivos.

A mis padres José y Aura, quienes me apoyaron, se sacrificaron en apoyarme desde siempre en mi vida.

Con amor a mis hijos José Eduardo y María Fernanda, quienes son mi motor y motivo a salir adelante, quienes me alientan a continuar cada día.

AGRADECIMIENTO

Agradecer a Dios, por haberme permitido llegar hasta donde he llegado, dándome la fuerza necesaria para cumplir una meta tan ansiada.

A la Universidad de Lambayeque, mi alma mater por brindarme los conocimientos para ser profesional, como también a mis profesores que me capacitaban día a día con sus valores y sus conocimientos para mi formación.

Son muchas las personas a quien debo agradecer por su amistad, apoyo, consejos, paciencia, motivándome para superarme y ser ejemplo para mis hijos.

CONTENIDO

INDICE DE TABLAS	VI
INDICE DE FIGURAS	VII
RESUMEN Y ABSTRACT	VIII
I. INTRODUCCIÓN	10
II. MARCO TEÓRICO	13
1. Antecedentes bibliográficos.....	13
2. Bases teóricas.....	17
3. Definición de términos básicos.....	51
III. MATERIALES Y MÉTODOS	54
1. Variables y operacionalización de variables.....	54
2. Tipo de estudio y diseño de investigación.....	54
3. Población y muestra en estudio.....	55
4. Métodos, técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	56
5. Procesamiento de datos y análisis estadístico.....	57
IV. RESULTADOS	58
V. DISCUSIÓN	73
VI. CONCLUSIONES	75
VII. RECOMENDACIONES	76
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	77
IX. ANEXOS	83

INDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1.</i> Tratamiento aerobio vs tratamiento anaerobio.....	24
<i>Tabla 2.</i> Tratamiento convencional aguas residuales urbanas.....	28
<i>Tabla 3.</i> Variable y operacionalización de la variable.....	54
<i>Tabla 4.</i> Población de la zona de estudio.	55
<i>Tabla 5.</i> Morbilidad general – Centro de Salud de Monsefú.....	62
<i>Tabla 6.</i> Evaluación por Tipos de Demanda.....	64
<i>Tabla 7.</i> Población empadronada del Sector Cusupe 2015.....	64
<i>Tabla 8.</i> Dotación de agua – MVCS.....	65
<i>Tabla 9.</i> Demanda actual y futura Domestica.....	65
<i>Tabla 10.</i> Empadronamiento: Colegios.....	66
<i>Tabla 11.</i> Infraestructura sanitaria de los centros Educativos.....	66
<i>Tabla 12.</i> Demanda actual del sector Público.....	66
<i>Tabla 13.</i> Proyección de la demanda del Sector Público.....	67
<i>Tabla 14.</i> Características de las avícolas.....	67
<i>Tabla 15.</i> Demanda Industrial actual.....	67
<i>Tabla 16.</i> Proyección de la demanda Industrial.....	67
<i>Tabla 17.</i> N° de aparatos sanitarios Centros Comerciales.....	68
<i>Tabla 18.</i> Método 1: Dotación centros recreativos.....	68
<i>Tabla 19.</i> Método 2: Dotación centros recreativos.....	69
<i>Tabla 20.</i> Dotación para piscinas centros recreativos.....	69
<i>Tabla 21.</i> Dotación para regado de jardines centros recreativos.....	70
<i>Tabla 22.</i> Demanda sector comercial.....	70
<i>Tabla 23.</i> Proyección demanda sector comercial.....	70
<i>Tabla 24.</i> Proyección demanda por sectores.....	71
<i>Tabla 25.</i> Proyección demanda por sectores.....	71

INDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1.</i> Diagrama de predominancia relativa.....	39
<i>Figura 2.</i> Macro localización geográfica y política del distrito de Monsefú.....	59
<i>Figura 3.</i> Localización del Sector Cusupe, ubicado en el distrito de Monsefú.....	60
<i>Figura 4.</i> Flujo de la PTAR.....	72

RESUMEN

Las aguas residuales a nivel mundial han generado la contaminación del recurso hídrico, la polución del aire y la pérdida del suelo, impactando colateralmente en los ecosistemas perjudicando su cobertura vegetal y los recursos biológicos. Las aguas residuales son producto de diversas actividades antrópicas, que en su gran mayoría son vertidas irresponsablemente al ambiente, básicamente van a los cuerpos de agua como mares, ríos, lagos y acequias, provocando olores fétidos y focos infecciosos, generando enfermedades infecciosas de diversos tipos al hombre, perjudicando a la población más vulnerable. Esta investigación de naturaleza descriptiva y propositiva, tuvo como objetivo el diseño convencional de una Planta de tratamiento de aguas residuales para el Sector Cusupe del distrito de Monsefú - Chiclayo, para minimizar los riesgos a la salud y por ende evitar la degradación del ambiente con un enfoque transversal aplicable para el Sector Cusupe. Diagnosticando la situación actual de la población y así recolectar la información necesaria para aplicarla de acorde a la necesidad y tipo de agua residual de la población, proyectándose con la normatividad vigente. Recomendándose tener en cuenta el Diseño planteado, analizarlo y evaluarlo, para su posible aplicación para reducir los riesgos a la salud y la degradación del ambiente.

Palabras clave: diseño de plantas, tratamiento de aguas residuales

ABSTRACT

Wastewater worldwide has generated pollution of water resources, air pollution and soil loss, impacting collaterally on ecosystems, damaging their vegetation and biological resources. Wastewater is the product of various anthropic activities, most of which are irresponsibly discharged into the environment, basically going to water bodies such as seas, rivers, lakes and ditches, causing foul odors and infectious foci, generating infectious diseases of various types to man, harming the most vulnerable population. This investigation of a descriptive and proactive nature, aimed at the conventional design of a wastewater treatment plant for the Cusupe Sector of the district of Monsefú - Chiclayo, to minimize the health risks and therefore avoid the degradation of the environment with a transversal approach applicable to the Cusupe Sector. Diagnosing the current situation of the population and thus collect the necessary information to apply it according to the need and type of residual water of the population, projecting with the current regulations. It is recommended to take into account the proposed Design, analyze it and evaluate it, for its possible application to reduce the risks to health and the degradation of the environment.

Key words: plant design, wastewater treatment

I. INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso esencial para la vida en este planeta. Los seres humanos dependemos de ella para nuestra salud y para la producción de alimentos, bienes y servicios. El agua a través de la historia ha sido motivo de conflictos por posesión de tierras. Actualmente, se genera una problemática con respecto al uso de la dotación del río Nilo en los países cercanos, con lo que Miguel Ángel García llama “Guerra por el agua en África” (García, 2012). Las ciudades más cercanas a ríos o lagunas serán siempre mejor vistas que zonas áridas o desérticas, por su beneficio en la agricultura, ganadería, entre otros. No es de extrañarse que desde que el hombre empezó a sentarse en núcleos urbanos, empezó un gran dilema de cómo evacuar sus aguas residuales que producían agrupados. Pues antes cuando vivían dispersos sus aguas residuales como era poca la arrojaban al medio ambiente y no les causaba mayor problema, pero ya agrupados en poblaciones ahí si generaban grandes inconvenientes como los olores que emanaban, eran fétidos e insoportables donde las autoridades de ese entonces buscaron soluciones que al no estar bien planificadas las evacuaban a los ríos, o por gravedad las envían a las quebradas alejadas de las ciudades contaminando los ecosistemas del entorno.

Las aguas residuales a nivel mundial han generado la contaminación del recurso hídrico, la polución del aire y la pérdida del suelo, impactando colateralmente en los ecosistemas perjudicando su cobertura vegetal y los recursos biológicos. Las aguas residuales es el resultado de las diversas actividades antrópicas, teniendo entre ellas las domésticas, comerciales, industriales, agrícolas entre otras. En su gran mayoría son vertidas irresponsablemente al ambiente limitando la calidad del agua, básicamente van a los cuerpos de agua como mares, ríos, lagos y acequias, provocando olores fétidos y focos infecciosos lo cual genera enfermedades respiratorias, infecciosas, intestinales y dérmicas al hombre perjudicando a la población más vulnerable.

En la actualidad muchas personas desconocen los procesos de reutilización de las aguas residuales y sus beneficios potenciales. Por ejemplo, en el caso de la agricultura, el agua residual adecuadamente tratada es un agua con nutrientes adecuados para las tierras de sembrado. Alrededor del mundo existen casos que son ejemplos exitosos del uso de tecnologías modernas de tratamiento de aguas residuales, a pesar de las dificultades relacionadas con su entorno. Un ejemplo es Israel, un país donde su geografía limita la captación y suministro de agua a sus pobladores, pero con el uso de tecnologías modernas han hecho viable satisfacer la demanda de este recurso (Manuales CEPIS, 2017). Es así que cuentan con sistemas de tratamiento de aguas residuales para el riego en la agricultura, teniendo éxito en sus productos. Otros casos exitosos en el mundo podrían ser ejemplos concretos del grado de desarrollo hídrico que podría evaluar y adecuar a la realidad peruana. Esta adecuación no debe ser solo una solución técnica, sino debe incluir un análisis de las implicaciones sociales, políticas y culturales.

Actualmente a pesar que exista un amplio marco normativo a nivel mundial, como nacional las aguas residuales son muy pocas tratadas o en su gran mayoría las tratan en forma deficiente generando riesgos a la salud y al ambiente. A pesar que la tecnología se ha desarrollado vertiginosamente, gran parte de la población mundial no tiene acceso a la calidad de vida saludable que sólo el saneamiento puede ofrecerles. Nuestro país no permanece ajeno a esta realidad, ya que sus aguas residuales no son tratadas o son tratadas en forma deficiente. El tratamiento de las aguas residuales en la Localidad de Chiclayo, es administrado a través de Empresa Prestadora de Saneamiento de Lambayeque EPSEL S.A., quien además tiene a su cargo 26 localidades de la Región de Lambayeque. El distrito de Monsefú se encuentra ubicado al Sur Oeste de la ciudad de Chiclayo, siendo uno de los veinte distritos de la provincia de Chiclayo; pero también es uno de las tantas poblaciones en todo el Perú que no están ajenas a esta fatídica problemática de saneamiento. Las aguas residuales de la población monsefuana no son tratadas a pesar que existe una Planta de tratamiento de aguas residuales PTAR en su jurisdicción.

La Empresa Prestadora de Servicios de Saneamiento Lambayeque EPSEL S.A., tiene como objetivo social la prestación de los servicios de saneamiento de agua potable y alcantarillado sanitario pero sin embargo hace caso omiso a sus funciones, ya que a lo que se refiere al tratamiento de las aguas residuales de su circunscripción especialmente de Monsefú, solo las trata en lo más mínimo y por ende deficiente.

Estas aguas verdosas supuestamente tratadas, son entregadas a los agricultores del Sector Cusupe y estos a su vez riegan sus cultivos de tallo corto y tallo largo, que ya cultivadas las comercializan en el Mercado mayorista de Moshoqueque, al mercado local y para consumo propio. Los agricultores, satisfechos por la rentabilidad cubren las necesidades de sus familias. Pero infortunadamente las consecuencias llegan, pues estas aguas residuales supuestamente tratadas y entregadas por EPSEL S.A. para su regadío y que además cobran por el servicio a la población citadina, recoge sus primeras víctimas en la población más vulnerable especialmente a los niños y los adultos mayores, que en muchos casos llegan a enlutar a estas familias que tratan de salir de su pobreza con un trabajo digno.

Ante la presente situación descrita se denota la importancia de tratar las aguas residuales, formulándose el problema científico: ¿Cuál es el Diseño de una Planta de Tratamiento de aguas residuales convencional para el Sector Cusupe - Distrito de Monsefú – Chiclayo, 2016?, con la finalidad de cumplir con el objetivo: *Diseño Convencional de una Planta de Tratamiento de aguas residuales para el Sector Cusupe del distrito de Monsefú – Chiclayo, 2016*, diagnosticando la situación actual de la población y así recolectar la información necesaria para aplicarla de acorde a la necesidad y tipo de agua residual de la población.

Recomendándose tener en cuenta el Diseño planteado, analizarlo y evaluarlo, que es posible aplicarlo para reducir los riesgos a la salud y la degradación del ambiente.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES BIBLIOGRÁFICOS

En el tiempo que actualmente vivimos, es necesario tomar conciencia para salvaguardar nuestro planeta, hemos sido testigos de los desastres naturales que han causado demasiado daño al hombre, más aun a la población más vulnerable; por lo cual urgen los conocimientos de los diferentes investigadores, al determinar que los procesos biológicos utilizados en el tratamiento de las aguas residuales reducen la compleja materia orgánica a lo más básico como agua, bióxido de carbono y otros para que después de tratadas recién allí deban ser evacuadas, el propósito del tratamiento es acelerar la naturaleza de estas aguas residuales para minimizando los riesgos a la salud y el daño al medio ambiente, para lograr un desarrollo sostenible y sustentable.

Veliz Eliet y cols. (2009), en su Tesis *“REÚSO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS PARA RIEGO AGRÍCOLA. VALORACIÓN CRÍTICA”* presentaron una compilación de la información general disponible sobre las normas internacionales vigentes y los estudios que se han desarrollado en este tema en América Latina. Se realiza una valoración crítica de las tecnologías de tratamiento de aguas residuales que se recomiendan actualmente para reúso en riego agrícola. Se utilizó fundamentalmente la información divulgada por organizaciones internacionales tales como la Organización Mundial y Panamericana de la Salud, el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente y la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de América.

Se concluye que el uso productivo de estas aguas tratadas constituye una vía alternativa importante para riego agrícola por su elevado contenido de nutrientes y materia orgánica, lo que pudiera favorecer el incremento de las cosechas y el mejoramiento de los suelos. Se utilizan fundamentalmente en el riego de cultivos no destinados al consumo humano directo, como forrajes y otros cultivos industriales. Existen normas internacionales que regulan la calidad de las aguas residuales para

su reúso en la agricultura, pero muchos países no tienen implementadas normas propias y en otros se emplean sin ningún tipo de tratamiento. La tecnología que más se recomienda son las lagunas de estabilización, pero también se reconoce que existen otras tecnologías disponibles y la necesidad de estudiar tratamientos alternativos como la filtración y la desinfección ovicida.

Henríquez, (2011), en su Tesis: *ANÁLISIS Y CRITERIOS MÍNIMOS PARA LA APLICACIÓN DE LODOS TRATADOS PROVENIENTES DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS EN AGROSISTEMAS DE LA PROVINCIA DE MELIPILLA, REGIÓN METROPOLITANA, CHILE* en la Universidad de Chile, 2011.

Indica en su investigación que los lodos generados pueden aplicarse en agro sistemas sin provocar efectos adversos, siempre y cuando se considere los requisitos de la normativa vigente y criterios adicionales.

Manifiesta que la aplicación de lodos tiene efectos positivos en los suelos: disminuye la densidad aparente, aumenta la estabilidad de agregados, incrementa la retención de agua, aporta nutrientes y materia orgánica, y mejora el rendimiento de diferentes cultivos.

Las concentraciones de elementos traza metálicos presentes en los lodos se encuentran por debajo de lo exigido en la normativa, pese a ello, algunos estudios señalan una acumulación de ciertos ETM en especies vegetales y en suelos.

La aplicación de lodos en suelos evita la emisión de metano, que se produciría al depositarlos en un relleno sanitario minimizando así los GEI.

Con las conclusiones de la investigación de Henríquez, nos dice que no solo se tratan las aguas residuales domésticas, sino también que cualquier tipo de agua residual se puede tratar, incluyendo las industriales.

Montoya, (2012), realizo la Tesis: *MODELO MATEMÁTICO QUE PERMITA EVALUAR EL CAMBIO DE LA DBO₅ SOLUBLE DEBIDO A AGENTES INHIBITORIOS*

EN UN PROCESO DE LODOS ACTIVADOS, en la Universidad Nacional de Colombia - 2012.

El investigador nos indica que construyó un modelo semifísico con base fenomenológica para la DBO_5 , en función de la variación del consumo de oxígeno (OUR) y la transferencia de oxígeno (K_{la}) en el agua residual, para un sistema de lodos activados con inhibición a distintas concentraciones de grasa (40-170 ppm) y detergente (20-150 ppm). Las variables de entrada son las concentraciones de detergente y grasa, la de salida es la DBO_5 , se realizó la estimación de los 14 parámetros del modelo a partir de los resultados experimentales, mediante el ajuste matemático utilizando el programa Matlab 2008. Este modelo considera que el detergente y la grasa causan inhibición de los microorganismos en los lodos activados, sin afectación en la transferencia de oxígeno, pero retardando su consumo, además con base en el valor de salida de DBO_5 permite hacer estimaciones de la remoción de carga orgánica para una planta de lodos activados que presente inhibición por sustratos como grasas y detergentes, con unos errores máximos relativos del 11,4 % en la estimación según los datos simulados.

Con las conclusiones de la investigación de Montoya, llega a recomendar que los agentes inhibidores (detergente y grasa), se podría utilizar en un tratamiento de aguas residuales domésticas, pero teniendo en cuenta que inicialmente se debe levantar una línea base. Para el tratamiento que reciben aguas industriales, el modelo no aplicaría mucho ya que llega mucha contaminación química que afecta el consumo y transferencia de oxígenos, por lo que no es posible aplicarlo directamente y tener información legal.

Méndez & Feliciano, (2010), realizo la Tesis: *PROPUESTA DE UN MODELO SOCIO ECONÓMICO DE DECISIÓN DE USO DE AGUAS RESIDUALES TRATADAS EN SUSTITUCIÓN DE AGUA LIMPIA PARA AREAS VERDES*, en la Universidad Nacional de Ingeniería - Perú - 2010.

Indica que la salud humana se ve seriamente amenazada por la contaminación atmosférica, contaminación del agua, por la presencia de sustancias químicas y tóxicas así como por el deterioro de los recursos naturales y medio ambiente, cobrando vital importancia la implementación de plantas de tratamiento de aguas

residuales. A ello debe añadirse la utilización poco racional del recurso hídrico, pues los diversos sectores económicos no son eficientes en su uso. El efecto de las crecientes inversiones y gastos se generan por mayores exigencias de tratamiento de aguas residuales, por el aumento de concentraciones de contaminantes que aumentan junto con el desarrollo de los centros poblados, por lo que se está tratando de evitar el deterioro de los ecosistemas, lo que a menudo la sociedad desestima por restricciones de recursos y una pobre cultura ambiental y ecológica.

El reutilizar el agua residual tratada, se utiliza menor cantidad de agua potable en determinadas áreas para favorecer a otras que carecen del líquido elemento, y, las aguas residuales tratadas se utilizarían en otras actividades económicas y de servicios que no son de consumo humano directo como la agricultura, riego de parques y jardines.

Con sus conclusiones, se afirma que en nuestro entorno las aguas residuales son muy poco tratadas generando riesgos a la salud y al ambiente, donde la mayoría de la población tiene nula o poca cultura ambiental. También que la poca agua tratada, no tiene una adecuada disposición final.

García, (2012), realizó la investigación: *COMPARACIÓN Y EVALUACIÓN DE TRES PLANTAS ACUÁTICAS PARA DETERMINAR LA EFICIENCIA DE REMOCIÓN DE NUTRIENTES EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS*, en la Universidad Nacional de ingeniería –Perú - 2012.

En sus conclusiones con respecto al parámetro de Oxígeno Disuelto, solo hubo presencia de remoción en un 73% en el reactor cubierto con Jacinto de Agua, mientras que para el Control y Lenteja de Agua existió un incremento de 35% y 24% respectivamente. Observando en otros estudios las mejores tasas de desarrollo de la *Lemna Minor* cuando el ion amonio y nitrato son la fuente principal de nitrógeno, con una capacidad de crecimiento donde su peso se duplicaba solo en dos días.

Considera a la *Eichhornia crassipes* una especie promisoría en los procesos de desinfección de las aguas residuales debido a la alta eficiencia en niveles de remoción. A diferencia de las algas, la biomasa generada por *Lemna Minor* en una laguna, podrá

ser retirada con más facilidad. Además la disminución de la concentración de algas reducen los parámetros de DBO5, DQO, sólidos en suspensión y turbiedad.

Las plantas acuáticas como Lenteja de Agua y Jacinto de Agua llegan a presentar niveles cercanos a la neutralidad, y no presenta variaciones como las algas que al realizar la fotosíntesis remueven el CO₂ y altera el equilibrio Buffer Ácido carbónico-carbonatos, elevando el pH.

Con las conclusiones de la investigación de García, podemos observar que las plantas acuáticas son una buena opción para el tratamiento de aguas residuales pero con la desventaja que demanda mucho cuidado.

Arce, (2013), en su Tesis: *URBANIZACIONES SOSTENIBLES: DESCENTRALIZACIÓN DEL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES RESIDENCIALES*, en la Pontificia Universidad Católica del Perú - 2013.

En su investigación se observa la situación actual del alcantarillado en el Perú, y el panorama que se está pensando dejar a las futuras generaciones. Es inminente el colapso de las plantas de tratamiento de aguas residuales en Lima y provincias. Mega proyectos como Taboada, en Lima, que evacuan las aguas residuales al mar luego de un pre tratamiento-tratamiento primario no es la solución más adecuada. Con la propuesta que plantea en su trabajo se busca no solo solucionar los problemas relacionados al manejo de aguas residuales, sino también generar beneficios para el sector económico, político y ambiental.

Esta investigación analiza diferentes alternativas, adecuando ciertas tecnologías a contexto peruano, esto siendo conscientes que al país le falta asumir conocimientos técnicos actuales, planes de inversión en el saneamiento nacional, implementación de mantenimiento y operación eficientes.

2.2. BASES TEÓRICAS

Para Metcalf y Eddy (1995), citado por Arce (2013), menciona: El tratamiento de aguas residuales consta de etapas o procesos con diferentes características que contribuyen a un nivel de purificación. Dentro de los procesos del tratamiento se encuentra la autodepuración. En esta etapa, los microorganismos y algas comparten

la función de descomponer los desechos, gracias a la metabolización de las sustancias. Es aquí cuando se transforma todas las sustancias simples en dióxido de carbono, nitrógeno, entre otras. También cabe señalar que dentro del proceso de autodepuración, se encuentra la acción de microorganismos para absorber sustancias orgánicas.

En el proceso biológico donde se descompone la materia orgánica, se eliminan los contaminantes que causan diferentes enfermedades a la salud del hombre y también va degradando los ecosistemas de su entorno; la eliminación de contaminantes necesita de etapas que cumplan los estándares establecidos para un desarrollo sostenible y sustentable, lo cual se da en un tratamiento de aguas residuales, donde se dan procesos físicos, químicos y biológicos. Las etapas del proceso dependerá de la calidad de agua que se desee obtener y también cuál será la disposición final de estas aguas según los estándares de calidad normada. Arce (2013)

FONAM (2010), hace referencia que en el diseño de una Planta de tratamiento, se debe buscar un diseño eficiente y económico que satisfaga la necesidad de la población incluyendo un plan de operación y mantenimiento constante. A través de la historia se puede observar la carencia de una cultura de operación y mantenimiento en el Saneamiento integral (sistema de agua potable y alcantarillado sanitario) por lo cual se busca un tratamiento, que se adapte a la realidad nacional, pero que no involucre efectos secundarios como malos olores, no arriesgando la salud de la población y evitando la degradación del ambiente. En el tratamiento se debe tener sumo cuidado como el caudal, el uso final del agua tratada, el área empleada, la viabilidad económica, entre otros

Los procesos que sucede en el tratamiento de aguas residuales domésticas, empieza con el pre tratamiento, tratamiento primario, tratamiento secundario y el tratamiento terciario, dependiendo de la calidad de agua requerida, quedando mayormente en el tratamiento secundario.

2.2.1. ETAPAS DEL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

Las principales etapas para el tratamiento de aguas residuales son:

a) PRE-TRATAMIENTO

El pre-tratamiento es muy importante, pues reduce y elimina las partículas sólidas para evitar problemas en las etapas siguientes. Aquí se descompone todo el material que ingresa en cantidad y tamaño razonable, separando los elementos que no son orgánicos minimizando la carga sólida para ingresar al tratamiento primario para su mayor eficiencia, es así que se tiene lo siguiente:

1. Desbaste

Es la separación de partículas de tamaños considerables mediante el uso de rejillas. El tamaño de las partículas separadas es elegido de acuerdo al tipo de tratamiento posterior que se le dará. Se tienen diferentes tamaños entre los cuales se puede señalar como importantes los siguientes: FONAM (2010)

- Desbaste fino: separación libre entre barrotes de 10 - 25 mm.
- Desbaste grueso: separación libre entre barrotes de 50 - 100 mm.

En cuanto a los barrotes, han de tener unos espesores mínimos:

- Reja de finos: entre 6 –12 mm.
- Reja de gruesos: entre 12 –25 mm.

Las rejillas tienen características de su uso, como la limpieza manual o automática.

2. Tamizado

El tamizado es parecido al desbaste, pero su calidad de separación de partículas es más minuciosa. Las dimensiones de orificios de paso del tamiz es: FONAM (2010)

- **Microtamizado:** Se utiliza como material tela metálica o plástica de malla inferior a 100 micras. Es empleado para eliminar materias en suspensión muy pequeñas contenidas en aguas residuales pre tratadas. En casos especiales, los tamices se incluirán en el pre tratamiento de una estación depuradora.

- **Macrotamizado:** Se procede sobre chapa perforada o enrejado metálico con paso superior a 0.2 mm. Se emplea para retener materias en suspensión, flotantes, semiflotantes, residuos vegetales o animales de tamaño entre 0,2 y varios milímetros. Arce (2013)

3. Desarenador

Los desarenadores son filtros que separan partículas superiores a 200 micras, siendo muy necesario para evitar que los sedimentos entren a los equipos o bombas, protegiendo los aparatos de la abrasión. El sub proceso dará una eliminación del 90%. FONAM (2010).

4. Desaceitado y desengrasador

El objetivo es eliminar grasas, aceites y materiales flotantes ligeros en el agua. En el desaceitado se separa el material líquido-líquido, y el desengrasador separa el material sólido-líquido. En ambos casos se eliminan por la insuflación de aire, para desemulsionar las grasas y mejorar la flotabilidad. Si se junta el desaceitado y el desengrasador en el mismo compartimiento, debe tener una zona de tranquilización, donde la zona superficial como en la zona de fondo, se pueda evacuar los residuos que son indiferentes en el proceso. FONAM (2010).

b) TRATAMIENTO PRIMARIO

El objetivo del tratamiento primario es la remoción de los sólidos orgánicos e inorgánicos sedimentables, para disminuir la carga para su posterior tratamiento biológico.

En este tratamiento primario se da la sedimentación donde se remueve las partículas que son sedimentables. Para que ello ocurra se da la coagulación y la floculación, siendo su objetivo de ambos retirar los sólidos en suspensión y las partículas coloidales actuando casi simultáneamente y no se diferencian demasiado. En la coagulación se desestabiliza la suspensión coloidal y la floculación modifica el transporte de sólidos evitando que se junten y se unan minimizando las partículas. FONAM (2010).

▪ **Coagulación**

Los coagulantes más usados es el sulfato de alúmina, sulfato férrico o cloruro férrico muy usados para clarificar el agua, eliminar la DBO y los fosfatos de las aguas residuales, actuando como coagulantes-floculantes al mismo tiempo. Aquí se debe controlar el comportamiento del pH.

▪ **Floculación**

En este proceso se aplican equipos como el compresor de aire, válvula reductora de presión y el tanque de presión inyectando aire a las aguas residuales crudas y así los sólidos flotan de manera artificial y con mayor velocidad. En la floculación se da la separación de líquido-sólido de las partículas suspendidas en las aguas residuales, removiendo grasas, aceites y sólidos de densidad baja. Los floculantes más usados son los oxidantes, adsorbentes y sílice activa.

La velocidad, el pH y el tiempo son factores muy importantes que influyen en la coagulación y la floculación, originando que las partículas se desintegren o se aglomeren. Metcalf y Eddy (1995).

Los procesos del tratamiento primario pueden ser:

1. Tanque Imhoff

El tanque Imhoff es una unidad de sedimentación primaria, teniendo como objetivo la remoción de los sólidos orgánicos e inorgánicos sedimentables, para reducir el material que pasará por el tratamiento secundario o biológico. El tanque Imhoff tiene un funcionamiento sencillo y no tiene parte mecánica, pero es necesario que antes de entrar al tanque las aguas residuales el material haya pasado por pre-tratamientos (como el cribado y remoción de arenas).

El tanque Imhoff es una variante de la cámara séptica, formada por una cámara de flujo donde ingresan las aguas residuales a una velocidad baja y la cámara inferior donde sucede la fermentación y la descomposición de la materia orgánica. FONAM (2010).

2. Tanques de sedimentación

Sillar y Wigner en 1869 observaron que el lodo coagulado recientemente al ser agregado al agua turbia hacia precipitar las partículas en suspensión y que este proceso podía repetirse cinco o seis veces. Fue aplicado hasta 1880 por Mueller – Nohnsen construyendo un tanque de sedimentación en Dortmund – Alemania. Siendo muy usada en la industria papelera en los años 1880 – 1910. Nunca fue patentada conociéndose como el Tanque Dortmund.

Este tipo de tanque era de sedimentación de flujo vertical y manto de lodos, siendo una estructura de fondo cónico e ingresaba el agua residual y ascendía atravesando un manto de partículas en suspensión, hasta llegar a la canaleta superior donde recogía el agua sedimentada. Metcalf y Eddy (1995).

3. Tanques de flotación

El tanque de flotación se usa para remover las partículas finas en suspensión y de baja de densidad usando el aire como agente de flotación. Los sólidos son elevados a la superficie del líquido son removidos en una operación de desnatado. RCN (2006)

c) TRATAMIENTO SECUNDARIO

Metcalf y Eddy (1995), manifiesta que la materia orgánica biodegradable en un proceso aerobio y que sirve como nutriente en una población bacteriana proporcionando oxígeno y condiciones controladas. La materia orgánica se oxidada en este proceso, y a la vez existen bacterias que disminuyen los contaminantes.

El tratamiento secundario, refiere que son procesos biológicos con una eficiencia de remoción de demanda bioquímica de oxígeno (DBO) soluble mayor a 80%. RCN (2006)

Para que el proceso biológico sea eficiente no se debe dejar de lado ciertas características. El crecimiento bacteriano debe contar con ciertos parámetros como la temperatura (30° - 40°C), oxígeno disuelto (1-2 mg/lit), pH (6.5 -8.0), salinidad (menor a 3,000 ppm). También se debe considerar que actúan de forma inhibidora sustancias

tóxicas como Cadmio (Cd), Cobre (Cu), Cromo (Cr), entre otros. Asimismo, las grasas y aceites en desengrasadores previos deben ser evitados (FONAM, 2010).

Los procesos del tratamiento secundario pueden ser:

1. Lagunas de estabilización

Las lagunas de estabilización son estanques para tratar las aguas residuales con procesos biológicos naturales de interacción de microorganismos y la materia orgánica. En el tratamiento por lagunas de estabilización se da cuando la biomasa de las algas y los nutrientes se descargan con el efluente, son asimilados por el cuerpo receptor. Cuando se requiere un alto grado de remoción de organismos patógenos, este tratamiento es ideal. Pero hay que tener cuidado cuando el efluente va a un lago o embalse, debiendo evaluarse para evitar la eutrofización.

En el tratamiento de aguas residuales domésticas e industriales tenemos las lagunas anaerobias, aerobias, facultativas y de maduración. RNC (2006)

a. Lagunas aeradas

Son depósitos donde se trata el agua residual a manera de flujo continuo sin recirculación de los sólidos. Su objetivo es convertir la materia orgánica, mediante aireadores superficiales o difusores sumergidos que aportan oxígeno. La turbulencia dada por los aireadores mantiene en suspensión el contenido del depósito. Después de un tiempo de retención, en un periodo de 3 a 6 días, el efluente puede resultar hasta la mitad del DBO de afluente. Siendo necesario usar posteriormente un tanque decantador para eliminar mayor material orgánico por gravedad.

Se debe tener en consideración la eliminación de DBO, las características del efluente, la demanda de oxígeno, el efecto de temperatura, la demanda energética para el mezclado y la separación de sólidos (Metcalf & Eddy, 1995).

b. Lagunas anaerobias

Las lagunas anaerobias se emplean cuando no hay disponibilidad de terreno y para tratar las aguas residuales domésticas con las altas concentraciones y desechos industriales. Sus unidades serán en serie dependiendo de la demanda. No es

recomendable en temperaturas menores a 15° C y en presencia de alto contenido de sulfatos en las aguas residuales mayor a 250 mg/l.

Después de este tratamiento es necesario un tratamiento adicional para llegar al grado requerido. Si se llega a usar lagunas facultativas secundarias debe cumplir con los valores establecidos normados. RNC (2006)

c. Lagunas facultativas

Las lagunas facultativas se dan en climas fríos donde la carga de diseño es muy baja permitiendo una remoción adecuada de microorganismos. Puede ser única, pero también le sigue la laguna secundaria o terciaria dependiendo la calidad requerida. Para evitar el crecimiento de plantas acuáticas deben tener una profundidad de 1.50 m. RNC (2006)

Tabla 1. Tratamiento aerobio vs tratamiento anaerobio

AEROBIO	ANAEROBIO
Mayor eficiencia de remoción.	Menor producción de lodos.
Operatividad comprobada.	Menores costos de operación.
50% de C es convertido en CO ₂ , 40-50% es incorporado dentro de la masa microbiana.	95% de C es convertido en biogás; 5% es transformado en biomasa microbiana.
60% de la energía es almacenada en la nueva biomasa, 40% es perdido como calor.	90% de la energía es referida como CH ₄ , 3-5% es perdido como calor, 5-7% es almacenada en la biomasa.
Ingreso de elevada energía para aireación.	No requiere energía.
Limitación de cargas orgánicas.	Acepta altas cargas orgánicas.
Se requiere adición de nutrientes.	Degrada compuestos policlorados.
Requerimiento de grandes áreas.	Requerimiento bajo de nutrientes.
Sensible a economía de escala.	Se requiere pequeña área superficial.
Periodos de arranque cortos.	Largos periodos de arranque.

Fuente: Arce (2013)

2. Lodos activados

Este proceso fue desarrollado en Inglaterra en 1914 por Ardem y Lockett, y su nombre proviene de la producción de una masa activada de microorganismos capaz de estabilizar un residuo por vía. El sistema funciona con la instalación previa de material que genere bacterias aerobias. Este ambiente se genera ingresando aire con un soplador y difusores. Al entrar las aguas residuales se decantan y gracias al efecto de una bomba genera la suspensión del material. Una vez suspendido el material se pone en contacto con el oxígeno, luego la materia degradada flocula y vuelve a decantarse. Es aquí donde la biomasa sedimentada se devuelve para ser reutilizada.

En el proceso de los lodos activados, las bacterias son los microorganismos degradantes de la materia orgánica del afluente de agua residual. Aquí las bacterias facultativas y aerobias se encargan de degradar la materia orgánica para producir energía, convirtiendo la materia orgánica a masa biológica. Metcalf & Eddy (1995)

3. Filtros percoladores

Según Metcalf & Eddy (1995), el primer filtro percolador se puso en operación en Inglaterra en 1893. La idea nació del uso de estanques impermeables, donde se adicionaba una capa de piedra machacada. Después las aguas residuales ingresaban por la parte superior, generando el contacto con el ambiente por cierto tiempo. Luego se dejaba drenar y se dejaba en reposo antes de empezar nuevamente con el proceso. La duración de los ciclos se estimaba en 12 horas, de las cuales 6 horas se empleaba para poner el material en contacto con la atmósfera.

El filtro percolador actual consiste en un lecho constituido por un medio permeable, donde los microorganismos se adhieren y a través del cual percola el agua residual. El medio filtrante puede estar compuesto por piedras o diferentes materiales plásticos. Es muy usado el filtro de piedra el cual tiene forma circular y reparte el agua residual mediante el distribuidor rotatorio.

Los filtros constan de un drenaje inferior que recolecta el agua tratada. El agua tratada pasa a un tanque sedimentador, donde se genera la separación de algunos materiales sólidos restantes. Finalmente, el agua tratada pasa a ser reutilizada, mientras que los sólidos sedimentados logran generar una película biológica, la cual servirá para minimizar la carga biológica y maximizar la reducción de lodo (Metcalf y Eddy, 1995).

4. Sistemas biológicos rotativos (Biodiscos)

Los reactores biológicos rotativos de contacto, más conocidos como biodiscos, es otro ejemplo donde se asume un tratamiento biológico aerobio. Este proceso se compone de una serie de discos circulares de poliestireno, o cloruro de polivinilo, situados sobre el mismo eje, la distancia entre cada disco es relativamente corta (Metcalf y Eddy, 1995).

Su operación se basa fundamentalmente en la posición de los discos parcialmente sumergidos y sus giros lentos. El crecimiento de la película biológica va a la par del movimiento giratorio de los discos, esto contribuye a que la película se encuentre en contacto directo con la materia orgánica y con la atmósfera. Al estar en contacto con la atmósfera induce a la transferencia de oxígeno y mantiene a la biomasa en condiciones aerobias satisfactorias (Metcalf & Eddy, 1995).

Estas rotaciones generan eliminación de la materia sólida mediante esfuerzos cortantes. Además del tratamiento secundario, los biodiscos pueden ser usados para la nitrificación y desnitrificación estacionales o permanentes (Metcalf & Eddy, 1995).

5. Reactores Anaerobios de Flujo Ascendente (RAFA o UASB)

Esta tecnología se a fines de los 70 en Holanda y por su manera simple de funcionamiento, fue adoptada en muchos países como Bolivia, México, Argentina, Marruecos, entre otros (Lucas Seghezzo, 2012). Su objetivo principal es descomponer la materia orgánica mediante microorganismos anaerobios. El agua residual ingresa al reactor por la parte inferior, fluyendo de manera ascendente, encontrándose con un manto de lodos constituidos por granos o flóculos. Estos granos o flóculos cuentan con una actividad metanogénica muy elevada, por lo que su funcionamiento es óptimo. Los gases producidos, como el metano y dióxido de carbono, recirculan dentro del reactor ayudando al mantenimiento de los gránulos adhiriéndose a las partículas biológicas. Luego, el gas libre es conducido a la parte superior del reactor. Finalmente, el agua tratada es conducida hacia filtros para generar mayor limpieza antes de reutilizarla y la parte sólida decantada pasa a ser parte de la película o manto generado dentro del reactor. Para que parte de estas partículas asciendan para encontrarse con el manto en suspensión es necesario que la velocidad de flujo ascendente se encuentre entre los rangos de 0.6 y 0.9 m/h (RNE, 2006; Rodríguez, 2004; Seghezzo, 2012).

Este reactor al no tener mecanismos dinámicos se convierte en un sistema muy fácil de operar. Otra ventaja que muestra el RAFA con respecto a otros sistemas dentro de

zonas en comunidades urbanas de clima tropical, es la producción de metano obteniéndose biogás, generando una energía renovable.

Este tipo de reactores son utilizados tanto para aguas residuales industriales como domésticas (Lettinga, 2001). A pesar de ser una tecnología que genera muy buenos resultados, empleando el mínimo costo de mantenimiento después de construida, este tratamiento cuenta con dos desventajas:

- **Arranque de reactores anaerobios**

Se debe generar un ambiente propenso para desarrollar el funcionamiento del reactor. Se debe contar con inóculos eficientes para que su arranque sea el inicio temprano del proceso microbiológico. Si no se toman las medidas correspondientes, el arranque de los reactores podría tomar más del tiempo estimado para que comience a funcionar (Seghezzeo, 2012).

- **Tener mucho cuidado con el pH.**

Es mejor contar con un tanque desengrasador antes de llegar al proceso del reactor. Si por alguna razón, la tasa de remoción de los ácidos grasos volátiles a través de la metalogénesis no acompaña a la remoción de dichos ácidos, puede generarse inestabilidad, y por ende, inhibición de las bacterias metanogénicas causando baja en el pH. Esto es solucionable manteniendo una alta capacidad metanogénica y una buena capacidad buffer en el sistema, teniendo una frecuente toma de datos para conocer las variaciones del pH (Seghezzeo, 2012).

Las lagunas de estabilización (aerobia y/o anaerobia) presentan ventajas y desventajas, siendo una gran ventaja el bajo costo para su construcción y operatividad pero muy desventajoso en necesitar grandes áreas de terreno y por tener grandes extensiones siempre está latente el peligro que la materia orgánica y el oxígeno reaccionen siendo un gran foco infeccioso. Lo contrario a los tratamientos de lodos activados que es muy eficiente, empleando menor área de terreno siendo su desventaja el costo para mantenerla y en el consumo de energía pero aplicando la energía renovable disminuiría su costo.

d) TRATAMIENTO TERCIARIO

El objetivo del tratamiento terciario es cumplir un estándar de calidad del efluente para evitar la contaminación al cuerpo receptor y/o ser adecuada en su reutilización. Muchas veces el efluente que viene del tratamiento secundario presenta microorganismos patógenos, con olor y color desagradable u otra característica que no podría ser reutilizada.

Según su reutilización del agua tratada debe cumplir con la eliminación de ciertos microorganismos, es así que los tratamientos pueden pasar de los más a menos estrictos. Se puede utilizar la cloración, filtros con material apropiado, humedal artificial de flujo sub-superficial, radiación UV, etc. (Metcalf y Eddy, 1995).

Tabla 2. Tratamiento convencional aguas residuales urbanas.

ETAPA DE TRATAMIENTO	TIPO DE PROCESO	EJEMPLO	OBJETIVO
Pre-tratamiento	Físicos	Cribado y tamizado.	Retención de sólidos gruesos flotantes.
		Dilaceración.	Reducción del tamaño de los sólidos.
		Desarenado.	Separación de arena en suspensión.
		Desengrasado.	Separación de grasas y aceites.
		Homogenizado	Homogenizar la concentración y el caudal del agua residual.
Tratamiento primario	Físicos y químicos	Sedimentación.	Reducción de la DBO ₅ en al menos un 20%.
		Flotación.	Reducción de los sólidos en suspensión en un 50 - 85%.
		Floculación.	
Neutralización.			
Tratamiento secundario	Biológicos	Procesos aerobios. Procesos anaerobios. Procesos de los residuos sólidos.	El influente del tratamiento secundario debe haber reducido su DBO inicial en un 70-90% y los sólidos totales en un 90%
Tratamiento terciario	Químicos	Eliminación de contaminantes no biodegradables. Eliminación de nutrientes.	Separación de los contaminantes orgánicos no biodegradables y los nutrientes minerales.
Desinfección	Físicos y químicos	Desinfección química. Desinfección física.	Eliminación de microorganismos patógenos.

Fuente: Junta de Sanejament (Generalitat de Catalunya)

2.2.2. CARACTERIZACION DE LAS AGUAS RESIDUALES

Según la Fundación Universitaria Iberoamericana (FUNIBER), nos manifiesta que la caracterización de las aguas residuales depende del objetivo que se persigue en su

tratamiento. Se debe identificar el tipo de descarga y se debe determinar el lugar del aforo y muestreo, debiéndose realizar las adecuaciones necesarias para garantizar que la toma de muestras sea clara, ya que de esto depende que los resultados sean veraces; también se debe definir la frecuencia de muestreo, y de acuerdo con los parámetros que se determinen, establecer la forma de manejo y la preservación de las muestras.

1. TOMA DE MUESTRAS

La toma correcta de las muestras de las aguas residuales, es la condición más importante además permite tomar conclusiones válidas. Un resultado de laboratorio no es válido ni representativo si la muestra no se ha tomado correctamente. No existe un procedimiento universal de muestreo, varía de acuerdo a la ocasión en los puntos de muestreo, tipo y frecuencia de la muestra a tomar. FUNIBER (2015)

2. PARAMETROS DE CARACTERIZACION DE LAS AGUAS RESIDUALES

Las etapas de depuración dependen de las características del agua a tratar y del grado de depuración que se quiere conseguir. Y para determinarlas se deben caracterizar sus aguas residuales. FUNIBER (2015)

PARAMETROS FISICOS

a. Sólidos totales

Los sólidos totales son la materia coloidal, la materia disuelta, la materia sedimentable y la materia en suspensión.

Los sólidos totales están presentes en el agua debido a:

- La acción de la erosión del agua sobre el medio (algas, arcillas, sedimentos, etc.).
- El vertido de aguas residuales urbanas con gran cantidad de sólidos en suspensión, generalmente de carácter orgánico.
- El vertido de aguas residuales industriales que contienen sólidos en suspensión, tanto de naturaleza orgánica como inorgánica. FUNIBER (2015)

b. Turbidez

Es una medida del grado de dispersión de la luz debido a las impurezas insolubles (materia en suspensión, partículas coloidales) presentes en el agua. Dependiendo del diámetro y de las características de la superficie de las partículas que se encuentran en el agua. La tolerancia en este parámetro depende de la utilización que se vaya a dar al agua, puede eliminarse la turbiedad por filtración o por floculación. FUNIBER (2015)

c. Color

El agua en la naturaleza se encuentra coloreada debido a:

- El contacto con materiales orgánicos como hierbas, maderas, hojas, pudiendo tener un color marrón amarillento.
- Adquiere el color rojizo, ante la presencia de óxidos de hierro.
- Los vertimientos de aguas industriales (papelera, textil, proceso de alimentos, etc.).

El color originado por los materiales en suspensión se denomina color aparente. Mientras que se designa como color verdadero al generado por los sólidos disueltos. El color varía dependiendo el uso del agua. FUNIBER (2015)

d. Sabor y olor

Las sustancias inorgánicas suelen dar sabor al agua pero no olor:

- Los materiales alcalinos dan un sabor amargo.
- Las sales metálicas dan sabor salado o amargo.

Los olores son debido a los gases liberados durante el proceso de descomposición de la materia orgánica y a la presencia de compuestos olorosos en sí mismos o con la tendencia a producir olores durante su tratamiento. Siendo la causa principal de rechazo a la implantación de instalaciones de tratamiento de aguas residuales. Las sustancias orgánicas que proporcionan sabor y olor al agua:

- Productos derivados del petróleo.
- Descomposición biológica. FUNIBER (2015)

e. Temperatura

La temperatura es una medida del calor o energía térmica de las partículas en una sustancia y es un parámetro muy importante, pues:

- Regula la actividad biológica.
- Afecta a un gran número de reacciones que se producen en el agua.
- Influyen en la solubilidad de las sustancias en el agua.

La temperatura del agua se debe a diferentes factores:

- Temperatura del ambiente (aguas superficiales).
- Vertido de aguas residuales, principalmente de los cambiadores de calor.

La temperatura de las aguas residuales suele ser mayor que la del agua de suministro, debido a la incorporación del agua caliente de los hogares y de los diferentes usos industriales. FUNIBER (2015)

PARAMETROS QUIMICOS

a. Sólidos disueltos

Es el material que permanece en el agua después de eliminar los sólidos en suspensión. Vienen de la propiedad que tiene el agua de disolver sólidos, líquidos y gases. Pueden ser:

- Inorgánicos: Minerales, metales y gases.
- Orgánicos: Vegetación, productos químicos orgánicos y gases orgánicos.

b. pH

Es una medida de acidez o basicidad del agua, indicando la concentración de hidrogeno presente en el agua. El agua es un compuesto que tiene la capacidad de disociarse en iones hidronio e hidróxido. Sorensen (1909)

c. Alcalinidad

Es una medida de la capacidad del agua para neutralizar ácidos, debido a la presencia de hidróxidos, carbonatos, bicarbonatos de calcio, magnesio, sodio, potasio y amonio. Es la cantidad de iones presentes en el agua que reaccionan para neutralizar iones hidronio.

La alcalinidad se genera por la disolución de minerales y CO₂ atmosférico y el producido durante la descomposición biológica de la materia orgánica. FUNIBER (2015)

d. Dureza

La dureza es la concentración de cationes metálicos con estados de oxidación iguales o mayores a dos.

- Dureza no carbonatada, es la producida por sulfatos, cloruros, etc., precisando de tratamientos desmineralizados o por destilación.
- Dureza carbonatada, es la producida por carbonatos sensibles al calor. FUNIBER (2015)

PARAMETROS ORGANICOS

En el agua la materia orgánica es soluble, es una mezcla de las sustancias que vienen de los vertimientos urbanos e industriales. Tenemos las biodegradables y las no biodegradables. FUNIBER (2015)

a. Demanda teórica de Oxígeno (DteO)

Es la cantidad estequiometría de oxígeno para oxidar completamente un determinado compuesto. Es un valor calculado y solo se calcula si se conoce la composición completa del agua residual. FUNIBER (2015)

b. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)

Es la cantidad de oxígeno consumida a 20°C y durante 20 días, por los microorganismos en la oxidación bacteriana de la materia orgánica biodegradable en una muestra de agua. Generalmente se determina la DBO₅. Pero se debe tener en cuenta que los 5 días no son suficientes para obtener la oxidación biológica completa, el cual es un proceso lento que necesita de un tiempo infinito para completarse considerándose un periodo de 20 días para que obtener un 95 - 99% la oxidación de la materia orgánica a diferencia de la de 5 días que solo alcanza entre 60 - 70%. FUNIBER (2015).

c. Demanda Química de Oxígeno (DQO)

La DQO es la cantidad de oxígeno consumido por la oxidación química de sustancias orgánicas y algunas inorgánicas contenidas en el agua analizada. Mide el contenido orgánico de las aguas. FUNIBER (2015)

d. Demanda Total de Oxígeno (DTO)

La DTO mide el total de oxígeno consumido. Es la cantidad de oxígeno teóricamente necesaria para la oxidación de las sustancias oxidables contenidas en el agua. La DTO se determina por el consumo de oxígeno componiéndose de la cantidad necesaria para la formación de CO₂, H₂O, óxidos de nitrógeno, de azufre y óxidos metálicos. FUNIBER (2015)

e. Carbono Orgánico total (COT)

Este parámetro se obtiene cuantificando el CO₂ generado en la oxidación térmica de las sustancias orgánicas de una muestra de agua donde se ha eliminado el carbono inorgánico. FUNIBER (2015)

GASES

Los gases más comunes que se encuentran en las aguas residuales en contacto con el aire son los atmosféricos: nitrógeno, oxígeno y CO₂. El nitrógeno es necesario para la síntesis de proteínas y el oxígeno para la respiración de los microorganismos aerobios.

El sulfuro de hidrógeno, amoníaco y metano se generan de la descomposición de la materia orgánica presente en el agua residual. El sulfuro de hidrógeno es un gas inflamable con olor a huevos podridos.

El color ennegrecido del agua residual se debe a la presencia y a la formación del sulfuro de hierro. El metano es producido de la descomposición del agua residual.

Por otro lado el cloro y el ozono son gases muy usados para la desinfección y el control del olor. FUNIBER (2015)

OTROS PARAMETROS DE CARACTERIZACION DE LAS AGUAS RESIDUALES

a. Fosforo

El fosforo orgánico tiene poca importancia en la mayor parte de los residuos domésticos, pero muy importante en los vertidos industriales y fangos de aguas residuales domésticas. FUNIBER (2015)

b. Grasas

Las grasas y aceites en el agua residual generan problemas en la red de alcantarillado sanitario como también en el tratamiento solucionándose con desengrasadores. Si no se eliminan estas grasas y aceites generan películas y acumulación de materia flotante degradable interfiriendo en la vida biológica. FUNIBER (2015)

c. Metales pesados

Los metales pesados se añaden frecuentemente al agua residual en actividades comerciales e industriales. En cantidades excesivas interfiere en el uso del agua debido a su toxicidad debiendo eliminarse, normalmente no hay presencia de ellas en el agua residual doméstica. FUNIVER (2015)

CONTAMINANTES

Entre los contaminantes principales tenemos:

- **Contaminación carbonosa** caracterizada por la DBO5, de la DQO y de los SS. El vertimiento excesivo de materias carbonosas al cuerpo receptor provoca la disminución de la concentración de oxígeno disuelto, generando la putrefacción.
- **Contaminación nitrogenada** caracterizada por el parámetro Nitrógeno total (Nt) incluyendo todas las formas de nitrógeno. Su excesivo vertido al cuerpo receptor provocaría la disminución de la concentración de oxígeno disuelto, con riesgo de eutrofización.
- **Contaminación fosforada** caracterizada por el parámetro Fosforo total (Pt). Su excesivo vertido al cuerpo receptor provocaría riesgo de eutrofización. Charpentier (2014)

MICROORGANISMOS

Para la remoción de la DBO carbonácea, la coagulación de los sólidos no sedimentables y disueltos y la estabilización de la materia orgánica, intervienen una serie de diferentes microorganismos, principalmente bacterias. Los microorganismos utilizan la materia orgánica coloidal y disuelta como alimento para llevar a cabo todas sus funciones metabólicas, como crecimiento y reproducción, generando como productos finales, varios tipos de gases y materia inorgánica y más células (biomasa). Ya que la gravedad específica de la biomasa es ligeramente mayor que la del agua, éstas pueden removerse por sedimentación. Orosco (2005).

Para un efectivo proceso biológico de tratamiento de aguas residuales es necesario entender claramente los siguientes puntos:

- a) Las necesidades nutricionales de los microorganismos
- b) Los factores ambientales que afectan el crecimiento microbiano
- c) El metabolismo de los microorganismos
- d) La relación entre el crecimiento biológico y la utilización del sustrato

Los microorganismos importantes en el tratamiento biológico del agua residual son: los microorganismos procariotas (eubacterias y arqueobacterias) que suelen denominarse simplemente bacterias, y son primordiales en el tratamiento biológico. El grupo de los microorganismos eucariotas incluye a las plantas, animales y los protistas. Los organismos eucariotas importantes en el tratamiento biológico de las aguas residuales incluyen hongos, protozoos, rotíferos y algas. Orosco (2005).

1. Cinética del crecimiento biológico

Las condiciones medio ambientales se pueden controlar mediante la regulación del pH, de la temperatura, la adición de nutrientes o elementos traza, la adición o exclusión de oxígeno o también, mediante una mezcla adecuada del medio. El control de las condiciones ambientales asegurará que los microorganismos dispongan del medio adecuado para su desarrollo.

Para asegurar el crecimiento de los microorganismos, se les debe permitir un tiempo de permanencia en el sistema lo suficiente para que se reproduzcan. Este período depende de la tasa de crecimiento, la cual está directamente relacionada con la velocidad a la que metabolizan o utilizan el sustrato, que en este caso, es el residuo. Suponiendo que las condiciones ambientales estén debidamente controladas, se puede asegurar una estabilización eficaz mediante el control de la tasa de crecimiento de los microorganismos.

2. Tipos y clasificación de los sistemas biológicos

En el tratamiento de aguas residuales por microorganismos, su principal objetivo es la coagulación y la eliminación de los sólidos coloidales no sedimentables y la estabilización de la materia orgánica. En las aguas residuales domésticas el principal objetivo es reducir la materia orgánica presente, la eliminación de nutrientes (como el nitrógeno y el fósforo), como también la eliminación de compuestos a nivel traza que puedan resultar tóxicos a los microorganismos.

La materia orgánica contaminante es el alimento esencial de los microorganismos en este proceso biológico, donde obtienen la energía necesaria para reproducirse y realizar sus funciones vitales, y la materia orgánica es transformada en nuevas células y el resultado se separa fácilmente del agua.

En el proceso biológico para el tratamiento de agua residuales, se basa en la manera que los microorganismos utilizan el oxígeno. Tenemos los procesos aerobios y los anaerobios, lo cual son procesos diferentes entre sí, por su microbiológica, por sus aplicaciones y su control.

La función principal de los microorganismos es realizar el proceso biológico, donde las bacterias anaerobias usan el 10% de la energía contenida en su alimento para reproducirse, dando origen a nuevas células y el 90% restante producen metano CH_4 y el bióxido de carbono CO_2 . Mientras las bacterias aerobias usan en presencia del oxígeno un 60 a 65% de la energía del alimento en la síntesis de nuevas células y el remanente se desvanece en forma de calor. Orosco (2005)

3. Crecimiento bacteriano

La mayor proporción de la biomasa son las bacterias, que crecen en el agua residual alimentándose de la materia orgánica biodegradable como son las proteínas, carbohidratos, lípidos entre otros. Las bacterias se reproducen por fisión binaria, con un tiempo requerido en cada división variando desde 20 minutos hasta varios días. Dependiendo de las limitaciones ambientales, la disponibilidad del alimento o el sustrato, la concentración de los nutrientes como también el tamaño del sistema pueden impedir su reproducción. Orosco (2005)

3.1. Crecimiento en términos de número de bacterias.

El crecimiento bacteriano basado en el número de células, se da en cuatro fases:

- **Fase de latencia:** Se inicia al agregar un inóculo a un medio de cultivo, y representa el tiempo que requieren los organismos para aclimatarse a su nuevo ambiente y empezar a fisionarse.
- **Fase exponencial:** Las células se dividen a cierta tasa determinada en función de su tiempo de generación y su habilidad para procesar el alimento.
- **Fase estacionaria:** La población permanece estacionaria. Las causas que explican este fenómeno son a) las células agotaron el sustrato o los nutrientes necesarios para su crecimiento y b) el crecimiento de células nuevas se compensa con el número de células muertas.
- **Fase de muerte exponencial:** La tasa de mortalidad de las bacterias excede la producción de células nuevas. La tasa de mortalidad generalmente es una función de la población inversa de la fase de crecimiento exponencial. Orosco (2005)

3.2. Crecimiento en términos de masa bacteriana

El crecimiento en términos de masa bacteriana, se da en cuatro fases:

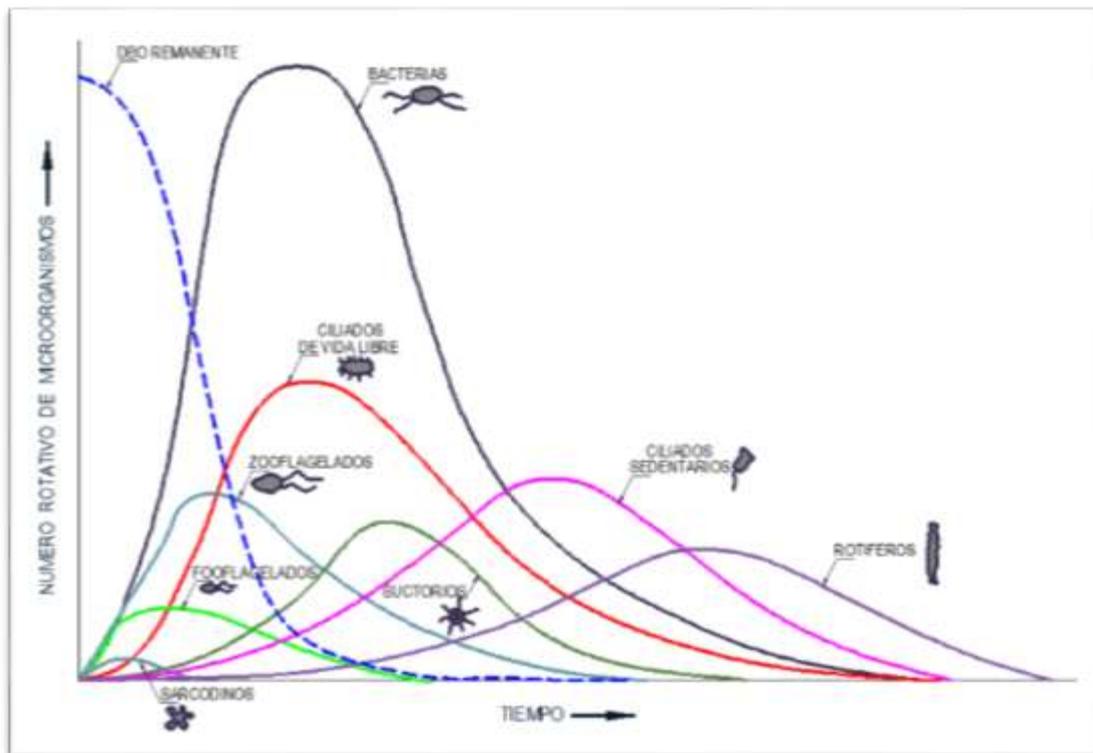
- **Fase de latencia:** Otra vez las bacterias requieren de tiempo para aclimatarse a su ambiente nutricional. La fase de latencia en términos de masa bacteriana no es tan larga como su fase correspondiente en términos de números de microorganismos porque la masa empieza a incrementarse después de que tiene lugar la división celular.

- **Fase de crecimiento exponencial:** El exceso en la cantidad de alimento que rodea a los microorganismos, y la velocidad del metabolismo y crecimiento es sólo una función de la habilidad del microorganismo para procesar el sustrato.
 - **Fase de declinación del crecimiento:** La velocidad de incremento de la masa bacteriana disminuye debido a la limitación en el suministro de alimento.
 - **Fase endógena:** Los microorganismos son forzados a metabolizar su protoplasma sin que haya reemplazo, debido a que la concentración de alimento disponible se encuentra al mínimo. Durante esta fase puede ocurrir el fenómeno conocido como lisis, en el cual los nutrientes que quedan en las células muertas se difunden hacia el exterior para suministrar alimento a las células vivas restantes.
- Orosco (2005)

3.3. Crecimiento en cultivos mixtos

En el tratamiento biológico, se componen de poblaciones mixtas, complejas e interrelacionadas, donde cada microorganismo tiene su propia curva de crecimiento sobre una escala de tiempo, dependiendo de la disponibilidad del alimento, nutrientes y también de los factores ambientales como la temperatura y el pH dándose en sistemas aerobios o anaerobios. Las bacterias son muy importantes, pero también existen organismos que participan en la estabilización de los desechos orgánicos.

Orosco (2005)



Fuente: Orosco (2005)

Figura 1. Diagrama de predominancia relativa

2.2.3. DISPOSICIÓN FINAL DE LAS AGUAS TRATADAS

La disposición de las aguas tratadas es de acuerdo a la normatividad vigente. La restricción de riego es una estrategia de protección al consumidor.

El Dr. Kreisel señaló que los datos epidemiológicos disponibles y los resultados de las investigaciones habían llevado a la conclusión de que los riesgos que representa el riego con aguas residuales tratadas eran mucho menores de lo que se había pensado y que las actuales normas bacteriológicas eran injustificadamente restrictivas. Sin embargo, se había reconocido que en muchos países en desarrollo los principales riesgos estaban relacionados con helmintiasis y, por ende, el uso inocuo de aguas residuales en agricultura y acuicultura exigiría una rigurosa eliminación de helmintos. Directrices sanitarias sobre el uso de aguas residuales en agricultura y acuicultura de la OMS (1989).

Concluyendo consideraron la importancia del aprovechamiento de las aguas residuales en agricultura pero era prioritario disponer de mecanismos de protección de la salud, llegando a recomendar que el poblado debía contar con un Saneamiento Integral de agua potable y alcantarillado sanitario y sus aguas residuales colectadas vayan a un tratamiento como mínimo con un tratamiento primario y un tratamiento biológico secundario, seguido de la cloración y que se controle la disposición final de estas aguas tratadas.

CLASIFICACION DE DISPOSICIÓN FINAL DE LAS AGUAS RESIDUALES TRATADAS - OMS

Las aguas residuales tratadas conforme a las directrices de calidad de Engelberg para aprovechamiento ilimitado (< 1000 Coliformes fecales por 100 ml y < 1 huevo viable de nematodo por litro) pueden emplearse para regar cualquier cultivo, sin ninguna otra medida de protección para la salud y, aun cuando no se satisfaga plenamente esta norma, pueden cultivarse determinados productos sin riesgo alguno para el consumidor. Serán necesarias algunas medidas más para proteger a los trabajadores del campo y a quienes manejan las cosechas, e incluso puede ser preciso proteger plenamente a los consumidores.

Los cultivos pueden agruparse en tres amplias categorías según el grado en que se exigen las medidas de protección de la salud (Shuval y col.1986).

Categoría A: Protección necesaria solamente para los trabajadores del campo

1. Cultivos no aptos para el consumo humano (por ejemplo, algodón, henequén).
2. Cultivos que suelen tratarse por calor o desecación antes del consumo humano (cereales, semillas oleaginosas, remolacha).
3. Verduras y frutas cultivadas exclusivamente para enlatado u otros tratamientos que destruyan los agentes patógenos.
4. Cultivos forrajeros secados al sol y recolectados antes de ser consumidos por animales.
5. Riego de campos en zonas cercadas sin acceso del público (viveros, bosques, zonas verdes).

Categoría B: Otras medidas que pueden necesitarse

1. Cultivos de pastas y forrajes verdes.
2. Cultivos para consumo humano que no entren en contacto directo con aguas residuales, siempre que no se arranquen del suelo ni se rieguen por aspersión (árboles frutales, vifias, etc.)
3. Cultivos para consumo humano que normalmente se ingieren solo después de ser cocinados (papas, berenjenas, remolachas).
4. Cultivos para consumo humano cuya cascara no se come (melones, cítricos, plátanos, nueces, cacahuetes).
5. Cualquier cultivo que se riegue por aspersión.

Categoría C: El tratamiento destinado a cumplir las directrices de Engelberg para "uso ilimitado" es fundamental en:

1. Todo producto que suela ingerirse crudo y se cultive en estrecho contacto con efluentes de aguas residuales (hortalizas frescas tales como lechugas o zanahorias, o frutas regadas por aspersión).
2. Riego de campos con acceso del público (parques, prados, campos de golf).

En la Categoría A se da el riego limitado únicamente a determinados cultivos y condiciones, normalmente recibe el nombre de riego restringido.

2.2.4. MARCO NORMATIVO

CONSTITUCIÓN POLÍTICA DEL PERÚ, 1993

Norma de mayor jerarquía e importancia dentro del estado peruano. Comprende los derechos fundamentales de la persona humana, como el derecho de gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de la vida.

LEY N° 28611 LEY GENERAL DEL AMBIENTE

“Artículo 31°: Del Estándar de Calidad Ambiental.

31.1 El Estándar de Calidad Ambiental - ECA es la medida que establece el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y

biológicos, presentes en el aire, agua o suelo, en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente. Según el parámetro en particular a que se refiera, la concentración o grado podrá ser expresada en máximos, mínimos o rangos. (...)”.

“Artículo 121°: Del vertimiento de aguas residuales.

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

Artículo 122°: Del tratamiento de residuos líquidos.

122.1 Corresponde a las entidades responsables de los servicios de saneamiento la responsabilidad por el tratamiento de los residuos líquidos domésticos y las aguas pluviales.

122.2 El sector Vivienda, Construcción y Saneamiento es responsable de la vigilancia y sanción por el incumplimiento de LMP en los residuos líquidos domésticos, en coordinación con las autoridades sectoriales que ejercen funciones relacionadas con la descarga de efluentes en el sistema de alcantarillado público.

122.3 Las empresas o entidades que desarrollan actividades extractivas, productivas, de comercialización u otras que generen aguas residuales o servidas, son responsables de su tratamiento, a fin de reducir sus niveles de contaminación hasta niveles compatibles con los LMP, los ECA y otros estándares establecidos en instrumentos de gestión ambiental, de conformidad con lo establecido en las normas legales vigentes. El manejo de las aguas residuales o servidas de origen industrial puede ser efectuado directamente por el generador, a través de terceros debidamente autorizados a o a través de las entidades responsables de los servicios de saneamiento, con sujeción al marco legal vigente sobre la materia.”

LEY N° 29338: LEY DE RECURSOS HÍDRICOS

“Artículo 15°: Funciones de la Autoridad Nacional. (...)

4. Elaborar el método y determinar el valor de las retribuciones económicas por el derecho de uso de agua y por el vertimiento de aguas residuales en fuentes naturales de agua, valores que deben ser aprobados por decreto supremo; así como aprobar las tarifas por uso de la infraestructura hidráulica, propuestas por los operadores hidráulicos.

7. Otorgar, modificar y extinguir, previo estudio técnico, derechos de uso de agua, así como aprobar la implementación, modificación y extinción de servidumbres de uso de agua, a través de los órganos desconcentrados de la Autoridad Nacional.”

“Artículo 76°: Vigilancia y fiscalización del agua.

La Autoridad Nacional en coordinación con el Consejo de Cuenca, en el lugar y el estado físico en que se encuentre el agua, sea en sus cauces naturales o artificiales, controla, supervisa, fiscaliza el cumplimiento de las normas de calidad ambiental del agua sobre la base de los Estándares de Calidad Ambiental del Agua (ECA-Agua) y las disposiciones y programas para su implementación establecidos por autoridad del ambiente. También establece medidas para prevenir, controlar y remediar la contaminación del agua y los bienes asociados a esta. Asimismo, implementa actividades de vigilancia y monitoreo, sobre todo en las cuencas donde existan actividades que pongan en riesgo la calidad o cantidad del recurso.”

“Artículo 79°: Vertimiento de agua residual.

La Autoridad Nacional autoriza el vertimiento del agua residual tratada a un cuerpo natural de agua continental o marina, previa opinión técnica favorable de las Autoridades Ambiental y de Salud sobre el cumplimiento de los Estándares de Calidad Ambiental del Agua (ECA-Agua) y Límites Máximos Permisibles (LMP). Queda prohibido el vertimiento directo o indirecto de agua residual sin dicha autorización.

“Artículo 80°: Autorización de vertimiento.

Todo vertimiento de agua residual en una fuente natural de agua requiere de autorización de vertimiento, para cuyo efecto debe presentar el instrumento ambiental

pertinente aprobado por la autoridad ambiental respectiva, el cual debe contemplar los siguientes aspectos respecto de las emisiones:

1. Someter los residuos a los necesarios tratamientos previos.
2. Comprobar que las condiciones del receptor permitan los procesos naturales de purificación.

La autorización de vertimiento se otorga por un plazo determinado y prorrogable, de acuerdo con la duración de la actividad principal en la que se usa el agua y está sujeta a lo establecido en la Ley y en el Reglamento.”

“Artículo 81°: Evaluación de impacto ambiental.

Sin perjuicio de lo establecido en la Ley N° 27446, Ley del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental, para la aprobación de los estudios de impacto ambiental relacionados con el recurso hídrico se debe contar con la opinión favorable de la Autoridad Nacional.”

“Artículo 82°: Reutilización de agua residual.

La Autoridad Nacional, a través del Consejo de Cuenca, autoriza el reúso del agua residual tratada, según el fin para el que se destine la misma, en coordinación con la autoridad sectorial competente y, cuando corresponda, con la Autoridad Ambiental Nacional.

El titular de una licencia de uso de agua está facultado para reutilizar el agua residual que genere siempre que se trate de los mismos fines para los cuales fue otorgada la licencia. Para actividades distintas, se requiere autorización.

La distribución de las aguas residuales tratadas debe considerar la oferta hídrica de la cuenca.”

“Artículo 83°: Prohibición de vertimiento de algunas sustancias.

Está prohibido verter sustancias contaminantes y residuos de cualquier tipo en el agua y en los bienes asociados a ésta, que representen riesgos significativos según los criterios de toxicidad, persistencia o bioacumulación. La Autoridad Ambiental respectiva, en coordinación con la Autoridad Nacional, establece los criterios y la relación de sustancias prohibidas.”

“Artículo 84°: Régimen de incentivos.

La Autoridad Nacional, en coordinación con el Consejo de Cuenca, otorga reconocimientos e incentivos a favor de quienes desarrollen acciones de prevención de la contaminación del agua y de desastres, forestación, reforestación o de inversión en tecnología y utilización de prácticas, métodos o procesos que coadyuven a la protección del agua y la gestión integrada del agua en las cuencas.

“Artículo 85°: Certificación de aprovechamiento eficiente.

1. El certificado de eficiencia es el instrumento mediante el cual la Autoridad Nacional certifica el aprovechamiento eficiente de los recursos hídricos por parte de los usuarios y operadores de infraestructura hidráulica.
2. La Autoridad Nacional otorga “certificados de eficiencia” a los usuarios y operadores de infraestructura hidráulica, que cumplan con los parámetros de eficiencia.
3. La Autoridad Nacional otorga “certificados de creatividad, innovación e implementación para la eficiencia del uso del agua” a los usuarios y operadores de infraestructura hidráulica que diseñen, desarrollen o implementen equipos, procedimientos o tecnologías que incrementen la eficiencia en el aprovechamiento de los recursos hídricos, así como la conservación de bienes naturales y el mantenimiento adecuado y oportuno de la infraestructura hidráulica.”

REGLAMENTO DE LA LEY N° 29338 – LEY DE RECURSOS HÍDRICOS, APROBADO POR DECRETO SUPREMO N° 001-2010-AG

“Artículo 131°: Aguas residuales y vertimientos.

Para efectos del Título V de la Ley se entiende por:

- a. Aguas residuales, aquellas cuyas características originales han sido modificadas por actividades antropogénicas, tengan que ser vertidas a un cuerpo natural de agua o reusadas y que por sus características de calidad requieren de un tratamiento previo.
- b. Vertimiento de aguas residuales, es la descarga de aguas residuales previamente tratadas, en un cuerpo natural de agua continental o marítima. Se excluye las provenientes de naves y artefactos navales.”

“Artículo 132°: Aguas residuales domésticas y municipales.

132.1 Las aguas residuales domésticas, son aquellas de origen residencial, comercial e institucional que contienen desechos fisiológicos y otros provenientes de la actividad humana.

132.2 Las aguas residuales municipales son aquellas aguas residuales domésticas que puedan incluir la mezcla con aguas de drenaje pluvial o con aguas residuales de origen industrial siempre que éstas cumplan con los requisitos para ser admitidas en los sistemas de alcantarillado de tipo combinado.”

“Artículo 133°: Condiciones para autorizar el vertimiento de aguas residuales tratadas.

133.1 La Autoridad Nacional del Agua podrá autorizar el vertimiento de aguas residuales únicamente cuando:

- a. Las aguas residuales sean sometidas a un tratamiento previo, que permitan el cumplimiento de los Límites Máximos Permisibles – LMP.
- b. No se transgredan los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua, ECA – Agua en el cuerpo receptor, según las disposiciones que dicte el Ministerio del Ambiente para su implementación.
- c. Las condiciones del cuerpo receptor permitan los procesos naturales de purificación.
- d. No se cause perjuicio a otro uso en cantidad o calidad del agua.
- e. No se afecte la conservación del ambiente acuático.
- f. Se cuente con el instrumento ambiental aprobado por la autoridad ambiental sectorial competente.
- g. Su lanzamiento submarino o subacuático, con tratamiento previo, no cause perjuicio al ecosistema y otras actividades lacustre, fluviales o marino costeras, según corresponda.

133.2 La Autoridad Nacional del Agua, dictará las disposiciones complementarias sobre características de los tratamientos y otras necesarias para el cumplimiento de la presente disposición.”

“Artículo 134°: Contenido del instrumento ambiental.

El instrumento ambiental a que se refiere el artículo 80 de la Ley, debe contemplar el sistema de tratamiento de aguas residuales y el efecto del vertimiento en el cuerpo receptor.”

“Artículo 135°: Prohibición de efectuar vertimientos sin previa autorización.

135.1 Ningún vertimiento de aguas residuales podrá ser efectuado en las aguas marítimas o continentales del país, sin la autorización de la Autoridad Nacional del Agua.

135.2 En ningún caso se podrá efectuar vertimientos de aguas residuales sin previo tratamiento en infraestructura de riego, sistemas de drenaje pluvial ni en los lechos de quebrada seca.”

“Artículo 137°: Otorgamiento de autorizaciones de vertimientos de aguas residuales tratadas.

137.1 La Autoridad Nacional del Agua otorga autorizaciones de vertimientos de aguas residuales tratadas con las opiniones previas técnicas favorables de la Dirección General de Salud Ambiental del Ministerio de Salud y de la autoridad ambiental sectorial competente de acuerdo al procedimiento que, para tal efecto, establece dicha Autoridad.(...)”

“Artículo 138°: Opinión técnica de la autoridad ambiental sectorial.

La opinión técnica de la autoridad ambiental sectorial se expresa mediante la certificación ambiental correspondiente que comprenda al sistema de tratamiento de aguas residuales y el efecto del vertimiento en el cuerpo receptor.”

“Artículo 140°: Plazo de autorización de vertimientos de aguas residuales tratadas.

140.1 El plazo de vigencia de las resoluciones de autorización de vertimientos de aguas residuales tratadas, se establece en función de las características del proyecto y no podrá ser menor de dos (02) años ni mayor de seis (06) años. Dicho plazo rige a partir del inicio de operaciones de los respectivos proyectos.

140.2 La prórroga del plazo otorgado se efectúa previa evaluación del cumplimiento de las disposiciones del Reglamento y las contenidas en la respectiva resolución de autorización.”

“Artículo 142°: Extinción de las autorizaciones de vertimiento.

Son causales de extinción de las autorizaciones de vertimiento de aguas residuales tratadas:

- a. Renuncia del titular.
- b. Caducidad.
- c. Nulidad del acto administrativo que la otorgó.
- d. Revocación.
- e. Resolución judicial consentida o ejecutoriada que disponga la extinción de la autorización.”

“Artículo 143°: Caducidad de las autorizaciones de vertimiento.

Son causales de caducidad de las autorizaciones de vertimiento de aguas residuales tratadas:

- a. Vencimiento del plazo establecido en la autorización.
- b. Término de la actividad que origina el vertimiento.
- c. El no iniciar el proyecto dentro de un plazo igual al de la autorización.”

“Artículo 144°: Causales de revocatoria de las autorizaciones de vertimiento.

144.1 Son causales de revocatoria de las autorizaciones de vertimiento de aguas residuales tratadas:

- a. La falta de pago de la retribución económica durante dos años continuos.
- b. El incumplimiento de las condiciones establecidas en la autorización de vertimiento.
- c. El incumplimiento del Programa de Adecuación y Manejo Ambiental o de las obligaciones del Programa de Adecuación de Vertimientos.
- d. La no implementación del instrumento ambiental aprobado en lo que corresponde al sistema de tratamiento y su vertimiento.

144.2 Sin perjuicio de las acciones que resulten necesarias en aplicación del principio precautorio, la declaratoria de revocatoria debe seguir previamente el procedimiento sancionador.”

“Artículo 145°: Control de vertimientos autorizados.

El control de los vertimientos que ejecuta la Autoridad Administrativa del Agua incluye visitas inopinadas a los titulares de las autorizaciones de vertimientos, a fin de cautelar la protección de la calidad de las aguas y verificar el cumplimiento de las condiciones establecidas en la autorización de vertimiento.”

“Artículo 146°: Vertimientos en sistemas de drenaje urbano o alcantarillado.

Corresponde a la autoridad sectorial competente la autorización y el control de las descargas de agua residual a los sistemas de drenaje urbano o alcantarillado.”

“Artículo 147°: Reúso de agua residual.

Para efectos del Reglamento se entiende por reúso de agua residual a la utilización, de aguas residuales tratadas resultantes de las actividades antropogénicas.”

“Artículo 148°: Autorizaciones de reúso de aguas residuales tratadas.

Podrá autorizarse el reúso de aguas residuales únicamente cuando se cumplan con todas las condiciones que se detallan a continuación:

- a. Sean sometidos a los tratamientos previos y que cumplan con los parámetros de calidad establecidos para los usos sectoriales, cuando corresponda.
- b. Cuenten con la certificación ambiental otorgada por la autoridad ambiental sectorial competente, que considere específicamente la evaluación ambiental de reúso de las aguas.
- c. En ningún caso se autorizará cuando ponga en peligro la salud humana y el normal desarrollo de la flora y fauna o afecte otros usos.”

“Artículo 151°: Plazo de vigencia de las autorizaciones de reúso de aguas residuales tratadas.- 151.1 El plazo de vigencia de las resoluciones de autorización de reúso se establece en función de las características del proyecto y no podrá ser

menor de dos (02) años ni mayor de seis (06) años. Dicho plazo rige a partir del inicio de operaciones de los respectivos proyectos. 151.2 La prórroga del plazo otorgado se efectúa previa evaluación del cumplimiento de las disposiciones del Reglamento y de las contenidas en la resolución de autorización.”

“Artículo 152°: Del control del reúso de las aguas residuales tratadas.

El control y vigilancia del reúso de las aguas residuales tratadas así como la frecuencia de toma de muestras y análisis es responsabilidad de la Autoridad Administrativa del Agua.”

LEY 27446. LEY DEL SISTEMA NACIONAL DE EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL (SEIA). (23.04.2001)

Tiene por finalidad la creación del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental como un sistema único y coordinado de los instrumentos de gestión ambiental de ámbito transectorial.

LEY ORGÁNICA DE LA MUNICIPALIDADES LEY Nº 27972

Capítulo II: Las Competencias y Funciones Específicas.

Artículo 80: Saneamiento, Salubridad y Salud

Las municipalidades, en materia de saneamiento, salubridad y salud, ejercen las siguientes funciones:

Funciones Específicas Compartidas de las Municipalidades Distritales:

Administrar y reglamentar, directamente o por concesión el servicio de agua potable, alcantarillado y desagüe, limpieza pública y tratamiento de residuos sólidos, cuando esté en capacidad de hacerlo.

Proveer los servicios de saneamiento rural y coordinar con las municipalidades de centros poblados para la realización de campañas de control de epidemias y control de sanidad animal.

Difundir programas de saneamiento ambiental en coordinación con las municipalidades provinciales y los organismos regionales y nacionales pertinentes.

Gestionar la atención primaria de salud, así como construir y equipar postas médicas, botiquines y puestos de salud en los centros poblados que los necesiten, en coordinación con las municipalidades provinciales, los centros poblados y los organismos regionales y nacionales pertinentes.

Realizar campañas locales sobre medicina preventiva, primeros auxilios, educación sanitaria y profilaxis.

2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS - NORMA OS.090

- **Afluente:** Agua u otro líquido que ingresa a un reservorio, planta de tratamiento o proceso de tratamiento.
- **Agua residual:** Agua que ha sido usada por una comunidad o industria y que contiene material orgánico o inorgánico disuelto o en suspensión.
- **Agua residual doméstica:** Agua de origen doméstico, comercial e institucional que contiene desechos fisiológicos y otros provenientes de la actividad humana.
- **Bacterias:** Grupo de organismos microscópicos unicelulares, con cromosoma bacteriano único, división binaria y que interviene en los procesos de estabilización de la materia orgánica.
- **Biodegradación:** Transformación de la materia orgánica en compuestos menos complejos, por acción de microorganismos.
- **By-pass:** Conjunto de elementos utilizados para desviar el agua residual de un proceso o planta de tratamiento en condiciones de emergencia, de mantenimiento o de operación.
- **Cloración:** Aplicación de cloro o compuestos de cloro al agua residual para desinfección y en algunos casos para oxidación química o control de olores.
- **Demanda bioquímica de oxígeno (DBO):** Cantidad de oxígeno que requieren los microorganismos para la estabilización de la materia orgánica bajo condiciones de tiempo y temperatura específicos (generalmente 5 días y a 20°C).
- **Demanda química de oxígeno (DQO):** Medida de la cantidad de oxígeno requerido para la oxidación química de la materia orgánica del agua residual, usando como oxidante sales inorgánicas de permanganato o dicromato de potasio.

- **Depuración de aguas residuales:** Purificación o remoción de sustancias objetables de las aguas residuales; se aplica exclusivamente a procesos de tratamiento de líquidos.
- **Desarenadores:** Cámara diseñada para reducir la velocidad del agua residual y permitir la remoción de sólidos minerales (arena y otros), por sedimentación.
- **Desinfección:** La destrucción de microorganismos presentes en las aguas residuales mediante el uso de un agente desinfectante.
- **Digestión:** Descomposición biológica de la materia orgánica del lodo que produce una mineralización, licuefacción y gasificación parcial.
- **Digestión aerobia:** Descomposición biológica de la materia orgánica del lodo, en presencia de oxígeno.
- **Disposición final:** Disposición del efluente o del lodo tratado de una planta de tratamiento.
- **Efluente:** Líquido que sale de un proceso de tratamiento.
- **Impacto ambiental:** Cambio o efecto sobre el ambiente que resulta de una acción específica.
- **Laguna aerobia:** Estanque con alta producción de biomasa.
- **Lecho de secado:** Tanques de profundidad reducida con arena y grava sobre drenes, destinado a la deshidratación de lodos por filtración y evaporación.
- **Lodo digerido:** Lodo mineralizado a través de la digestión aerobia o anaerobia.
- **pH:** Logaritmo con signo negativo de la concentración de iones hidrógeno, expresado en moles por litro.
- **Pretratamiento:** Procesos que acondicionan las aguas residuales para su tratamiento posterior.
- **Proceso biológico:** Asimilación por bacterias y otros microorganismos de la materia orgánica del desecho, para su estabilización.
- **Tratamiento biológico:** Procesos de tratamiento que intensifica la acción de los microorganismos para estabilizar la materia orgánica presente.
- **Tratamiento de lodos:** Procesos de estabilización, acondicionamiento y deshidratación de lodos.
- **Tratamiento primario:** Remoción de una considerable cantidad de materia en suspensión sin incluir la materia coloidal y disuelta.

- **Tratamiento químico:** Aplicación de compuestos químicos en las aguas residuales para obtener un resultado deseado; comprende los procesos de precipitación, coagulación, floculación, acondicionamiento de lodos, desinfección, etc.
- **Tratamiento secundario:** Nivel de tratamiento que permite lograr la remoción de materia orgánica biodegradable y sólidos en suspensión. RCN (2006).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 VARIABLE Y OPERACIONALIZACION DE LA VARIABLE

Tabla 3. Variable y operacionalización de la variable

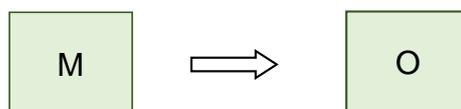
VARIABLE	DEFINICION	DIMENSION	INDICADORES	INSTRUMENTOS
Diseño convencional de una Planta de tratamiento de aguas residuales.	Se define como una instalación donde a las aguas residuales se les retiran los diversos contaminantes, y hacer de estas aguas reutilizables sin riesgos a la salud y al ambiente.	Diagnóstico de la población, para el cálculo de la planta de tratamiento.	-Empadronamiento -Centro de salud	Registro de documentos
		Determinar los cálculos para dimensionar y bosquejar la planta de tratamiento	-Cámara de rejas. -Desarenador. -Parshall -Laguna facultativa primaria. -Laguna aerobia secundaria. -lecho de secado.	-Microsoft Word -Hojas de cálculo Excel. -AutoCAD

Elaboración propia

3.2 TIPO DE ESTUDIO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

El tipo de estudio es descriptivo propositiva, es una investigación no experimental porque no manipula variables observando fenómenos tal y como se dan en el contexto, para después proponer un modelo que modifique el comportamiento de su variable. El diseño descriptivo tiene como objetivo indagar la incidencia y los valores en que se manifiesta una o más variables. El procedimiento consiste en medir en un grupo de personas u objetos una o generalmente más variables y proporcionar su descripción. Son, por lo tanto, estudios puramente descriptivos que cuando establecen una hipótesis, ésta es también descriptiva, proponiendo un modelo.

El diseño de la investigación es “de una sola casilla”



Dónde:

M: Comprende al objeto de estudio, según diseño para el tratamiento de aguas residuales

O: Alternativa para el diseño de la PTAR.

3.3 POBLACIÓN Y MUESTRA EN ESTUDIO

POBLACION

La población de la presente investigación está conformada por 5221 habitantes al año 2015, con una densidad de 4.7% y una tasa de crecimiento tomada de la Información Censal de la población histórica de Monsefú y debido que la población tiene una tasa de crecimiento negativa de acuerdo a la información obtenida de INEI, consideramos que la tasa de crecimiento anual para propósitos de las proyecciones es 1 % anual. En la tabla adjunta podemos identificar los caseríos y la cantidad de lotes y habitantes que conforman el Sector Cusupe.

Tabla 4. Población de la zona de estudio.

POBLACION DE LA ZONA EN ESTUDIO		
CASERIO	LOTES	HABITANTES
LOS ALGARROBOS	95	469
MICARCAPE	93	386
DESAGUADERO	6	28
AMOR DE DIOS	7	37
TUMPON	5	29
AZABACHES	21	106
QUINTA SAN RAFAEL	11	49
LOS MOCHONES	4	21
PUNTA CUSUPE	12	56
MUYSIL	12	68
LOS MARINOS	30	126
ACEQUIA GRANDE	28	125
RAMA BALLENA	14	57
CHOLOQUE	28	116
SANTA CATALINA A y B	104	470
SAN ISIDRO	26	134
LAS FLORES	16	77
SAN LORENZO	6	36
SAN MIGUEL	7	29
CUSUPE CENTRO	48	253
CALAZAN	65	293
SANTA RITA	20	77
EL PALMO DE CUSUPE	2	8
LARÁN, TRANSITO y RAMA YAIPEN	349	1640
OTROS	202	951
POBLACIÓN TOTAL AÑO 2015	1111	5221

Fuente: Consultoría ORM
Elaboración propia

MUESTRA

La muestra tomada corresponde a la totalidad de la población del Sector Cusupe, porque fue necesario realizar las observaciones en toda la población determinando el estado actual del tratamiento de las aguas residuales.

El tipo de muestreo que se realizó fue No Probabilístico-Intencional, identificando que el Sector Cusupe no cuenta con alcantarillado sanitario tomando datos en la totalidad de la población, por lo tanto el trabajo realizado corresponde al muestreo por objeto-tipo.

3.4. MÉTODOS, TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

MÉTODOS

Método histórico – lógico y sistémico estructural

El método histórico o la metodología de la historia comprende el conjunto de técnicas, métodos y procedimientos usados para manejar las fuentes primarias y otras evidencias (arqueología, archivística, disciplinas auxiliares de la historia, etc.) para investigar sucesos pasados relevantes para las sociedades humanas y poder documentar datos que sirvan en un orden lógico para poder efectivizar modelos con sentido sistémico estructural para el presente caso es el Diseño convencional de una Planta tratamiento de aguas residuales para el Sector Cusupe. Por lo tanto se realizó la recopilación de datos específicos de publicaciones especializadas, revistas, libros e internet y la información proporcionada por la Consultoría ORM especialista en Saneamiento integral (Sistemas de agua potable y alcantarillado sanitario), con la finalidad de obtener la información pertinente y actualizada de acuerdo a la investigación.

TECNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Entre las técnicas e instrumentos para la recolección de datos se utilizó la observación, que es el registro visual de lo que ocurre in situ, clasificando y consignando la problemática de la falta del tratamiento de las aguas residuales. Es un método que permitió obtener datos tanto cuantitativos como cualitativos.

3.5. Procesamiento de datos y análisis estadístico

El Plan de procesamiento para análisis de datos es descriptivo, la investigación se realizó en gabinete, donde se empleó Software como el Microsoft Word que es una aplicación informática, que se usó para procesar la información recopilada. También se utilizó el Microsoft Excel, para obtener datos de diseño en hojas de cálculo ya establecidas en el Saneamiento Integral de los sistemas de agua potable y alcantarillado sanitario, empleando el AutoCAD para obtener los planos básicos.

Los programas mencionados, permitieron obtener el proceso base de la presente investigación.

IV. RESULTADOS

3.1 DIAGNOSTICO DEL SECTOR CUSUPE - MONSEFU

El objetivo de Diseño convencional de una Planta de tratamiento de aguas residuales para el Sector Cusupe es debido a la alta incidencia de enfermedades respiratorias, infecciosas y dérmicas, según los reportes estadísticos del Centro de Monsefú y del Ministerio de Salud donde reportan numerosos casos de enfermedades por el consumo de agua de mala calidad, disposición inadecuada de las aguas residuales y de los residuos sólidos. Claro está que la PTAR, es una estructura de cabecera parte del Saneamiento Integral de los sistemas de agua potable y alcantarillado sanitario.

1. UBICACIÓN

El sector Cusupe se encuentra ubicado en el distrito de Monsefú, Provincia de Chiclayo, departamento de Lambayeque. El distrito de Monsefú está ubicado al Sur-Oeste de la provincia de Chiclayo, en la margen derecha de río Reque o Eten, Reque a 15 Km de la Ciudad de Chiclayo, referenciado bajo el Sistema de Medidas UTM: X = 624858.77 Y = 9239898.82

Su ubicación política queda definida en:

- Sector : Cusupe
- Distrito : Monsefú
- Provincia : Chiclayo
- Departamento : Lambayeque
- Región Geográfica : Costa
- Altitud Promedio : 11 M.S.N.M.

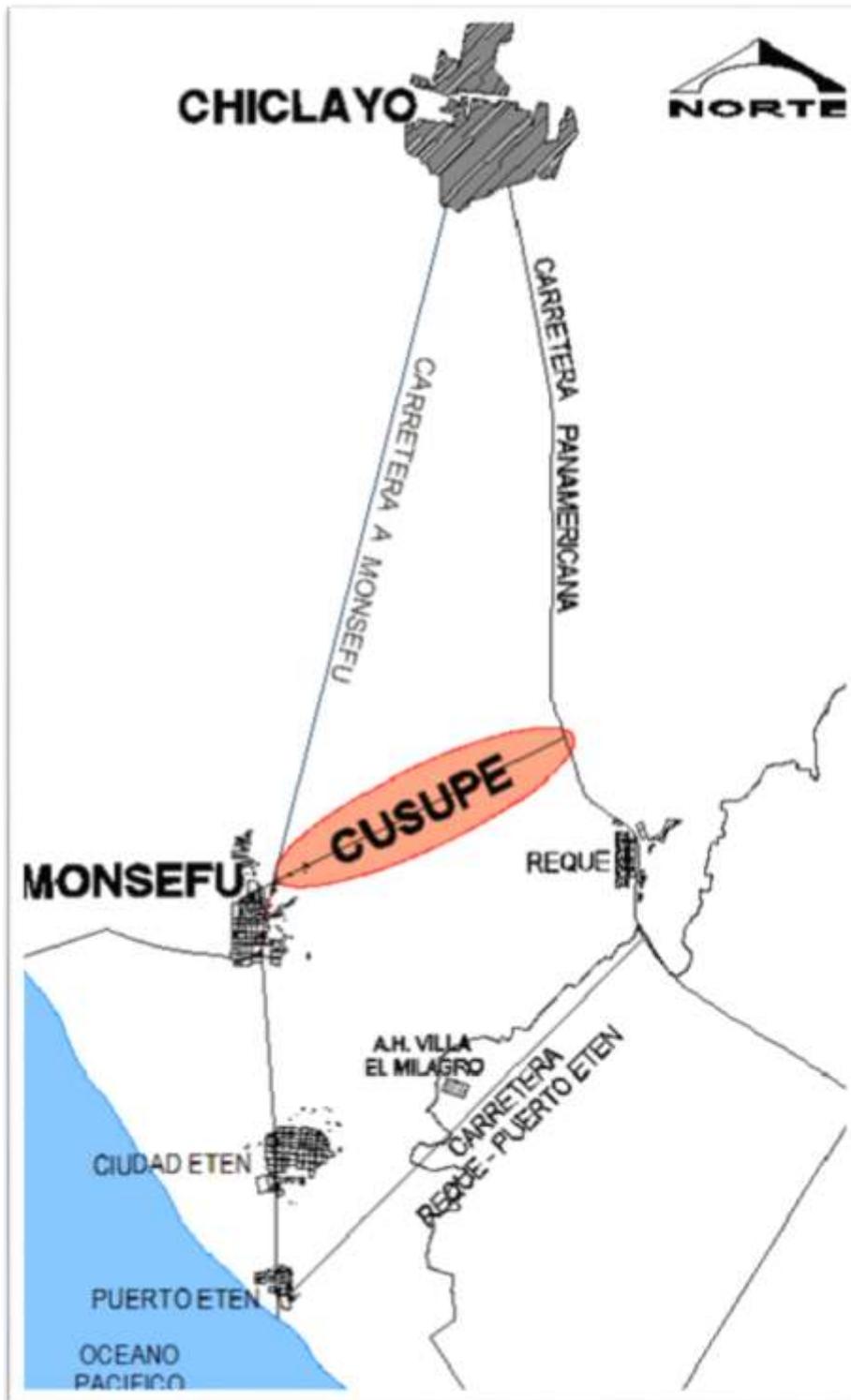
Límites:

- Al Norte : Con el Distrito de La Victoria
- Al Este : Con el Distrito de Reque
- Al Sur : Con el Distrito de Eten
- Al Oeste : Con el Distrito de Santa Rosa



Fuente: Google

Figura 2. Macro localización geográfica y política del distrito de Monsefú



Fuente: Elaboración propia

Figura 3. Localización del Sector Cusupe, ubicado en el distrito de Monsefú

2. RUTAS DE ACCESO

Al Centro poblado de Cusupe se puede acceder por dos rutas, desde el centro urbano de la Ciudad de Chiclayo, una por la Panamericana Norte con una longitud de 8 km y otra por la nueva Carretera a Monsefú con una longitud de 10 km aproximadamente, ambas vías asfaltadas y se puede llegar en medio de transporte público y privado.

3. TOPOGRAFÍA DE LA ZONA

El relieve del suelo es plano, al igual que la mayoría de distritos de la provincia de Chiclayo.

4. CARACTERÍSTICAS DEL SUELO

El suelo de Monsefú está compuesto por depósitos aluvionales acumulados por millones de años sobre un cono de eyección de pendiente mínima. Debido a la configuración de dunas a los lados sur y oeste de la ciudad, es muy probable que el sitio haya sido un antiguo lecho de río.

5. CLIMA

El clima propio de la zona de escasas precipitaciones, condiciona un tipo de clima semidesértico y desértico de la angosta franja costera. La temperatura en verano fluctúa, según datos de la Estación Reque, entre 25.59 °C (Dic) y 28.27° C (Feb), siendo la temperatura máxima anual de 28.27 °C la temperatura mínima anual de 15.37°C, en el mes de setiembre y con una temperatura media anual de 21°C.

Al encontrarse en la costa norte del Perú, el clima durante las estaciones de primavera, otoño e invierno es suave y en verano es caluroso, presentando las siguientes características:

Temperatura:

Máxima verano 29.9° C.

Mínima invierno 15.0° C.

Viento:

Los vientos son uniformes, durante casi todo el año, con dirección S.O. a N.E., la dirección de los vientos está relacionada directamente a la posición del Anticiclón del Pacífico.

Precipitación pluvial media anual: 33.05 m. m.

Humedad relativa media: 82%

6. SALUD

La población del sector Cusupe se atienden en el Centro de Salud de Monsefú. Para un mejor análisis de la evolución de las enfermedades se muestra la morbilidad de los últimos 9 años, de las cuales se reportaron los siguientes casos de morbilidad general:

Tabla 5. Morbilidad general – Centro de Salud de Monsefú

N°	Descripción	Total 2006	%	Total 2007	%	Total 2008	%	Total 2009	%	Total 2010	%	Total 2011	%	Total 2012	%	Total 2013	%	Total 2014	%
1	ENFERMEDADES DEL SISTEMA RESPIRATORIO	9442	40%	9722	43%	6544	37%	8239	37%	6990	32%	6196	30%	5002	30%	5386	30%	4224	23%
2	ENFERMEDADES DEL SISTEMA DIGESTIVO	3167	13%	2243	10%	868	5%	1457	6%	1638	7%	1228	6%	800	5%	1701	9%	1422	8%
3	CIERTAS ENFERMEDADES INFECCIOSAS Y PARASITARIAS	2668	11%	3333	15%	2398	13%	2322	10%	2185	10%	2309	11%	1905	11%	1876	10%	1771	10%
4	ENFERMEDADES DEL SISTEMA GENITOURINARIO	2271	10%	1515	7%	1730	10%	2066	9%	2252	10%	2206	11%	1491	9%	2094	12%	2061	11%
5	ENFERMEDADES DEL OJO Y DE SUS ANEXOS	1262	5%			344	2%	294	1%	268	1%	127	1%					228	1,24%
6	ENFERMEDADES DE LA PIEL Y DEL TEJIDO SUBCUTANEO	1204	5%	1276	6%	1087	6%	1010	4%	1010	5%	962	5%	798	4,81%	665	4%	704	4%
7	ENFERMEDADES ENDOCRINAS, NUTRICIONALES Y METABOLICAS	888	4%	1097	5%	1551	9%	3171	14%	3204	15%	2648	13%	1701	10,26%	1291	7%	1934	11%
8	ENFERMEDADES DEL SISTEMA OSTEO MUSCULAR Y DEL TEJIDO CONJUNTIVO	640	3%	364	2%	727	4%	984	4%	1055	5%	1121	5%	799	4,82%	840	5%	961	5%
9	TRAUMATISMOS, ENVENAMIENTOS Y ALGUNAS OTRAS CONSECUENCIAS DE CAUSAS EXTERNAS	539	2%	561	3%	485	3%	596	3%	477	2%	572	3%	559	3,37%	465	3%	613	3%
10	SINTOMAS, SIGNOS Y HALLAZGOS ANORMALES CLINICOS Y DE LABORATORIO, NO CLASIFICADOS EN OTRA PARTE	361	2%	439	2%				0%	338	2%	350	2%			500	3%	683	4%
11	ENFERMEDADES DEL SISTEMA CIRCULATORIO								0%	224	1%	232	1%					264	1%
12	EMBARAZO, PARTO Y PUERPERIO			749	3%	896	5%	1212	5%	1397	6%	1816	9%	2388	14%	2207	12%	2498	14%
13	ENFERMEDADES DEL SISTEMA NERVIOSO								0%	454	2,07%	454	2%					203	1,10%
14	TRASTORNOS MENTALES Y DEL CONOCIMIENTO								0%	65	0,30%	130	1%	223	1,34%	307	2%	481	2,81%
15	ENF. DEL OIDO Y DE SUS ANEXOS								0%	164	0,75%							80	0,43%
16	TUMORES (NEOPLASIAS)								0%	46	0,21%	30	0,15%					54	0,29%
17	ENFERMEDADES DE LA SANGRE Y DE LOS ORGANOS HEMATOPOYETICOS, Y CIERTOS TRASTORNOS QUE AFECTAN EL MECANISMOS DE LA INMUNIDAD								0%	101	0,46%	116	0,57%					179	0,97%
18	MALFORMACIONES CONGENITAS								0%	15	0,07%	13	0,06%					18	0,10%
19	CIERTAS AFECIONES ORIGINADAS EN EL PERIODO PERINATAL								0%	8	0,04%	7	0,03%					25	0,14%
20	OTRAS CAUSAS	1075	5%	1117	5%	1272	7%	1136	5%					917	6%	869	5%		
	TOTAL	23517	100%	22416	100%	17902	100%	22487	100%	21891	100%	20517	100%	16583	100%	18201	100%	18403	100%

Fuente: Dirección Regional de Salud Lambayeque – Estadística e Informática

7. EDUCACION

El distrito cuenta con una población de 3 a más años de 20,818 habitantes. En cuanto a hombres, es preocupante que entre la edad de 30 a 64 años, un 26% de la población no tengan nivel educativo, igualmente en lo que se refiere a las mujeres el 42% no tiene nivel educativo

Es preciso señalar que el nivel superior se estima que el 34% de la población de entre 30 a 39 años, cuenta con educación superior universitaria completa en los hombres y en las mujeres el 33%.

El Distrito cuenta con los centros educativos necesarios, tanto a nivel inicial, primario y secundario. Existen dos que brindan Educación básica alternativa.

8. AGUA POTABLE

La población del sector Cusupe acarrea el agua de piletas de uso público, pozos y/o de otros que no prestan ninguna garantía, ocasionando la prestación restringida del servicio de agua potable a los usuarios de este servicio.

9. ALCANTARILLADO SANITARIO

Las viviendas del Sector Cusupe no cuentan con el servicio de alcantarillado sanitario, disponiendo de pozos ciegos y en algunos casos evacuan los residuos líquidos y sólidos al campo libre.

10. ENERGIA ELECTRICA

La energía que abastece a Monsefú proviene del Sistema Interconectado Nacional (SEIN), la cual llega a la subestación Chiclayo Este en 220,000 voltios y es transformada a 60,000 voltios, y a este nivel la Cía. Distribuidora (ENSA) compra la energía para distribuirla en media tensión a los niveles de 22,900 y 10,000 voltios hasta llegar a las subestaciones media tensión/baja, tensión en donde se abastece a la mayor parte de sus clientes.

4.2 BASES DE DISEÑO

4.2.1. POBLACION

La población total estimada del Sector Cusupe al año 2017 (año 0) es de 5,725 habitantes, considerando la densidad poblacional de 4.7 (hab. /viv). Se calcula que al año 2037 la población ascenderá a 6985 habitantes. A su vez, se estima que para el año horizonte serán atendidos el total de la población, es decir las 6985 habitantes.

1. ESTUDIO DEMANDA DE AGUA POTABLE

Para el cálculo de la demanda de agua potable se ha tenido en cuenta los 4 tipos de usuarios más importantes en esta localidad: usuarios domésticos que involucra la población en general. Para los usuarios del tipo Público se están considerando 3 colegios existentes y 1 colegio en proyecto. Para los usuarios comerciales se tienen en cuenta los 7 locales comerciales más grandes del lugar. Para la demanda Industrial consideramos 2 avícolas existentes.

Tabla 6. Evaluación por Tipos de Demanda

Periodo	Año	Caudal por Tipo de Demanda, sin pérdidas (lps)				
		Doméstica	Publica	Industrial	Comercial	Sectores Total
Actual	2017	7.95 lps	0.63 lps	1.00 lps	2.51 lps	12.09 lps
Año	2037	9.70 lps	0.76 lps	1.20 lps	2.76 lps	14.42 lps

1.1 DEMANDA DOMESTICA

POBLACIÓN

De acuerdo al empadronamiento realizado por la Consultoría ORM, se ha podido determinar el número de viviendas y habitantes del Sector Cúsupe.

Para la proyección de la población se tomaron en cuenta los siguientes criterios: El periodo de diseño para las obras de agua potable es de 20 años. No existen estudios acerca de la tasa de crecimiento de los sectores del proyecto, por lo que se toma en cuenta la de Monsefú: 1.00%.

Tabla 7. Población empadronada del Sector Cusupe - 2015

SECTOR	LOTES	HABITANTES
LOS ALGARROBOS	95	469
MICARCAPE	93	386
DESAGUADERO	6	28
AMOR DE DIOS	7	37
TUMPON	5	29
AZABACHES	21	106
QUINTA SAN RAFAEL	11	49
LOS MOCHONES	4	21
PUNTA CUSUPE	12	56
MUYSIL	12	68
LOS MARINOS	30	126
ACEQUIA GRANDE	28	125
RAMA BALLENA	14	57
CHOLOQUE	28	116
SANTA CATALINA A Y B	104	470

SAN ISIDRO	26	134
LAS FLORES	16	77
SAN LORENZO	6	36
SAN MIGUEL	7	29
CUSUPE CENTRO	48	253
CALAZAN	65	293
SANTA RITA	20	77
EL PALMO DE CUSUPE	2	8
LARÁN, TRANSITO Y RAMA	349	1640
YAIPEN		
OTROS	202	951
POBLACIÓN TOTAL AÑO 2015	1111	5221

Fuente: Consultoría ORM
Elaboración propia

DOTACIÓN

Para determinar la dotación del Sector Cusupe, se ha tomado en cuenta la dotación de la siguiente tabla:

Tabla 8. Dotación de agua - MVCS

 PERÚ Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento		Viceministerio de Construcción y Saneamiento	Programa Agua Para Todos
Dotación de agua			
Sistemas Convencionales			
(*) DATOS MINSA. Si las condiciones técnicas permiten implementar un sistema de arrastre hidráulico; se utilizará los siguientes valores:			
Costa : 50 – 60 lt/hab/día (*) Sierra : 40 – 50 lt/hab/día (*) Selva : 60 - 70 lt/hab/día (*)			
Costa : 90 lt/hab/día Sierra : 80 lt/hab/día Selva : 100 lt/hab/día			
Si las condiciones técnicas permiten en el futuro implementar un sistema de alcantarillado se utilizará 120 lt/hab/día.			

Consideramos 120 lt/hab/día.

En la siguiente tabla se puede observar la demanda Doméstica del año 2017, y su proyección al año 2037.

Tabla 9. Demanda actual y futura Domestica

Año	Población	Dotación	Caudal Promedio (l/día)	Caudal (lts/seg)
2017	5725	120.00 Lt/día/persona	686952 Lt/día	7.95 lps
2037	6985	120.00 Lt/día/persona	838212 Lt/día	9.70 lps

La demanda doméstica total es: **9.70 lps** al año 2037.

1.2 DEMANDA PUBLICA

En esta zona existen 4 centros educativos. En las siguientes tablas se puede apreciar la información recogida en el empadronamiento:

Tabla 10. Empadronamiento: Colegios

INSTITUCIONES EDUCATIVAS	N° DE ALUMNOS / TURNO	N° DE AULAS
I.E. 10037 (Primaria)	200	9
I.E. Inicial Cusupe	50	2
Inicial 431 Santa Catalina	50	3
Inicial Micarcape	50	3

Del empadronamiento tenemos a continuación la descripción de la infraestructura sanitaria de los centros educativos:

Tabla 11. Infraestructura sanitaria de los centros Educativos

INSTITUCIONES EDUCATIVAS	N° de pozos tubulares	CISTERNA	TANQUE ELEVADO	INODOROS	URINARIOS	LAVAT.	LAVAD.	OTROS
		Vol (m3)	Vol (m3)	Total				
I.E. 10037 (Primaria)	0	7.10	7.10	8	4	12	3	3
I.E. Inicial Cusupe	0	0.00	0.50	2	0	3	1	1
Inicial 431 Santa Catalina	1	0.00	2.00	3	0	3	1	1
Inicial Micarcape	1	0.00	2.00	3	0	3	1	1

DOTACIÓN

Se considera una dotación de 50 lts/día por alumno no residente, según la norma IS 010. Se ha considerado 11 horas de funcionamiento de estos centros educativos.

Tabla 12. Demanda actual del sector Público

INSTITUCIONES EDUCATIVAS	Capacidad Alumnos	Dotación lts/día/alumno	Caudal (l/día)	Caudal (lps)
I.E. 10037 (Primaria)	200	50	10000	0.25 lps
I.E. Inicial Cusupe	50	50	2500	0.13 lps
Inicial 431 Santa Catalina	50	50	2500	0.13 lps
Inicial Micarcape	50	50	2500	0.13 lps
Total demanda publica 2017 (Educación)				0.63 lps

La demanda del sector Publico es **0.63 lps** al año 2017.

Para la proyección de la demanda de este sector, empleamos la tasa de crecimiento de la ciudad de Monsefú: 1%.

Tabla 13. Proyección de la demanda del Sector Público

AÑO	SECTOR	CAUDAL
2017	Público	0.63 lps
2037	Público	0.76 lps

1.3 DEMANDA INDUSTRIAL

La crianza de aves está condicionada por el mercado, el mismo que en los últimos 5 años se ha mantenido entre 3,9 – 15,25 kg/ha. A continuación tenemos la información de los datos del empadronamiento:

Tabla 14. Características de las avícolas

Ubicación	Nombre	Área	Producción	N° de Pozos	Prof. de pozo	Vol. de Tanque	Bio digestor	Pozo percolador
Muysil	Avícola Nuevo Horizonte SRL	1ha	gallinas y huevos	1	10 m	2,000lts	2.5 x 5	1
Cusupe	Avícola Juanita	4 ha	gallinas y huevos	1	10 m	2,000lts	2.5 x 2.50	1

La demanda industrial de la zona está compuesta principalmente por la presencia de dos granjas avícolas, cuyo consumo se detalla en la tabla 14

Tabla 15. Demanda Industrial actual

Descripción	Caudal Promedio (lps)
Avícola Nuevo Horizonte SRL	0.20lps
Avícola Juanita	0.80lps
TOTAL AÑO 2017:	1.00lps

La demanda del sector Industrial es **1.00 lps** al año 2017.

Para determinar la demanda futura, se considera que al año 2037, la demanda habrá crecido en proporción a la tasa de crecimiento de 1.00 %. En la Siguiete tabla se muestra la Proyección de la demanda de Consumo Industrial:

Tabla 16. Proyección de la demanda Industrial

AÑO	Sector	Caudal
2017	Industrial	1.00 lps
2037	Industrial	1.20 lps

1.4. DEMANDA COMERCIAL

Para determinar la demanda comercial se empadrono a todos los locales comerciales presentes en el eje principal que corresponde a la carretera Larán – Monsefú.

A continuación se muestra en N° de Aparatos Sanitarios obtenidos del empadronamiento a los centros recreativos.

Tabla 17. N° de aparatos sanitarios Centros Comerciales

N° de Aparatos sanitarios						
CENTRO RECREATIVO	INDOROS	URINARIOS	LAVATORIOS	LAVADEROS	DUCHAS	OTROS
Chozza Vea	5	3	2	2	2	5
Isla del Paraiso	10	3	8	2	6	0
Los Olivos	7	4	4	2	6	0
El Rosal	5	2	5	2	7	0
IGESA Norte	1	0	1	0	0	0
El Palmo	2	1	2	2	2	1
El Tambo	28	8	25	6	7	8
La Estancia	25	7	22	5	8	7

1.4.1 DEMANDA PARA CONSUMO

Para el cálculo de la demanda de agua se empleó dos métodos:

a. Dotación por número de personas visitantes al día (fines de semana)

Según la norma se establece una dotación de 50lts /día por persona. Solo se consideran 2 días a la semana (sábados y domingos).

Tabla 18. Método 1: Dotación centros recreativos

CENTRO RECREATIVO	N° VISITANTES	AREA DE LOCAL m2	AREA DE COMEDOR m2	N° HORAS ATENCION POR DIA	DOTACION POR PERSONA Lt/día/persona	CAUDAL POR NUMERO DE VISITANTES
Chozza Vea	80	2,685.00	272.60	8	50 Lt/día/persona	0.037 lps
Isla del Paraíso	60	1,677.00	357.00	8	50 Lt/día/persona	0.028 lps
Los Olivos	150	6,018.00	120.00	8	50 Lt/día/persona	0.069 lps
El Rosal	30	3,000.00	383.00	8	50 Lt/día/persona	0.014 lps
IGESA Norte	20	2,545.00	291.00	8	50 Lt/día/persona	0.009 lps
El Palmo	80	543.00	297.00	8	50 Lt/día/persona	0.037 lps
El Tambo	750	18,147.00	783.00	8	50 Lt/día/persona	0.347 lps
La Estancia	700	19,315.00	627.70	8	50 Lt/día/persona	0.324 lps
TOTAL						0.866 lps

b. Dotación por área de Comedor

Según la norma se establece una dotación de 40lt/ día por m² de área de comedor. Solo se consideran 2 días a la semana (sábados y domingos).

Tabla 19. Método 2: Dotación centros recreativos

CENTRO RECREATIVO	AREA DE COMEDOR m ²	N° HORAS ATENCION POR DIA	DOTACION POR AREA DE COMEDOR	CAUDAL POR AREA DE COMEDOR
Chozza Vea	272.60	8	40 Lt/m ²	0.167 lps
Isla del Paraíso	357.00	8	40 Lt/m ²	0.208 lps
Los Olivos	120.00	8	40 Lt/m ²	0.078 lps
El Rosal	383.00	8	40 Lt/m ²	0.222 lps
IGESA Norte	291.00	8	40 Lt/m ²	0.167 lps
El Palmo	297.00	8	40 Lt/m ²	0.167 lps
El Tambo	783.00	8	40 Lt/m ²	0.444 lps
La Estancia	627.70	8	40 Lt/m ²	0.361 lps
TOTAL				1.814 lps

1.4.2 DEMANDA PARA PISCINAS

La demanda de agua para el uso de piscinas es:

Tabla 20. Dotación para piscinas centros recreativos

CAUDAL PARA PISCINA					
CENTRO RECREATIVO	AREA DE PISCINA	N° VECES DE LLENADO AL MES	DOTACION	CAUDAL	
Chozza Vea	48	1	10 lt/d/m ²	480 lt/día	0.05 lps
Isla del Paraiso	0	0	10 lt/d/m ²	0 lt/día	0.05 lps
Los Olivos	0	0	10 lt/d/m ²	0 lt/día	0.05 lps
El Rosal	70	1	10 lt/d/m ²	700 lt/día	0.05 lps
IGESA Norte	0	0	10 lt/d/m ²	0 lt/día	0.05 lps
El Palmo	0	0	10 lt/d/m ²	0 lt/día	0.05 lps
El Tambo	312.5	1	10 lt/d/m ²	3125 lt/día	0.05 lps
La Estancia	343.75	1	10 lt/d/m ²	3438 lt/día	0.05 lps
TOTAL					0.40 lps

1.4.3 DEMANDA PARA JARDINES

La demanda de agua para el regado de jardines es:

Tabla 21. Dotación para regado de jardines centros recreativos

DEMANDA PARA REGADO DE JARDINES				
CENTRO RECREATIVO	AREA DE LOCAL m2	AREA DE JARDIN m2 (Aprox 50% área total)	DOTACION POR JARDIN lt/m2	CAUDAL PARA JARDIN
Chozza Vea	2,685.00	1,342.50	2 Lt/m2/dia	0.016 lps
Isla del Paraiso	1,677.00	838.50	2 Lt/m2/dia	0.010 lps
Los Olivos	6,018.00	3,009.00	2 Lt/m2/dia	0.035 lps
El Rosal	3,000.00	1,500.00	2 Lt/m2/dia	0.017 lps
IGESA Norte	2,545.00		2 Lt/m2/dia	0.000 lps
El Palmo	543.00		2 Lt/m2/dia	0.000 lps
El Tambo	18,147.00	9,073.50	2 Lt/m2/dia	0.105 lps
La Estancia	19,315.00	9,657.50	2 Lt/m2/dia	0.112 lps
TOTAL				0.588 lps

1.4.4 DEMANDA TOTAL SECTOR COMERCIAL

La demanda total de los locales comerciales, considerando la suma de los caudales calculados anteriormente:

Tabla 22. Demanda sector comercial

RESUMEN				
LOCAL	CAUDAL CONSUMO	CAUDAL PISCINA	CAUDAL JARDIN	CAUDAL TOTAL
Chozza Vea	0.17 lps	0.05 lps	0.02 lps	0.23 lps
Isla del Paraiso	0.21 lps	0.05 lps	0.01 lps	0.27 lps
Los Olivos	0.08 lps	0.05 lps	0.03 lps	0.16 lps
El Rosal	0.22 lps	0.05 lps	0.02 lps	0.29 lps
IGESA Norte	0.17 lps	0.05 lps	-	0.22 lps
El Palmo	0.17 lps	0.05 lps	-	0.22 lps
El Tambo	0.44 lps	0.05 lps	0.11 lps	0.60 lps
La Estancia	0.36 lps	0.05 lps	0.11 lps	0.52 lps
TOTAL	1.81 lps	0.40 lps	0.29 lps	2.51 lps

Así tenemos que la demanda Comercial es **2.51 lps** al año 2017.

Para determinar la demanda futura, se considera que al año 2037, proyectamos el caudal con la tasa de crecimiento de 0.5% debido a la gran demanda en dicha zona.

En la Siguiete tabla se muestra la Proyección de la demanda de Consumo Industrial:

Tabla 23. Proyección demanda sector comercial

AÑO	Sector	Caudal
2017	Comercial	2.51 lps
2037	Comercial	2.76 lps

1.5 PROYECCIÓN DE LA DEMANDA POR SECTORES

Para la proyección de la población se tomaron en cuenta los siguientes criterios: El periodo de diseño para las obras de agua potable es de 20 años. No existen estudios acerca de la tasa de crecimiento de los sectores en estudio, por lo que se toma en cuenta la de Monsefú de 1.00%.

Tabla 24. Proyección demanda por sectores

PERIODO	AÑO	Domestico	Publico	Industrial	Comercial	Total
Actual	2017	7.89 lps	0.63 lps	1.00 lps	2.51 lps	11.95 lps
	2018	7.96 lps	0.64 lps	1.01 lps	2.52 lps	12.05 lps
	2019	8.04 lps	0.64 lps	1.02 lps	2.53 lps	12.16 lps
	2020	8.12 lps	0.65 lps	1.03 lps	2.55 lps	12.27 lps
	2021	8.20 lps	0.66 lps	1.04 lps	2.56 lps	12.37 lps
	2022	8.28 lps	0.66 lps	1.05 lps	2.57 lps	12.48 lps
	2023	8.35 lps	0.67 lps	1.06 lps	2.58 lps	12.59 lps
	2024	8.43 lps	0.68 lps	1.07 lps	2.60 lps	12.70 lps
	2025	8.51 lps	0.68 lps	1.08 lps	2.61 lps	12.80 lps
	2026	8.59 lps	0.69 lps	1.09 lps	2.62 lps	12.91 lps
	2027	8.67 lps	0.69 lps	1.10 lps	2.63 lps	13.02 lps
	2028	8.74 lps	0.70 lps	1.11 lps	2.65 lps	13.12 lps
	2029	8.82 lps	0.71 lps	1.12 lps	2.66 lps	13.23 lps
	2030	8.90 lps	0.71 lps	1.13 lps	2.67 lps	13.34 lps
	2031	8.98 lps	0.72 lps	1.14 lps	2.68 lps	13.44 lps
	2032	9.06 lps	0.73 lps	1.15 lps	2.70 lps	13.55 lps
	2033	9.13 lps	0.73 lps	1.16 lps	2.71 lps	13.66 lps
	2034	9.21 lps	0.74 lps	1.17 lps	2.72 lps	13.76 lps
	2035	9.29 lps	0.74 lps	1.18 lps	2.73 lps	13.87 lps
	2036	9.37 lps	0.75 lps	1.19 lps	2.75 lps	13.98 lps
2037	9.47 lps	0.76 lps	1.20 lps	2.76 lps	14.09 lps	

1.6 CAUDALES DE DISEÑO

Para el cálculo de caudal de diseño se ha tenido las siguientes consideraciones:

- Porcentaje de Pérdidas: 20%
- Coeficiente de variación diaria (K1): 1.3
- Coeficiente de variación horaria (K2): 1.8

De los datos anteriormente detallados tenemos el siguiente resumen:

Tabla 25. Proyección demanda por periodo.

PERIODO	AÑO	Caudal de demanda	% perdidas	Qp
Actual	2017	11.81 lps	20%	14.77 lps
Horizonte	2037	14.77 lps	20%	18.02 lps

Bajo estos criterios se tienen los siguientes resultados:

AGUA POTABLE

- Caudal promedio Total: 18.02 lps.
- Caudal máximo diario: 23.43 lps.
- Caudal máximo horario: 32.44 lps.

Corroborándose con la Hoja de cálculo (*Anexo 1*)

2. DIMENSIONAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES



Figura 4. Flujo de la PTAR

- 2.1 Diseño de lagunas facultativas (*Anexo 2*)
- 2.2 Diseño de la cámara de rejillas (*Anexo 3*)
- 2.3 Diseño de desarenador (*Anexo 4*)
- 2.4 Diseño de Parshall (*Anexo 5*)
- 2.5 Presupuesto referencial (*Anexo 6*)
- 2.6 Planos (*Anexo 7*)

A la PTAR le debe complementar una Sala de vigilancia, un SS.HH., una Sala de control y un almacén. Por seguridad se coloca un cerco perimetral y para disipar los olores frecuentes se le debe arborizar en todo su perímetro.

V. DISCUSIÓN

Méndez y Feliciano (2010), nos precisa que existe una escasa cultura ambiental y ecológica, donde la salud del ser humano se ve afectada por la contaminación del recurso hídrico, del recurso suelo y del recurso aire impactando colateralmente en los ecosistemas perjudicando su cobertura vegetal y los recursos biológicos. El problema fundamental es que no hay un sistema de precios que exija a los contaminadores a pagar por el daño causado, porque si pagaran las tarifas establecidas les afectaría el bolsillo y al afectarles lógicamente racionalizarían el agua lo cual les permitiría ahorrar. Nos manifiestan que en muchos lugares las aguas residuales tratadas mayormente domesticas van directamente a los ríos o al mar, entonces de que vale haber invertido en su tratamiento si no se les da una adecuada disposición final.

Las aguas residuales tratadas deben por ejemplo ir a las municipalidades para que rieguen las áreas verdes de los parques, como también aprovecharlas para el riego de los cultivos de tallos alto o corto; a lo que Arce (2016), también observa que la actual situación del alcantarillado en nuestro país es catastrófica lo cual es preocupante para las futuras generaciones; que no solo se busca tratar las aguas residuales, sino también generar beneficios para el sector económico, político y ambiental. Hoy en día existen diferentes alternativas para el tratamiento de las aguas residuales desde la más alta tecnología, donde nos advierte que cuando se trata las aguas residuales se tenga sumo cuidado en tratarla, aun no hay personal calificado para operar y dar mantenimiento a este tipo de tratamiento; con sus investigaciones nos alienta a un desarrollo sostenible y que es una realidad alentadora y rentable.

Existen diferentes tratamientos de aguas residuales, entre los cuales tenemos el tratamiento convencional de las lagunas de oxidación, tratamiento con lodos activados, tratamiento con plantas acuáticas, tratamiento con reactores UASB entre otros; Montoya (2012), es concluyente en expresar que la línea base de un tratamiento de aguas residuales domesticas es muy diferente al tratamiento de aguas residuales industriales por la carga química que contiene a lo cual Félix y Rikeros (2015), sostienen que es muy importante la caracterización de las aguas residuales a tratar

ya que de ello depende su tratamiento, además que una vez definido el tratamiento final del sistema se analiza todos los procesos de las diferentes etapas.

Henríquez (2011), nos dice que en el tratamiento de las aguas residuales los lodos tratados, estabilizados y desinfectados, se aplican como abono orgánico mejorando la calidad del suelo; contribuyendo a la no emisión de metano, porque si no estarían tratados fuesen directamente a un relleno sanitario o en el peor de los casos a un botadero incrementando los gases de efecto invernadero. Pero Chávez (2008), nos evidencia que los sistemas de tratamiento de aguas residuales tradicionales, es ineficaz en cuanto a degradación de los componentes orgánicos si lo comparamos con el sistema de tratamiento con reactores UASB, además de causar graves daños al ambiente, por las emisiones de metano a la atmosfera que desprenden las lagunas de oxidación contribuyendo a los gases de efecto invernadero; nos recomienda rediseñar los tratamientos existentes para insertar una tecnología como los reactores UASB, ya que el agua depurada por los reactores UASB es de mejor calidad. Entre sus grandes ventajas es que no necesita grandes extensiones de terreno y la inversión se recuperaría en un corto tiempo, otra ventaja más es que también obtendríamos biogás con el metano producido por la degradación de la materia orgánica la cual es una energía renovable minimizando el daño atmosférico.

Las investigaciones permiten realizar modificaciones continuas en el tratamiento. Se puede verificar que existe una gran diversidad de sistemas de tratamientos de aguas residuales domésticas, por lo cual no se explica porque las autoridades de nuestro planeta hacen caso omiso a ello, existiendo tantas alternativas, permitiendo que nuestro mundo se vaya degradando poco a poco, que la gran biodiversidad que tenemos se esté extinguiendo día a día.

VI. CONCLUSIONES

Se logró desarrollar el consolidado donde la situación actual contempla la urgente necesidad del Saneamiento integral (Sistema de agua potable y el Sistema de alcantarillado sanitario), donde se trate las aguas residuales para el Sector Cusupe, siendo muy urgente para la población objeto de estudio tener una obra de cabecera (PTAR) como medida preventiva en la salud humana y ambiental, con la posibilidad de reutilizar las aguas residuales tratadas y el subproducto de lodos para disponerlos en nutrir los suelos.

Se eligió la alternativa del tratamiento convencional, que consiste en el primer lugar el pretratamiento donde eliminan los elementos gruesos, grasas, arenas y diferentes partículas que se presenten. Luego le sigue el tratamiento primario removiendo los sólidos orgánicos e inorgánicos sedimentables, para disminuir la carga para su posterior tratamiento, siguiendo el secundario donde la materia orgánica termina oxidándose y disminuyendo los contaminantes. Después que el agua residual ya fue tratada va a su disposición final.

VII. RECOMENDACIONES

Se recomienda ampliar el diseño de la PTAR, el presente dimensionamiento es referencial, las dimensiones reales se determinaran sobre la base de las áreas disponibles, la topografía y la mejor ubicación con respecto al diseño hidráulico de colectores y la zona de disposición y/o utilización del efluente.

Se recomienda realizar el Expediente Técnico del Saneamiento integral (Sistema de agua potable y el Sistema de alcantarillado sanitario), formando un equipo multidisciplinario de profesionales e involucrar a los diferentes actores para realizar el estudio íntegro y definitivo y por ende su ejecución para beneficio de la población.

Se recomienda a las autoridades locales como nacionales, evitar actos de corrupción donde el daño a la población es grave sobre todo y especialmente a la más vulnerable.

Se recomienda estar atento a las tecnologías de países desarrollados, ya que por su experiencia y su aporte se pueden generar nuevos diseños, que contribuyan a evitar los riesgos a la salud y al ambiente, apuntando a un desarrollo sostenible y a la vez sustentable.

VIII REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aguas residuales: tratamiento y reuso.

[http://www.fbioyf.unr.edu.ar/evirtual/pluginfile.php/2784/mod_resource/content/0/2_Aguas_residuales_protegido .pdf](http://www.fbioyf.unr.edu.ar/evirtual/pluginfile.php/2784/mod_resource/content/0/2_Aguas_residuales_protegido.pdf) (Consultado el 20 de diciembre del 2017).

Alarco y Núñez (2012) Evaluación de las aguas residuales vertidas por la azucarera agroindustrial Pomalca con microorganismos eficaces para fines de riego. Tesis para optar el título de Ingeniero químico. Universidad Nacional Pedro Ruiz gallo. Lambayeque. Perú.

Arce, Luis (2013) urbanizaciones sostenibles: descentralización del tratamiento de aguas residuales residenciales. Tesis para optar el título de ingeniero civil. Disponible en: <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/123456789/4568> (Consultado el 18 de octubre del 2017)

Bañuelos (1994) Estudio comparativo de un sistema de tratamiento biológico de aguas residuales tipo convencional con otro reactores biológicos, tipo secuencial intermitente. Para obtener el grado de MAESTRO EN CIENCIAS con Especialidad en Ingeniería Ambiental. Disponible en: <http://eprints.uanl.mx/7570/1/1020113919.PDF>(Consultado el 18 de octubre del 2017)

Castro y Santa Cruz (2009), Tratamiento de las aguas residuales del sistema de alcantarillado del distrito pueblo nuevo Ferreñafe mediante la técnica de lombrifiltración. Tesis para optar el título de Ingeniero químico. Universidad Nacional Pedro Ruiz gallo. Lambayeque. Perú.

Chávez, Z. (2008) Generación de electricidad a partir de las aguas residuales de Chiclayo. Tesis para optar el título de ingeniero industrial. Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo. Chiclayo. Disponible en:

http://tesis.usat.edu.pe/jspui/bitstream/123456789/521/1/TL_Chavez_Romero_ZaidaBrenilda.pdf(Consultado el 18 de octubre del 2017)

Conferencia Latinoamericana de Saneamiento LATINOSAN 2007. Saneamiento para el Desarrollo ¿Cómo estamos en 21 países de América Latina y el Caribe? (en línea). Perú; 2007. Disponible en: <http://documentos.bancomundial.org/curated/es/678051468231537838/Saneamiento-para-el-desarrollo-como-estamos-en-21-paises-de-America-Latina-y-el-Caribe>(Consultado el 18 de octubre del 2017)

Dávila Julio y Feliz Granda (2013) “Evaluación comparativa en una planta a escala piloto de lodos activados de aireación prolongada en el tratamiento de lixiviado de relleno sanitario municipal diluido con agua residual” Tesis para optar el título profesional de ingeniero sanitario. Universidad Nacional de Ingeniería. Lima. Perú. Disponible en: http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/1147/1/davila_aj.pdf (Consultado el 13 de enero del 2018).

Fair. (1994) Abastecimiento de Aguas y Remoción de Aguas Servidas, Editorial Limusa. España.

Félix, D, y Rikeros, D. (2015). Diseño del sistema de tratamiento de aguas residuales generadas en el cantón Durán (Tesis de grado). Escuela Superior Politécnica del Litoral. Guayaquil – Ecuador. Disponible en: <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/29880/1/D-70078.pdf>(Consultado el 18 de octubre del 2017)

Ferrer José y Seco Torrecillas (2008) “Tratamientos biológicos de Aguas Residuales”. 1ra Edición. Editorial Alfaomega. México DF. México.

Fiscalización Ambiental en Aguas Residuales OEFA – Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental. Disponible en: http://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=7827(Consultado el 18 de octubre del 2017)

Fondo Nacional del Ambiente – FONAM <http://sinia.minam.gob.pe/fuente-informacion/fondo-nacional-ambiente-fonam>(Consultado el 18 de octubre del 2017)

García (2012). Comparación y evaluación de tres plantas acuáticas para determinar la eficiencia de remoción de nutrientes en el tratamiento de aguas residuales domésticas. Tesis para optar el título profesional de ingeniero sanitario. Disponible en: http://www.lima-water.de/documents/zgarcia_tesis.pdf(Consultado el 18 de octubre del 2017)

Hernández A. (2001) “Depuración y desinfección de Aguas Residuales”. 5ta Edición. Editado por el Colegio de Ingenieros De Caminos, Canales y Puertos. Colección Señor N° 09. España.

LOPEZ (2003) Evaluación de la puesta en marcha de la planta de tratamiento domesticas de puente piedra que opera con el proceso de lodos activados. Tesis para optar el título de Ingeniero químico. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Lambayeque. Perú.

Manual de Tratamiento de Aguas residuales Japón. <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Noticias/SGAPDS-3-13.pdf> (Consultado el 20 de diciembre del 2017).

Manual Depuración Aguas Residuales Urbanas: <http://blogdelagua.com/inicio/publicacion-manual-de-depuracion-de-aguasresiduales-urbanas/> (Consultado el 20 de diciembre del 2017).

Manuales CEPIS. <http://www.miliarium.com/Proyectos/depuradoras/manuales/CEPIS1.asp> (Consultado el 20 de diciembre del 2017).

Méndez y Feliciano (2010) Propuesta de un modelo socio económico de decisión de uso de aguas residuales tratadas en sustitución de agua limpia para áreas verdes Tesis para optar el grado académico de maestro en proyectos de inversión. Disponible en: http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/217/1/mendez_mf.pdf (Consultado el 18 de octubre del 2017)

Méndez, L (2004) "Tratamiento de aguas residuales mediante lodos activados a escala de laboratorio" Revista del Instituto de Investigación FIGMMG Vol. 7, N.º 14, 74-83 (2004) Universidad Nacional Mayor de San Marcos ISSN: 1561-0888 (impreso) / 1628-8097 (electrónico) disponible en: https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/33982176/a10.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1515916857&Signature=UERitlHppgvXf%2B177%2FSvGumMaZA%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3D74_TRATAMIENTO_DE_AGUAS_RESIDUALES_MEDIA.pdf (Consultado el 13 de Enero del 2018).

Metcalf & Eddy. (1996) "Ingeniería de Aguas Residuales". Volumen 1, 2 y 3. 3ra edición. Editorial McGraw-Hill. España.

Montoya, C. (2012) Modelo matemático que permita evaluar el cambio de la dbo5 soluble debido a agentes inhibitorios en un proceso de lodos activado. Tesis presentada como requisito parcial para optar al título de: Magister en Ingeniería – Ingeniería Química. Universidad Nacional de Colombia. Sede Medellín. Disponible en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/6168/1/98556037.2012.pdf> (Consultado el 18 de octubre del 2017).

NALCO. (1996) Manual del agua. Su naturaleza, tratamiento y aplicaciones. Tomo I, II, III. Editorial McGraw-Hill. México DF. México.

Oropesa Norma (2006) “Lodos residuales: estabilización y manejo” Revista Caos Conciencia 1: 51-58, 2006. Disponible en: http://dci.uqroo.mx/RevistaCaos/2006_Vol_1/Num_1/NO_Vol_I_21-30_2006.pdf (Consultado el 13 de enero del 2018).

Pabón Sandra y John Suárez Gélvez (2009) “Arranque y operación a escala real de un sistema de tratamiento de lodos activos para aguas residuales de matadero” Revista Ingeniería e Investigación Vol. 29 No. 2, Agosto De 2009 (53-58). Disponible en: <http://www.scielo.org.co/img/revistas/iei/v29n2/v29n2a08.pdf> (Consultado el 13 de enero del 2018).

Romero Rojas, Jairo Alberto. (2001) “Tratamiento de aguas residuales. Teoría y principios de diseño”. Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería. Colombia.

Sistema de tratamiento de aguas residuales por lodos activados. Disponible en: <https://aguasresiduales.wordpress.com/2008/06/02/sistema-de-tratamiento-de-aguas-residuales-por-lodos-activados/>(Consultado el 18 de octubre del 2017)

Torres Patricia (2012) “Perspectivas del tratamiento anaerobio de aguas residuales domésticas en países en desarrollo”. Revista EIA, ISSN 1794-1237 Número 18, p. 115-129. Diciembre 2012 Escuela de Ingeniería de Antioquia, Medellín (Colombia). Disponible en: <http://www.redalyc.org/html/1492/149225098009/> (Consultado el 13 de enero del 2018).

Varila Julián y Fabio Díaz (2008) “Tratamiento de aguas residuales mediante lodos activados a escala laboratorio” Revista de Tecnología – Journal of Technology Volumen 7, No. 2, Julio – Diciembre 2008 ISSN1692-1399 p. 21-28. Disponible en: http://m.uelbosque.edu.co/sites/default/files/publicaciones/revistas/revista_tecnologia/volumen7_numero2/tratamiento_aguas_residuales7-2.pdf (Consultado el 13 de enero del 2018).

Veliz Eliet y cols. (2009) “Reúso de aguas residuales domésticas para riego agrícola. Valoración crítica” Revista CENIC Ciencias Biológicas, Vol. 40, No. 1, 2009. Disponible en: <http://www.redalyc.org/html/1812/181221574007/> (Consultado el 13 de enero del 2018).

Weber II. (1995) Control de Calidad del Agua, Editorial Reverté. México DF. México.

Reglamento Nacional de Construcciones (2006) Perú.

IX ANEXOS

1. Diseño hidráulico de agua potable (*Anexo 1*)
2. Diseño de lagunas facultativas (*Anexo 2*)
3. Diseño de la cámara de rejillas (*Anexo 3*)
4. Diseño de desarenador (*Anexo 4*)
5. Diseño de Parshall (*Anexo 5*)
6. Presupuesto referencial (*Anexo 6*)
7. Planos (*Anexo 7*)